

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

CAPIOS DE CADEIRADA

.....

.....

.....

**MODELAGEM E PROJETO DE UM SISTEMA DISTRIBUÍDO
DE GESTÃO DA PRODUÇÃO**

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM
ENGENHARIA**

RODOLFO FLORENCE TEIXEIRA JUNIOR

Florianópolis, Outubro de 1998.

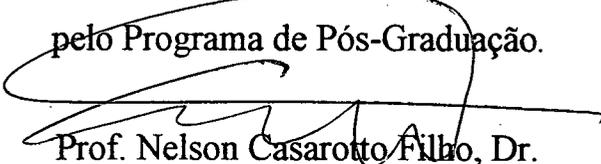
MODELAGEM E PROJETO DE UM SISTEMA DISTRIBUÍDO DE GESTÃO DA PRODUÇÃO

Rodolfo Florence Teixeira Junior

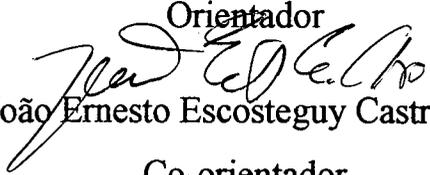
Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

“MESTRE EM ENGENHARIA”

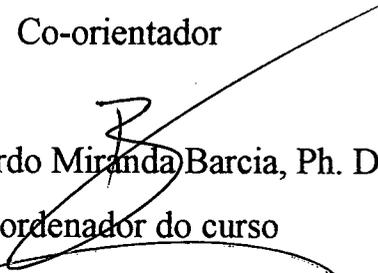
Especialidade Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final
pelo Programa de Pós-Graduação.


Prof. Nelson Casarotto Filho, Dr.

Orientador

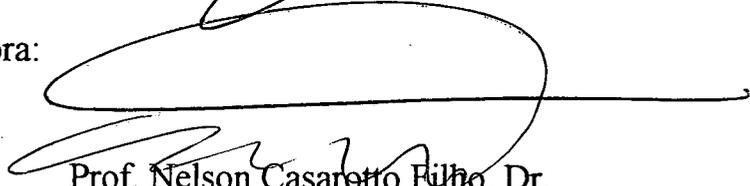

Prof. João Ernesto Escosteguy Castro, M. Eng.

Co-orientador


Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph. D.

Coordenador do curso

Banca Examinadora:


Prof. Nelson Casarotto Filho, Dr.

Presidente


Prof. João Ernesto Escosteguy Castro, M. Eng.


Prof. Dálvio Ferrari Tubino, Dr.


Prof. Fernando Alvaro O. Gauthier, Dr.

A meus pais,
Rodolfo e Lemerci.

Agradecimentos

À minha família que, mesmo distante, se fez presente em todos os momentos desta conquista.

Ao Professor João Ernesto Escosteguy Castro, não só pela constante orientação e acompanhamento deste trabalho, mas principalmente pelos ensinamentos, convivência e dedicação.

Aos grandes amigos: Alexandre Líbano, Hiroshi Wilson, Carlos Brait e Eduardo Guelfi pela agradável convivência que, com certeza, estará para sempre em nossas lembranças.

Ao pessoal do LSAD pelo apoio e suporte no desenvolvimento das pesquisas.

Aos demais colegas, professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da UFSC que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

Consolida-se no meio industrial a era da globalização; como consequência, a abertura de mercado, competição acirrada, menores ciclos de inovação, comércio eletrônico, são apenas algumas das novidades do atual ambiente produtivo, fazendo com que um setor em especial, relembre com saudades os velhos tempos de inflação e protecionismo mercadológico: as pequenas e médias indústrias.

Os elevados reajustes de preços, decorrentes da grande desvalorização monetária, não mascaram mais as ineficiências do seu processo produtivo, em um mundo onde pequenas diferenças garantem vantagem competitiva; para estas indústrias só resta uma saída, estruturar racionalmente seus processos de produção.

A desorganização e limitações do ambiente industrial das pequenas e médias indústrias não é novidade; diversos trabalhos tem sido realizados visando alternativas e soluções no intuito de viabilizar sua estrutura de produção. Como resultado, a integração e automação do seu ambiente produtivo, em conjunto com um fluxo eficiente de informações através de sistemas integrados de gestão, tem sido propostos como uma estratégia efetiva para alavancar este expressivo setor e garantir a competitividade, perante à concorrência brutal das grandes indústrias e o mercado global.

Contrapondo-se com estes resultados, a adaptação de sistemas dirigidos a outras áreas industriais, somando-se com a falta de avaliação de técnicas de gestão da produção integradas e compatíveis, tem criado uma grande dificuldade de implantação e operacionalização destes sistemas em pequenas e médias indústrias, além de envolver custos superiores às suas disponibilidades. Este fato gera um reduzido conjunto de opções em sistemas integrados de gestão, deixando este importante setor industrial à margem das soluções existentes para gerenciar com eficiência seus processos produtivos.

Este trabalho, à partir dos estudos disponíveis sobre a adaptabilidade de técnicas de gestão da produção em pequenas e médias indústrias, do uso integrado destas técnicas, e dos principais avanços em tecnologia da informação, propõe um modelo de sistema integrado de gestão da produção, visando atender às principais necessidades do setor nesta área, e contribuir para que as pequenas e médias indústrias disponham de soluções aplicáveis à sua realidade de produção.

Abstract

It is solidifying in the industrial ambience the globalization era, as consequence, the market opening, unbridled competition, small cycles of innovation and electronic business, they are just some of the news in the actual productive environment, making that one sector in special, think back the old time of inflation and restrict market: the small and medium industries.

The high prices readjust, because of the huge monetary depreciation, doesn't hide the inefficiencies of the productive process anymore, in a world where small differences guarantees competitive advantage. For these industries just remains one way-out: to structure reasonably their production process.

The disorganization and limitations of the industrial ambience of the small and medium industries are not new. Various works have been released looking for alternatives and solutions purposing to become possible their production structure. As a result, the integration and automation of its productive ambience, joined with a efficient flow of information's through enterprise resource planning, have been purposed as an effective strategy to reach this expressive sector and guarantee the competitiveness, facing the brutal competition of the big industries and global market.

Putting against these results, the adaptation of systems directed to other industrial areas, adding the necessity of evaluation of integrated and compatible production of management techniques, have created a big difficulty of introduction and accomplishment of these systems in small and medium industries, besides evolves higher costs to their availability. This fact produces a reduced group of options in the enterprise resource planning, letting this important industrial sector on the edge of existent solutions to manage with efficiency their productive process.

This work, from available studies about the adaptability of production of management techniques in small and medium industries, by the integrated use of these techniques and the main advances of the information technology, purposes a model of enterprise resource planning, looking for attending he main necessities of the sector in this area, and contributes to the small and medium industries placing applicable solutions to their reality of production.

Sumário

Capítulo 1	6
Introdução	6
1.1. Origem do trabalho	6
1.2. Tecnologia da informação	9
1.3. Técnicas de gestão da produção	11
1.4. Modelagem de sistemas de gestão da produção	13
1.5. Motivação e objetivos do trabalho	15
1.6. Justificativa	16
1.7. Estrutura do trabalho	17
1.8. Limites do trabalho	18
Capítulo 2	20
Tecnologia da Informação	20
2.1. Introdução	20
2.2. Sistemas de informações	21
2.3. Tecnologia da informação	23
2.3.1. Modelo cliente/servidor	23
2.3.1.1. Modelo cliente/servidor: Primeira Geração	24
2.3.1.2. Modelo cliente/servidor: Segunda Geração	25
2.3.1.3. Sistemas distribuídos de um único nível (Centralizados)	28
2.3.1.4. Sistemas distribuídos de dois níveis	29
2.3.1.5. Sistemas distribuídos de três níveis	31
2.3.1.6. Modelo cliente/servidor de múltiplos níveis	32
2.3.2. Programação orientada a objeto (POO)	33
2.3.3. Classes de regras de negócios (lógica da aplicação)	38
2.3.4. Objetos distribuídos	41
2.3.4.1. Arquitetura de gerenciamento de objetos distribuídos	43
2.3.4.2. Linguagem Única de Definição de Interfaces	44
2.3.4.3. Intermediário de Solicitação do Objeto - ORB	45
2.3.4.4. Características gerais	46
2.3.5. Arquiteturas de suporte ao desenvolvimento de aplicações distribuídas	49
2.3.5.1. O modelo CORBA	49
2.3.5.2. O modelo JAVA	51
2.3.5.3. O modelo DCOM	52
2.4. Conclusão	53
Capítulo 3	54

Gestão da Produção	54
3.1. Introdução	54
3.2. A pequena e média indústria	55
3.2.1. Critérios de classificação	55
3.2.2. Análise da estrutura produtiva das PMI's	57
3.3. Técnicas integradas para a gestão da produção	59
3.4. Estratégias de Produção	60
3.4.1. Filosofia Justo-a-Tempo (Just-In-Time - JIT)	61
3.4.2. Controle da Qualidade Total (TQC)	62
3.5. Planejamento e controle da produção	65
3.5.1. Planejamento-mestre da produção	67
3.5.2. Programação da produção	68
3.5.2.1. Teoria da produção otimizada OPT	72
3.5.3. Controle de estoques	73
3.5.4. Controle de produção	77
3.5.5. Custos industriais	78
Capítulo 4	85
Modelagem do Sistema Distribuído de Gestão da Produção	85
4.1. Introdução	85
4.2. Arquitetura do sistema distribuído de gestão da produção	86
4.3. Modelagem da camada de interface com o usuário	89
4.3.1. Modo de trabalho semi-conectado "brief-case"	92
4.4. Modelagem da camada de objetos	96
4.4.1. Objeto gerenciador de lista de materiais	97
4.4.2. Objeto gerenciador de fluxograma de processo	99
4.4.3. Objeto gerenciador de programação da produção	105
4.4.3.1. Uso da teoria da produção otimizada OPT	108
4.4.4. Objeto gerenciador de controle de estoques	110
4.4.5. Objeto gerenciador de controle de produção	113
4.4.6. Objeto gerenciador de custos industriais	119
4.5. Modelagem da camada de banco de dados	124
Capítulo 5	126
Implantação e Operacionalização do Sistema distribuído de Gestão da Produção	126
5.1. Introdução	126
5.2. Processo de implantação do sistema	127
5.2.1. Cadastro e manutenção de listas de materiais	128
5.2.2. Cadastro e manutenção dos tipos de recursos diretos, recursos indiretos e atividades	130
5.2.3. Cadastro e manutenção do fluxograma de fabricação	132
5.2.4. Cadastro e manutenção dos estoques de produção	136
5.3. Processo de operacionalização do sistema	137
5.3.1. Programação da produção	138
5.3.2. Controle da produção	141
5.3.3. Sub-sistema de controle de estoques	144
5.3.4. Sub-sistema de controle dos custos industriais	147

Índice

<i>Capítulo 6</i>	149
<i>Aplicação</i>	149
6.1. Introdução	149
6.2. Implementação computacional do sistema	149
6.3. Ambiente de implementação	151
6.4. Estudo de caso	152
6.5. Conclusão	180
<i>Capítulo 7</i>	181
<i>Conclusões e Recomendações para Futuras Pesquisas</i>	181
7.1. Conclusões	181
7.2. Recomendações	183
<i>Referências Bibliográficas</i>	185
<i>Apêndice A</i>	191
<i>Modelo Entidade-Relacionamento do banco de dados do sistema distribuído de gestão da produção</i>	191
<i>Dicionário de dados</i>	191
<i>Modelo Entidade-Relacionamento</i>	201

Índice Figuras

<i>Figura 1: Modelo Cliente Servidor de um único nível</i>	28
<i>Figura 2: Modelo Cliente/Servidor de dois níveis concentrado no servidor</i>	30
<i>Figura 3: Modelo Cliente Servidor de dois níveis concentrado no cliente</i>	30
<i>Figura 4: Modelo Cliente/Servidor de três níveis</i>	32
<i>Figura 5: Modelo Cliente/Servidor de múltiplos níveis</i>	33
<i>Figura 6: Esquema básico da arquitetura de um objeto</i>	36
<i>Figura 7: Esquema básico do mecanismo de herança</i>	37
<i>Figura 8: Esquema básico de comunicação entre objetos</i>	38
<i>Figura 9: Modelo de conexão entre um aplicativo "Front-End" e um objeto de regras de negócio</i>	40
<i>Figura 10: Arquitetura de gerenciamento de objetos distribuídos</i>	44
<i>Figura 11: Esquema de uma interface genérica de objeto</i>	44
<i>Figura 12: Solicitação de serviços entre objetos distribuídos</i>	46
<i>Figura 13: Comunicação mútua entre objetos distribuídos</i>	46
<i>Figura 14: Esquema de objetos em processos</i>	47
<i>Figura 15: Esquema de objetos locais</i>	48
<i>Figura 16: Esquema de objetos remotos</i>	48
<i>Figura 17: Esquema de uma atividade</i>	80
<i>Figura 18: Modelo de custeio ABC de duas dimensões</i>	83
<i>Figura 19: Arquitetura utilizada na modelagem do sistema distribuído de gestão da produção</i>	88
<i>Figura 20: Ambiente típico industrial de sistemas de informações</i>	90
<i>Figura 21: Círculo de funcionamento do modo semi-conectado</i>	95
<i>Figura 22: Esquema de uma estrutura de um artigo</i>	98
<i>Figura 23: Esquema de um fluxograma de fabricação para um artigo</i>	102
<i>Figura 24: Aplicação da teoria da produção otimizada para lote de transporte – situação 1</i>	109
<i>Figura 25: Aplicação da teoria da produção otimizada para lote de transporte – situação 2</i>	109
<i>Figura 26: Esquema de movimentação de artigos em estoques</i>	111
<i>Figura 27: Atraso de uma operação programada</i>	116
<i>Figura 28: Lógica interna do objeto gerenciador de controle de produção</i>	117
<i>Figura 29: Lógica de funcionamento do objeto de custos industriais</i>	121
<i>Figura 30: Sub-sistema de listas de materiais</i>	129
<i>Figura 31: Implantação do sub-sistema de cadastro e manutenção dos tipos de recursos diretos, recursos indiretos e atividades</i>	132
<i>Figura 32: Implantação do sub-sistema de fluxograma de fabricação</i>	135
<i>Figura 33: Implantação do sub-sistema de controle de estoques</i>	137
<i>Figura 34: Operacionalização do sub-sistema de programação da produção</i>	139
<i>Figura 35: Operacionalização do sub-sistema de controle de produção</i>	142
<i>Figura 36: Operacionalização do sub-sistema de controle de estoques</i>	146
<i>Figura 37: Operacionalização do sub-sistema de controle de custos industriais</i>	148
<i>Figura 38: Arquitetura de ambiente de aplicação do sistema</i>	151
<i>Figura 39: Estrutura do produto final poltrona (lista de materiais)</i>	153
<i>Figura 40: Interface com o usuário do sub-sistema de lista de materiais</i>	153
<i>Figura 41: Fluxograma de fabricação do produto final poltrona</i>	157
<i>Figura 42: Interface com o usuário do sub-sistema de fluxograma de processos</i>	160
<i>Figura 43: Visualização da programação da produção no sub-sistema de programação da produção</i>	165
<i>Figura 44: Continuação da visualização da programação da produção</i>	165

Índice Quadros

<i>Quadro 1: Classificação das PMI's segundo o número de empregados (Fonte: [Guimarães 1990])</i>	56
<i>Quadro 2: Classificação das PMI's segundo o faturamento (Fonte revista Byte - ano 7, nº 86)</i>	57
<i>Quadro 3: Recursos produtivos diretos e indiretos e seus respectivos direcionadores de custos</i>	154
<i>Quadro 4: Relação de atividades e direcionadores de custos</i>	156
<i>Quadro 5: Recursos produtivos que devem ser programados</i>	158
<i>Quadro 6: Variáveis do fluxograma de fabricação</i>	160
<i>Quadro 7: Resultado das programações de produção</i>	161
<i>Quadro 8: Detalhes das variáveis de processo para a programação de produção escolhida</i>	163
<i>Quadro 9: Taxa média de utilização de recursos</i>	164
<i>Quadro 10: Variáveis de controle de produção</i>	168
<i>Quadro 11: Entrada de artigos em estoques específicos</i>	168
<i>Quadro 12: Saída de artigos de estoques específicos</i>	169
<i>Quadro 13: Movimentação de artigos na linha de produção</i>	172
<i>Quadro 14: Consumo de recursos por atividades</i>	175
<i>Quadro 15: Consumo de atividades por ordem de produção</i>	178
<i>Quadro 16: Custo de matéria-prima</i>	178
<i>Quadro 17: Custos dos artigos refugados</i>	179
<i>Quadro 18: Custo das sobras</i>	179

Capítulo 1

Introdução

1.1. Origem do trabalho

O atual ambiente competitivo exerce uma pressão constante sobre as indústrias. Menores ciclos de inovação, competição global (abertura de mercado), maiores custos de processo, exigência de mão de obra especializada, só para citar alguns fatores, impelem as empresas a repensarem seus processos de produção.

Os tradicionais modelos de fabricação baseados na produção em grandes lotes dirigida a estoques, já não são eficientes em termos de custos, flexibilidade e qualidade, se comparado a técnicas de produção mais recentes. A excelência pela qualidade favoreceu um aumento do grau de especialização industrial, criando uma pulverização dos setores de grandes indústrias, em empresas terceirizadas menores, quebrando as fronteiras industriais e exigindo a integração não apenas de setores de produção, como também de diversas indústrias estanques.

Para se adaptar a esta realidade, pode-se afirmar que as pequenas e médias indústrias (PMI's) estão sendo especialmente pressionadas a encontrar soluções favoráveis para seus processos produtivos. Devido ao seu perfil industrial, a fabricação de pequenos lotes, em prazos curtos, com qualidade e flexibilidade, é fator decisivo para garantir a competitividade deste expressivo setor, perante à concorrência brutal das grandes indústrias e o mercado global.

Neste novo ambiente industrial em que se encontram as PMI's, a integração entre diversas áreas industriais e entidades de produção separadas, através da disponibilização de informações entre processos; aliado com técnicas eficazes de produção, via sistemas de gestão da produção, tem recebido especial atenção, por ser uma estratégia efetiva para se conseguir vantagem competitiva e alavancar este expressivo setor.

Em contrapartida, verifica-se na prática, um reduzido conjunto de opções em sistemas de informações para a gestão da produção, dirigidos realmente às particularidades do segmento das PMI's. Estas condições nas quais se encontram inseridas as PMI's, cria uma certa limitação em soluções para gerir competitivamente seus processos produtivos, condenando este importante setor industrial a uma inerente desvantagem em relação à concorrência.

Várias pesquisas confirmam a importância das PMI's no Brasil; de acordo com Demori (Demori 1991), as PMI's representam aproximadamente 18% dos estabelecimentos industriais, empregam 60% da mão-de-obra, contribuem com 64% do valor dos salários pagos e geram 65% da transformação industrial¹. Apesar do seu valor significativo, não se verifica um grande uso de técnicas inovadoras de produção, assim como da integração dos setores industriais em um fluxo eficiente de informações.

Para atender a esta lacuna de mercado, o investimento na área de tecnologia da informação dirigido às PMI's tem propiciado o aparecimento de produtos variados, com a

¹ Deve-se considerar também a potencialidade das micro-indústrias (até 19 empregados), que representam 80% do total de estabelecimentos, em se transformar em pequenas-indústrias

proposta de facilitar as atividades de gerenciar os processos produtivos industriais. Apesar disto, a estrutura de tais sistemas reveste-se de certa complexidade, que é muitas vezes ignorada, por não se avaliar técnicas de gestão de produção integradas e compatíveis, dificultando o processo de implantação e operacionalização; e também pelo fato de se adaptar para as PMI's, sistemas de gestão da produção dirigidos à outros setores industriais. Estas características geram diversos inconvenientes no uso destas tecnologias, entre eles pode-se citar resumidamente:

- **Custos elevados:** de aquisição, treinamento e consultoria;
- **Uso de técnicas ultrapassadas:** principalmente no que tange a técnicas de gerenciamento de estoques, programação da produção e custos industriais;
- **Dificuldade de adaptação e integração:** sistemas inflexíveis que não se ajustam ao modo de funcionamento das PMI's, dificultando a integração com a estrutura organizacional e sistemas já existentes;
- **Grande porte:** necessidade de altos investimentos em tecnologia da informação e manutenção;
- **Complexidade:** exigência de elevados esforços de implantação e operacionalização.

Para que o segmento industrial das PMI's não permaneça à margem das soluções disponíveis em sistemas de gestão da produção, diversos trabalhos tem sido desenvolvidos com o intuito de caracterizar o processo produtivo das PMI's, suas principais deficiências e necessidades, para a construção de um sistema de gestão da produção que se adapte às características deste setor. (Batalha 1988)(Guimarães 1990)(Demori 1991)(Erdmann 1994).

Como consequência, a evolução destes estudos possibilitou uma melhor compreensão do ambiente produtivo das PMI's, caracterizando suas singularidades e propondo soluções para a sua estrutura de produção. Dentre os resultados obtidos, o uso de técnicas de gestão integradas e que se complementam, em conjunto com redes eficientes

de informações usando tecnologia disponível e de baixo custo, apontam como as principais alternativas para viabilizar um sistema de gestão da produção dirigido às PMI's.

Este trabalho, à partir dos estudos disponíveis sobre a adaptabilidade de técnicas de gestão da produção em PMI's, do uso integrado destas técnicas, e das principais conquistas em tecnologia da informação; propõe um modelo de sistema integrado de gestão da produção, visando atender às necessidades das PMI's nesta área. Tal modelo pode representar um avanço na direção de viabilizar uma solução em sistemas de gestão da produção para este segmento industrial.

1.2. Tecnologia da informação

As redes internas de computadores em empresas (*Intranets*), são realidade em diversos segmentos empresariais. O declínio dos preços dos microcomputadores, em contraste com o aumento da capacidade de processamento destas máquinas, tornaram as *Intranets* empresariais acessíveis a grande parte das PMI's.

Com a popularização das *Intranets* novas tecnologias em sistemas computacionais puderam emergir. Em comparação com as tradicionais redes centralizadas de computadores, de arquiteturas proprietárias, que exigiam grandes investimentos em manutenção e operacionalização, além de dificultarem a flexibilidade e integração entre diferentes sistemas; as *Intranets* evoluíram para ambientes distribuídos, ou sistemas distribuídos. [Buck-Emden and Galimow 1996]

Neste tipo de sistema não existe um elemento centralizador, tirando o peso da responsabilidade de inicialização e controle dos módulos, de um único elemento e distribuindo por vários outros, facilitando a integração, a realização de tarefas concorrentes e a manutenção; ganhando eficiência e diminuindo custos.

Este novo ambiente focaliza o sistema, e não a estrutura computacional, este fato justifica investimentos em modelagem e concepção de sistemas de informações, para garantir que as funcionalidades das *Intranets* possam ser revertidas em benefícios reais em termos de custos e facilidades para as PMI's.

Para isto, a modelagem estruturada tradicional já não é mais suficiente, e uma nova técnica de modelagem se faz necessária, esta técnica é a orientação a objetos. Com a orientação a objetos pode-se obter um maior grau de padronização e particionamento de sistemas, favorecendo a troca de informações, a reutilização e a integração.

A união da orientação a objetos com ambientes distribuídos das *Intranets* empresariais, dá origem à área de objetos distribuídos; sendo que o suporte nativo a objetos distribuídos em *Browsers*² Internet, aplicativos comerciais e sistemas gerenciadores de banco de dados, tornam os objetos distribuídos a tecnologia mais promissora em integração de sistemas de informações. [Shan et Al. 1997]

A modelagem baseada em objetos distribuídos, parte do princípio que processos empresariais são objetos independentes que cooperam entre si. A modelagem separada de cada processo, segundo as técnicas nas quais se baseiam, proporciona maior generalização e a reutilização em diversas situações diferentes; a construção de uma interface de comunicação comum entre os diversos processos (objetos), possibilita a integração e construção de um modelo integrado de informações, para cada tipo de aplicação em sistemas de gestão de produção. [Pressman 1995].

A tecnologia de objetos distribuídos, apresenta todas as características necessárias para proporcionar a construção de sistemas que possam usufruir do potencial das *Intranets* empresariais, até então pouco explorados pelos atuais sistemas de gestão³; fornecendo às PMI's, o acesso às principais vantagens em tecnologia da informação disponíveis atualmente. Este trabalho procura explorar o potencial das *Intranets* e objetos distribuídos,

² Aplicativos usados para navegar pela Internet

para viabilizar as necessidades mínimas de automação e integração em sistemas de gestão da produção, dirigido ao segmento das PMI's.

1.3. Técnicas de gestão da produção

Para que se possa abordar qualquer técnica de produção, é necessário inicialmente contextualizá-la em função da filosofia de gestão da produção na qual teve origem - *Just in Case* (JIC) ou *Just in time* (JIT); estas duas filosofias baseiam-se em princípios totalmente opostos; exatamente por este fato, é inviável que se implante em indústrias, rigorosamente a filosofia JIC ou a JIT. [Guimarães 1990].

A filosofia JIC prioriza as estruturas de produção, as quais estão sujeitas às restrições de mercado, desta maneira os produtos são empurrados da empresa para o mercado. Já a filosofia JIT prioriza exatamente o mercado, sendo ele sujeito às restrições impostas pela estrutura de produção, tal que o mercado puxa os produtos da empresa.

Para operacionalizar qualquer uma destas filosofias, as empresas apoiam-se em técnicas, as quais necessariamente devem ser adaptadas à filosofia de administração envolvida.

De acordo com trabalhos realizados na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) no Laboratório de Sistemas de Apoio à decisão (LSAD), quanto a adaptabilidade e integração de técnicas de gestão da produção em PMI's, inicialmente por Guimarães (Guimarães 1990) e posteriormente por Demori (Demori 1991). Concluiu-se que a estrutura gerencial das PMI's não suporta um grande número de técnicas isoladas, cada uma delas visando resolver um problema específico (materiais, custos, planejamento da produção).

³ De acordo com dados da pesquisa "Avaliação dos Softwares de PCP no Mercado Nacional" [Erdmann 1996]

Conseqüentemente, segundo os autores, à partir da filosofia de gestão que mais se enquadra ao perfil das PMI's, deve-se direcionar o estudo de técnicas integradas para o gerenciamento da empresa em geral, e para a gestão da produção em particular. Essa integração permitirá à empresa racionalizar suas atividades gerenciais, caracterizando-as e dando-lhes uma mesma linguagem.

Para se alcançar estes objetivos, recentes pesquisas em técnicas de gestão da produção tem desenvolvido um grande número de trabalhos na área, revelando um elevado potencial de integração com outras técnicas e aplicabilidade em diversos campos da gestão da produção como: Planejamento e controle da produção, controle de estoques, gerenciamento de materiais, logística, entre outros.[Cândido 1997][Corrêa/Gianesi 1993]

Da mesma forma, sistemas de custeio mais eficientes acompanham estas novas técnicas de gestão, pois uma nova forma de realizar a produção, exige também uma nova forma de calcular os custos, vendas, e outros setores da empresa. Pesquisas em sistemas de custeio, abriram um grande horizonte como ferramentas de tomadas de decisões gerenciais e integração com a produção, usando diferentes metodologias para levantamento dos custos empresariais e se adaptando ao novo paradigma industrial. Só como exemplo pode-se citar o sistema japonês de custeio, método da UEP⁴ e ABC⁵. [Antunes 1988][Bornia 1995][Ching 1995][Cogan 1997]

A partir do confronto entre as necessidades das PMI's no que tange a gestão da produção, e da análise do conjunto de técnicas/filosofias existentes, pode-se traçar vários direcionadores para a elaboração de um modelo de gestão que se adeque ao perfil destas indústrias. [Guimarães 1990][Demori 1991]

A análise da compatibilidade entre diversas técnicas de gestão da produção, proporciona uma unificação das variáveis que regem um ambiente de produção industrial, facilitando o uso integrado destas técnicas e fornecendo subsídios para a tomada de

⁴ Método das Unidades de Esforço de Produção. [Guimarães 1990][Demore 1991]

⁵ Método de custeio baseado em atividades. [Ching 1995][Cogan 1997]

decisões. Finalmente o estudo da adaptabilidade destas técnicas às PMI's e a modelagem de um sistema de gestão baseado nestes resultados, pode fornecer a base para que, em conjunto com a tecnologia de informação, se alcance os objetivos de automação e integração necessários a este segmento industrial.

1.4. Modelagem de sistemas de gestão da produção

Um sistema de gestão da produção procura integrar as informações e consolidar os processos de todos os setores que tem relação com produção, a saber: planejamento e controle da produção, projeto de produtos, vendas, gerenciamento e controle da qualidade, fornecedores, controle de estoques, entre outros. De um modo geral é uma integração entre dispositivos físicos (máquinas), computadores (sistemas) e humanos (pessoas) que de forma cooperativa realizam algum processo de produção, podendo variar desde simples máquinas e ferramentas operadas manualmente até sofisticados sistemas de manufatura integrada por computador (CIM – *Computer Integrated Manufacturing*). [Friedrich 1996]

Para que uma industria realmente consiga a integração entre seus processos de produção, as informações operacionais devem ser divididas entre diversos grupos de trabalho e aplicativos. A necessidade de transferir rapidamente este fluxo de dados, de possibilitar a comunicação entre aplicativos, de suportar armazenamento intensivo de informações; combinado com um gerenciamento da integridade, segurança, confiança e robustez destas informações, tem feito da modelagem de sistemas de informações gerenciais uma fértil e promissora área de pesquisas. [Motavalli et Al. 1995]

Para avaliar o nível de pesquisas em modelagem de sistemas de informações, um estudo realizado em 1995 no Departamento de Engenharia Industrial da Universidade Estadual de Wichita U.S.A. (Motavalli et al. 1995), levantou mais de 40 artigos publicados recentemente na literatura caracterizando os principais esforços nesta área. As principais áreas de pesquisas de acordo com este trabalho são:

1. **Modelagem de processos:** Uma variedade de extensões de modelos para caracterizar processos empresariais, assim como novas metodologias de modelagem, tem sido propostos, para suportar a modelagem conceptual de um sistema de gestão, visando garantir integridade das informações e modelagens mais complexas;
2. **Integração entre banco de dados e base de conhecimento:** Gerenciar grandes bases de dados e conhecimento com milhares de regras, apresentam problemas complexos e envolve grande esforço em pesquisas e modelagens em banco de dados e base de conhecimento;
3. **Integração funcional:** Garantir a integração de diversos sistemas em ambientes heterogêneos, tem direcionado grandes investimentos em padronização e unificação em modelagens de sistemas de informações

Estes estudos tem por objetivo propor modelagens e técnicas que se adequem às novas tecnologias de informação, proporcionando maiores níveis de eficiência, reutilização e integração de sistemas. Buscando garantir modelagens complexas sem necessariamente incorrer em elevados custos de desenvolvimento e manutenção.

A aplicação da tecnologia de objetos distribuídos, por sua vez, tem alcançado satisfatoriamente estes resultados; sendo que o estudo da utilização desta tecnologia na modelagem das técnicas de gestão da produção, visando garantir sua integração e troca de informações, irá auxiliar este trabalho no desenvolvimento de um modelo específico, que contemple os principais requisitos em funcionalidade de sistemas de gestão da produção dirigido às PMI's.

A construção de um modelo específico preenche a lacuna de aplicação dos modelos genéricos, desenvolvendo construtores que guiam a estrutura e descrição de um sistema de gestão da produção, diminuindo o esforço e o custo, no momento da aplicação do modelo na industria.[Hsu et Al. 1995]

1.5. Motivação e objetivos do trabalho

As PMI's necessitam de um sistema enxuto, flexível e simples para integrar seus processos de produção. O estudo da adaptabilidade e integração de técnicas recentes de gestão da produção, revela um grande ganho em automação, e um declínio em complexidade, decorrente principalmente da utilização de técnicas ultrapassadas ou incompatíveis.

A aplicação da tecnologia de objetos distribuídos em sistemas de informação tem proporcionado, por sua vez, melhores resultados em termos de flexibilidade, manutenção e desenvolvimento, ao mesmo tempo em que diminui os custos e duração de projetos de sistemas de informações gerenciais, se aplicando principalmente às PMI's; no entanto este potencial não foi devidamente explorado por sistemas comerciais de gestão da produção.

Desta forma, a modelagem e o projeto de um sistema distribuído de gestão da produção; baseado por um lado no estudo de técnicas recentes, que sejam compatíveis, facilitando sua integração e unificando sua implantação e operacionalização, de acordo com o levantamento das principais necessidades das PMI's; e de outro lado, na tecnologia de objetos distribuídos, visando garantir a integração e automação entre as técnicas estudadas, além de flexibilidade e particionamento do sistema, pode significar um grande avanço na tentativa de construir um sistema de gestão da produção aplicável à maioria das PMI's.

O objetivo principal do trabalho é:

Desenvolver um sistema distribuído de gestão da produção para pequenas e médias indústrias multi-produtoras, com produção sobre pedido ou encomenda.

Esta meta geral se desdobra nos seguintes objetivos específicos:

- Estudo da viabilidade e potencial de aplicação da tecnologia de objetos distribuídos visando alcançar as necessidades de integração e automação em sistemas de gestão da produção dirigidos ao setor das PMI's;
- Estudo do ambiente produtivo das pequenas e médias indústrias, visando caracterizar este setor e modelar um sistema de gestão de acordo com suas necessidades;
- A área de gestão da produção apresenta um dos mais produtivos campos em pesquisas científicas. Este trabalho pretende vasculhar as técnicas e estudos publicados que apresentam os melhores resultados em análise, adaptabilidade e integração de técnicas de gestão da produção dirigidos ao ambiente produtivo das PMI's;
- Utilização de variáveis reais do processo produtivo, como por exemplo, recursos de produção limitados, paradas de recursos para manutenção, quebras de máquinas, lotes de transporte, rotas alternativas de produção, entre outros;
- Modelagem lógica do sistema utilizando as técnicas de gestão de produção que mais se adequaram, segundo a tecnologia de objetos distribuídos;
- Estudo da metodologia de implantação e operacionalização do sistema;
- Aplicação do modelo desenvolvido, simulando condições reais de um processo produtivo industrial, visando sua validação.

1.6. Justificativa

No Brasil existem diversos sistemas integrados de gestão da produção, abrangendo desde programação da produção até sistemas de custos, estoques, vendas e contabilidade; em geral estes sistemas perdem o foco de aplicação em PMI's, resultando em uma grande complexidade de implantação e operacionalização, e a custos maiores que a disponibilidade deste setor.

Existem vários estudos em sistemas de informações e gestão da produção, realizados para as PMI's, no sentido de integrar e automatizar técnicas compatíveis de gestão da produção. A maioria destes trabalhos se limitam, por sua vez, a discutir e

analisar a aplicabilidade destas técnicas de uma maneira abrangente e desenvolvendo um guia geral com pouca especificidade, gerando a necessidade de investimentos no sentido de disponibilizar estes estudos de forma aplicável à realidade do setor.

Algumas iniciativas neste sentido, devido à complexidade da modelagem do ambiente de produção industrial e também à falta de recursos da tecnologia da informação utilizada, operacionalizam as técnicas de gestão da produção, sem levar em consideração a realidade das indústrias, ou seja, recursos de produção limitados, quebra de máquina, lotes de produção, estoque entre processos, além de metodologias ineficazes de levantamento de custos de produção; inviabilizando sua utilização no ambiente produtivo industrial.

Tendo em vista estas lacunas, este trabalho procura desenvolver um modelo específico de um sistema de gestão da produção dirigido ao segmento das PMI's, usando técnicas recentes e compatíveis de gestão da produção sem deixar de lado as variáveis reais do processo produtivo, de acordo com estudos de adaptabilidade e integração das técnicas utilizadas neste setor industrial, visando explorar a atual tecnologia da informação como potencializadora deste sistema.

1.7. Estrutura do trabalho

No primeiro capítulo deste trabalho, é introduzido o assunto objeto desta dissertação, objetivos, limites e estrutura.

O capítulo dois, discorre sobre o nível de pesquisas em sistemas de gestão da produção e tecnologia da informação. É analisado o estado da arte em tecnologia da informação e a evolução até os ambientes distribuídos; passando por arquiteturas cliente/servidor, orientação a objeto e objetos distribuídos, e como este último pode ser usado para alavancar o desenvolvimento de sistemas de gestão da produção. Este capítulo termina com um panorama das tecnologias de objetos distribuídos disponíveis comercialmente, e o potencial da aplicação destas tecnologias.

No capítulo três, é introduzido o estudo às pequenas e médias indústrias, e também das principais técnicas/filosofias usadas neste trabalho, suas vantagens e limitações de acordo com o ambiente produtivo deste setor. Neste capítulo é discutido também como estas técnicas podem se acoplar para originar um sistema integrado de gestão da produção.

Em seguida, é realizado no capítulo quatro a modelagem do sistema integrado de gestão, segundo a lógica de modelagem de objetos distribuídos.

O capítulo cinco apresenta os procedimentos para a operacionalização e implantação do sistema de gestão da produção proposto, de acordo com os diversos subsistemas que o compõe.

O sexto capítulo propõe a aplicação do sistema integrado de gestão via um estudo de caso, os resultados obtidos e a validação do modelo.

Finalmente no capítulo sete, as conclusões finais e recomendações para futuras pesquisas.

1.8. Limites do trabalho

Os dados relativos ao estudo do ambiente produtivo das PMI's são referentes, em grande parte, às indústrias do estado de Santa Catarina, podendo sofrer variações em comparação com outros estados.

Devido à grande abrangência de técnicas para a gestão da produção industrial, este trabalho se limitou a discorrer sobre as técnicas utilizadas neste sistema, ou técnicas utilizadas para efeito de comparação de resultados.

Este trabalho apresenta o estudo das técnicas de gestão utilizadas, e a lógica dos objetos que representam cada uma delas, a modelagem de dados e a metodologia para a implantação e operacionalização do sistema de gestão da produção. Quanto a implementação computacional do sistema, este trabalho se limita em propor a tecnologia de uma forma geral e discutir sua aplicação e adequação ao trabalho.

A aplicação envolve um estudo de caso fictício retirado da literatura, sendo modificado para que apresentasse as principais características de um ambiente produtivo industrial. O objetivo deste estudo é além de validar o modelo, propor um guia específico para a implantação e operacionalização do sistema, não pretendendo caracterizar a indústria objeto do estudo.

Este modelo engloba os sistemas de custos industriais, administração de materiais, e planejamento e controle da produção, considerando variáveis reais do processo produtivo, para indústrias multi-produtoras com produção por pedido e sobre encomenda.

Capítulo 2**Tecnologia da Informação****2.1. Introdução**

Um grande número de trabalhos em sistemas de informações para empresas industriais tem sido realizado, visando integrar o fluxo de informações entre processos, agilizar a tomada de decisões e assegurar a habilidade de competição empresarial (Souza 1987)(Campos 1989)(Guimarães 1990)(Demori 1991)(Erdmann 1994).

Buscando realizar mais um passo, na direção de propor um sistema de informações para empresas industriais; este capítulo realiza um levantamento do nível atual de trabalhos em sistemas de informações, particularmente em sistemas de gestão da produção, quanto ao nível de pesquisas em sistemas de gestão e o estado atual da arte em tecnologia da informação.

2.2. Sistemas de informações

O estudo de sistemas de informações industriais, e especificamente sistemas de gestão da produção, é uma linha contínua de pesquisas no Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina, em particular no Laboratório de Sistemas de Apoio à Decisão (LSAD). Diversos trabalhos realizados neste departamento e também em outras instituições de pesquisa, se estenderam desde o estudo de técnicas isoladas de gestão da produção como a UEP⁶ (Antunes 1988) (Bornia 1988) (Iarozinski 1989), passando por técnicas como o MRP⁷, MRP II⁸ e OPT⁹ (Bastos 1988), até o desenvolvimento por outros autores (Guimarães 1990)(Demori 1991) da aplicação integrada destas técnicas, no intuito de simplificar e construir direcionadores para o modelamento de um sistema de informações para gestão da produção.

Em 1988, um estudo pormenorizado da estrutura industrial das PMI's catarinenses, realizado por Batalha (Batalha 1988), revelou um grande setor industrial ávido por melhorias em seus processos produtivos e fluxo de informações; setor este, que poucos esforços e limitadas opções em sistemas de informações encontravam-se disponíveis. O estudo de Batalha forneceu subsídios para se delinear um sistema de informações que viesse ao encontro das necessidades das PMI's, no tocante às áreas de Programação e Controle da Produção, Materiais e Custos; setores nos quais apresentavam os quadros mais agravantes de falta de informações eficazes e em tempo hábil, e também de desorganização, como relatado por Batalha.

Com base no estudo de Batalha e também de outros trabalhos sobre a estrutura industrial das PMI's, em 1990 Guimarães (Guimarães 1990), conclui um trabalho onde realizou o estudo da adaptabilidade e viabilidade do uso de técnicas integradas para a

⁶ Unidade de Esforço de Produção (UEP), originariamente idealizado por Perrin (Perrin 1962), baseia-se na unificação da produção, utilizando para isso a noção abstrata de dispêndio de energia no tempo para quantificar a transformação de materiais-primas em produtos acabados

⁷ Material requirements planing

⁸ Management resources planing

gestão da produção dirigido às pequenas e médias indústrias. Neste trabalho foi realizado o estudo de diversas técnicas de gestão da produção, formando um conjunto de alternativas para a construção de um sistema de informações para o segmento industrial das PMI's, e até integrando técnicas na qual havia um conceito de serem mutuamente exclusivas. O conceito de integrar técnicas diversas de gestão da produção, para a construção de um sistema de informações, vinha sendo defendido como uma estratégia efetiva para simplificar consideravelmente o processo de implantação e operacionalização na indústria, se adequando ao perfil das PMI's.

Seguindo esta linha de pesquisa, em 1991 Demori (Demori 1991) realizou um trabalho dando continuidade ao estudo de Guimarães e Batalha. Neste trabalho, foi dado foco à aplicação, sendo desenvolvido todo um sistema integrado de gerenciamento da produção e a metodologia de sua implantação e operacionalização. Baseando-se na teoria dos sistemas, Demori levantou as necessidades de um sistema de informações direcionado ao segmento das PMI's, tanto no que se refere às técnicas de gestão da produção, como no fluxo de informações para operacionalizar estas técnicas de forma integrada. O modelo proposto por Demori, foi o primeiro passo, na disponibilização para as PMI's de um guia genérico para o desenvolvimento de um sistema de informações para gestão da produção.

Um próximo estágio na evolução destes trabalhos, seria a construção de um modelo específico deste sistema, no intuito de disponibilizar esta tecnologia de forma aplicável diretamente à indústria; dando continuidade aos trabalhos anteriores, e gerando uma alternativa em sistemas de gestão da produção direcionado às PMI's.

Para se realizar esta nova etapa, é necessário estudar a tecnologia da informação que tornaria possível integrar todas as técnicas e conceitos desenvolvidos, em um fluxo eficiente de informações; e que acima de tudo seja compatível, em termos de custos e flexibilidade, às exigências mínimas do seguimento das PMI's.

⁹ Técnica da produção otimizada

2.3. Tecnologia da informação

A tecnologia da informação, é o meio que torna possível a modelagem e a posterior implementação das técnicas de gestão da produção desenvolvidas nos estudos anteriores; se transformando em um sistema de informações aplicável diretamente aos processos produtivos das empresas industriais.

À seguir será levantado o estado atual da arte em tecnologia da informação, e as vantagens e desvantagens das tecnologias disponíveis atualmente; para que se possa caracterizar o ganho potencial que as PMI's irão alcançar na utilização de uma determinada alternativa, e também justificar a tecnologia utilizada por este trabalho, na modelagem e implementação das técnicas de gestão da produção.

2.3.1. Modelo cliente/servidor

Para que se possa entender a evolução dos sistemas empresariais, antes é necessário discorrer sobre o modelo que mais caracteriza estes sistemas, o modelo cliente/servidor. O termo cliente/servidor tem origem da arquitetura de sistemas que descrevia o processamento entre dois programas: uma aplicação, e um suporte de serviços¹⁰. Até então, o programa cliente e o servidor não necessariamente deveriam estar fisicamente separados. Com o avanço deste modelo as aplicações foram divididas em dois ou mais componentes, sendo tipicamente usado computadores separados para clientes e servidores.

O uso de computadores separados, possibilitou a construção de redes de informações construindo a base dos sistemas empresariais. A distribuição de aplicações através de diversos computadores ligados a uma rede torna o sistema ágil, tanto do ponto

¹⁰ Estes serviços podem abranger desde disponibilização de dispositivos físicos (impressoras, fax/modem) até serviços de fluxo de informações (banco de dados, correio eletrônico)

de vista de compartilhamento de dados, como de aplicativos e periféricos, e nunca esta tecnologia esteve tão acessível quanto no atual momento da informática. [Buck-Emden and Galimow 1996]

O modelo cliente/servidor abrange ainda uma grande faixa de funcionalidades e serviços evoluindo até os sistemas distribuídos. Para se contemplar melhor estes pontos, a evolução do modelo cliente/servidor pode ser dividida em duas gerações.

2.3.1.1. Modelo cliente/servidor: Primeira Geração

O modelo cliente/servidor se originou como um alto nível de compartilhamento de periféricos, tipicamente encontrados em redes locais. Com a evolução desta tecnologia, as funcionalidades das aplicações também foram compartilhadas. Neste modelo, o processamento das aplicações é dividido entre o cliente e o servidor, ambos cliente e servidor cooperam para realizar com sucesso uma tarefa específica. [Evans et Al. 1996]

O fato de interligar aplicações em uma rede, tornou possível transferir o fluxo de informações empresariais instantaneamente, gerando uma nova realidade nas empresas. A partir deste fato, novas formas de gerir os processos empresariais foram propostas, visando principalmente a agilidade de decisões, a automação de processos e o generalismo de informações.

De acordo com Ganzhorn (Ganzhorn 1991) dentre as diversas vantagens entre dividir as funcionalidades de aplicações entre aplicativos, podemos citar:

- Confiabilidade e robustez na transferência de informações;
- Interações cooperativas iniciadas pelo cliente;
- Distribuição do processamento entre cliente e servidor;

- Segurança no controle de serviços e funcionalidades que o servidor disponibiliza para os clientes¹¹;
- Agilidade na distribuição de informações entre processos, através de uma rede de informações.

É usual caracterizar a primeira geração do modelo cliente/servidor, como a divisão dos aplicativos em duas camadas, tradicionalmente uma camada de aplicativos clientes onde se encontra a interface com o usuário e a lógica do sistema, e uma segunda camada constituída pelo servidor de banco de dados, onde se encontra armazenadas as informações.

2.3.1.2. Modelo cliente/servidor: Segunda Geração

O modelo cliente/servidor, devido às diversas vantagens que adiciona em automação de processos em empresas, desde a agilidade na tomada de decisões, até a reestruturação de todos os processos empresariais, se transformou rapidamente em padrão para sistemas de informações.

À partir dos excelentes níveis de resultados obtidos, foi realizado um grande investimento nesta tecnologia, visando aumentar ainda mais sua performance e robustez e agilizar tanto o desenvolvimento de sistemas como a manutenção, fazendo com que experimenta-se rapidamente uma evolução do modelo cliente/servidor tradicional de duas camadas, para o modelo de três ou multi-camadas em sistemas distribuídos.

Esta evolução foi impulsionada, dentre outros fatores, principalmente pelas características apresentadas no modelo tradicional de duas camadas, que criava uma grande dependência do sistema nos servidores, ao mesmo tempo que mantinha a lógica da aplicação isoladamente nos clientes.

¹¹Centralizando o acesso aos dados do sistema, pode-se obter um maior nível de controle e segurança

Dentre os inconvenientes destas características, o fato de se criar uma grande dependência na camada de banco de dados, exige altos investimentos em performance para se alcançar níveis satisfatórios de robustez e segurança; pois no caso de uma falha nesta camada todo o sistema sofre uma “queda”, interrompendo o fluxo de informações entre processos, gerando prejuízos e até sérias conseqüências, no caso de aplicativos de missão crítica¹². Quanto ao fato de se manter as lógicas do sistema isoladas na camada de interface com o usuário, tem-se um elevado nível de re-trabalho em desenvolvimento e também na manutenção, pois usualmente diferentes processos utilizam lógicas comuns e o fato de se criar e manter estas lógicas em diferentes locais pode, além do fato de elevar os custos do sistema como um todo, criar graves inconsistências entre aplicativos.

Procurando propor soluções para estes problemas, pesquisas em tecnologia da informação procuraram um modo de remover a grande dependência na camada de servidores de banco de dados, assim como centralizar as lógicas do sistema para garantir a reutilização e integração. Apesar destes objetivos parecerem antagônicos, eles possibilitaram que se criassem novas dimensões na tecnologia cliente/servidor.

Isolando as lógicas do sistema e as informações em aplicativos especiais, também conhecidos como “servidores de aplicação”, em uma camada intermediária, pôde-se conseguir um grande nível de centralização no desenvolvimento e manutenção. Estes servidores, por manterem isoladas as lógicas do sistema, puderam ser mais especializados, favorecendo a criação de servidores distintos para cada funcionalidade necessária, gerando um particionamento destas lógicas em servidores isolados, favorecendo a integração e reutilização.

Por outro lado, distribuindo cópias destes servidores de aplicação em diversos locais diferentes, aumenta a tolerância a falhas, pois no caso de falha em um servidor o sistema poderá procurar por um outro disponível, diminuindo assim a dependência dos aplicativos nos servidores de aplicação.

¹² Aplicativos que devem operar em regime contínuo

A camada de aplicativos de interface com o usuário, por sua vez, será mais “leve”, exigindo menor poder de processamento das máquinas onde se encontra e também menos manutenção. Nesta nova arquitetura, estes aplicativos não se limitam apenas a requisições de dados, mas também da lógica da aplicação. Resumindo, neste modelo a tecnologia cliente/servidor promove a migração lógica da funcionalidade dos aplicativos de interface com o usuário, para os servidores de aplicação, instalados em equipamentos mais apropriados em um ambiente de três ou mais camadas. [Edwards 1997]

Shan et Al. (Shan et Al. 1997), afirma que os servidores de aplicação, com o avanço das técnicas de construção de aplicações, puderam ser mais particionados, possibilitando a construção de aplicações à partir de pequenos componentes reutilizáveis. O aumento das necessidades de processamento de grandes volumes de dados e performance, aliados com avanços em *middleware*¹³, e sistemas distribuídos, tornou possível que a lógica de um mesmo aplicativo ficasse distribuída em vários servidores, onde em conjunto com a evolução dos modelos de objetos, concretizou a transição da arquitetura simples cliente/servidor de duas camadas para o modelo de objetos distribuídos, como será visto à seguir.

Apesar das vantagens evidentes desta arquitetura, de acordo com pesquisas realizadas no Departamento de Ciências da Administração da Universidade Federal de Santa Catarina (Erdmann et Al. 1996), onde foi levantado a situação frente à tecnologia da informação, de diversos sistemas de gestão da produção comerciais, constatou-se que a grande maioria utiliza a arquitetura tradicional de duas camadas, não explorando o potencial de integração e reutilização dos sistemas distribuídos.

Como citado por Berson (Berson 1996), o poder dos sistemas distribuídos se justifica, quando se analisa a flexibilidade que se pode obter no dimensionamento de um sistema de negócios. Os processos empresariais são mais facilmente modelados como objetos que cooperam entre si, facilitando a reutilização e a integração, além do fato de se

conseguir ganhar sensivelmente performance, quando se escolhe o melhor modelo de implementação, diminuindo investimentos e aumentando a aplicabilidade em sistemas empresariais.

Justamente por garantir um elevado nível de flexibilidade, os sistemas de três ou mais camadas experimentam um grande número de arquiteturas, tanto físicas e lógicas, como de aplicações em sistemas de informações, estes pontos serão tratados à seguir.

2.3.1.3. Sistemas distribuídos de um único nível (Centralizados)

Sistemas de um único nível, refere ao fato de todas as camadas do sistema encontrarem-se no mesmo meio físico (microcomputador), apesar de parecer pouco coerente um sistema distribuído em um único computador, escolhendo esta configuração ganha-se muito em flexibilidade e facilidade de desenvolvimento, quando em sistemas mono-usuário [Berson 1996].

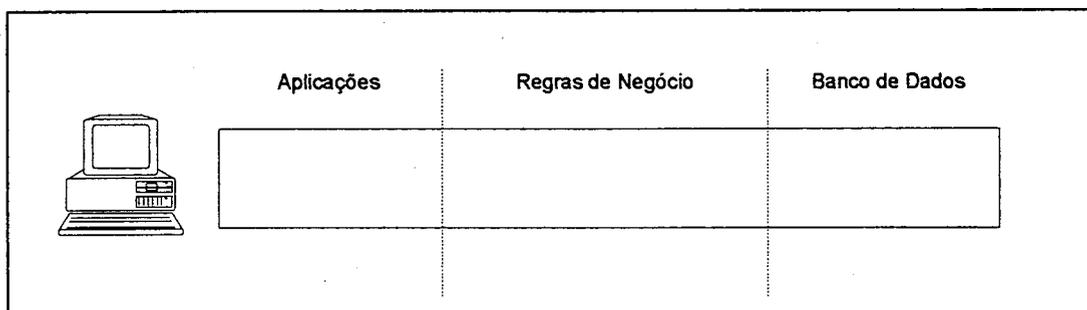


Figura 1: Modelo Cliente Servidor de um único nível

Configurações deste tipo são usadas em situações onde não são necessários, redes de informações, e a principal função deste modelo é poder usar as técnicas de sistemas distribuídos para gerenciar a integração e automação entre diversos aplicativos diferentes, sendo processados na mesma máquina.

¹³ Tem a função de conectar aplicações distribuídas e solucionar problemas de falta de transparências nas comunicações entre clientes e servidores, consistindo de uma camada de serviços que adota interfaces de programação e protocolos padronizados para resolver os problemas inerentes da heterogeneidade de sistemas

Devido aos requisitos necessários em fluxo de informações, dos sistemas de gestão da produção, o modelo de um único nível teria pouca aplicabilidade, pois uma das principais características dos sistemas de gestão é agilizar e transferir rapidamente informações entre processos empresariais distintos.

2.3.1.4 Sistemas distribuídos de dois níveis

Em sistemas de dois níveis, as diferentes camadas ficam divididas em meios físicos distintos, em uma rede de informações. Tipicamente, são usados em um nível computadores mais robustos, conhecidos convenientemente por servidores e, um segundo nível, constituído de computadores menos sofisticados e por isso de custo mais baixo, conhecidos como clientes.[Berson 1996][Evans 1996]

Neste tipo de arquitetura a camada intermediária, formada pelos servidores de aplicação, responsáveis pelo fornecimento da lógica de aplicação do sistema e também pelas informações processadas pelos aplicativos de interface com o usuário, podem estar localizados em conjunto tanto com a camada de interface com o usuário, nos computadores clientes, como com a camada de banco de dados, nos computadores servidores. Estas duas configurações serão tratadas com mais detalhes à seguir.

- *Cientes “magros” e Servidores “Gordos”*: Nesta configuração a maior parte do processamento ficará por conta do computador servidor, ficando pouco para os computadores clientes, responsáveis pela camada de aplicativos de interface com o usuário, como pode-se perceber no esquema:

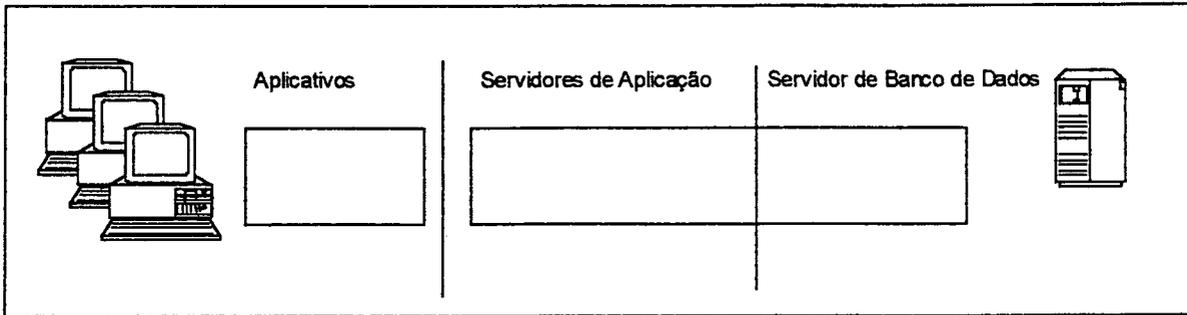


Figura 2: Modelo Cliente/Servidor de dois níveis concentrado no servidor

Uma vez que a camada de interface com o usuário não exige grande poder de processamento, pode ser executada em computadores menos robustos e de menor custo.

- *Clientes “Gordos” e Servidores “Magros”*: Já nesta configuração, os computadores clientes ficarão responsáveis pelo processamento da camada de servidores de aplicação e também da camada de aplicativos de interface com o usuário, ficando com o computador servidor a camada de banco de dados, como mostra a figura seguinte:

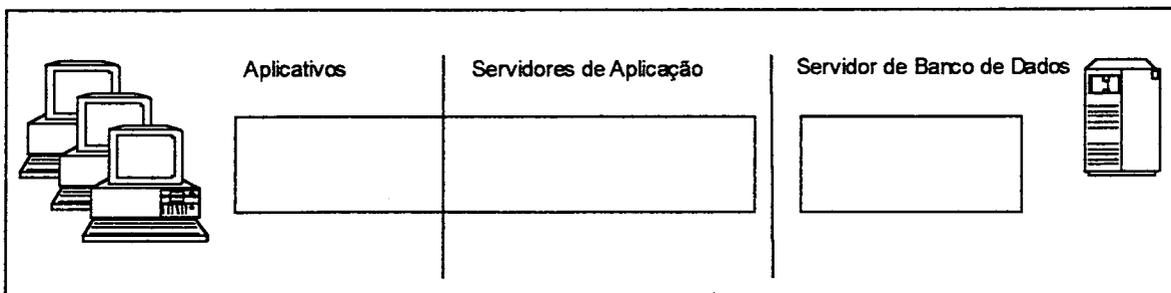


Figura 3: Modelo Cliente Servidor de dois níveis concentrado no cliente

Estas configurações se constituem os dois extremos desta alternativa, de forma que apresentam vantagens e desvantagens.

Por exemplo, ao isolar a camada de servidores de aplicação no computador servidor, diminui-se o tráfego na rede quanto aos acessos aos dados, pois os dados se localizarão no mesmo meio físico. Por outro lado, será sobrecarregado o processamento do servidor exigindo grande investimento em performance, além de que os resultados serão

enviados pela rede, e caso os cálculos exijam elevada rapidez de resposta este fato pode ocasionar problemas de latência, na camada de aplicativos de interface com o usuário.

Deixando a camada de servidores de aplicação, por sua vez, nos computadores clientes, os dados terão que ser transportados via a rede de informações para que se realizem os cálculos, ocasionando tráfego, mas por outro lado, exigindo menos investimentos no computador servidor. O ideal na aplicação desta tecnologia em empresas, é analisar todos estes pontos e mesclar as duas configurações, até se obter a melhor arquitetura.

2.3.1.5. Sistemas distribuídos de três níveis

A arquitetura de sistemas cliente/servidor e de sistemas distribuídos, permitiu a construção de modelos mais abrangentes, abrindo novos caminhos e oportunidades em desenvolvimento de sistemas. Nos tópicos anteriores, foi abordado a forma de partilhar a funcionalidade de ambientes distribuídos de um ou dois níveis. Na configuração de três níveis, os computadores clientes só se encarregam da camada de interface com o usuário, isolando a camada de servidores de aplicação em computadores intermediários, chamados de servidores de regras de negócio, e a camada de banco de dados em outro computador servidor. [Edwards 1997]

Este modelo de sistema é processado em três níveis diferentes; ao se iniciar o aplicativo cliente uma conexão é criada com os servidores de aplicação (nível intermediário), e este servidor, por sua vez, cria uma conexão com o servidor de banco de dados. Nesta arquitetura, como a camada de servidores fica em uma posição intermediária, exige-se menos poder de processamento dos computadores clientes, sem aumentar consideravelmente o tráfego na rede, além de reforçar a segurança e robustez.

Principalmente por estas vantagens, esta configuração possui um grande potencial de aplicabilidade em sistemas empresariais, apesar de ainda não representar todo o

potencial de sistemas distribuídos; como pode-se concluir, as vantagens desta arquitetura são evidentes.

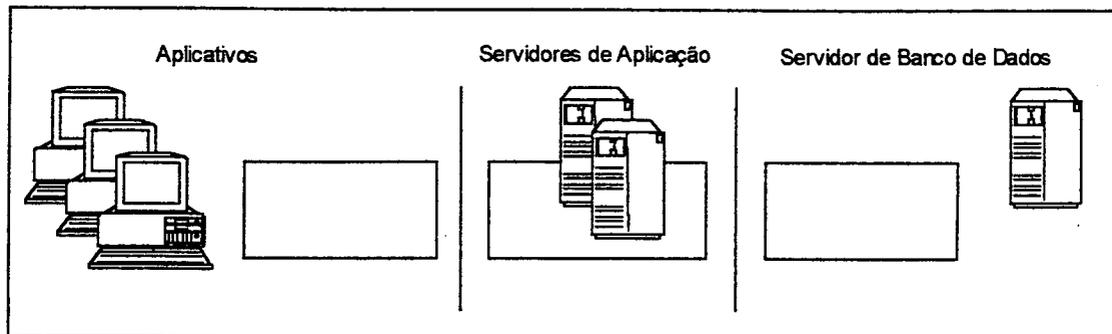


Figura 4: Modelo Cliente/Servidor de três níveis

2.3.1.6. Modelo cliente/servidor de múltiplos níveis

Em sistemas de múltiplos níveis, consegue-se obter o máximo da flexibilidade de ambientes distribuídos. Neste tipo de configuração não existe fronteiras quanto à localização das camadas do sistema, podendo estas se localizarem onde melhor convier para agilizar o fluxo de dados, e os cálculos das lógicas das aplicações. [Berson 1996][Shan et Al. 1997]

É possível que se configure o sistema para executar os servidores de aplicação de quaisquer computadores, de acordo com suas disponibilidades e o nível de utilização do mesmo. Com o processamento da camada de servidores de aplicação, sendo executado de diversos locais ao mesmo tempo, cria-se a impressão de uma máquina multi-processada, otimizando o potencial dos computadores e da rede de informações como um todo.

A eficiência em performance e custo de um sistema baseado nesta arquitetura depende consideravelmente de sua configuração, sendo necessário um prévio estudo da interação entre os servidores de aplicação e as camadas do sistema, para se alcançar os resultados esperados. Nesta arquitetura, pode-se observar todo o poder dos ambientes distribuídos, e a facilidade e conveniência do uso desta tecnologia em sistemas de informações.

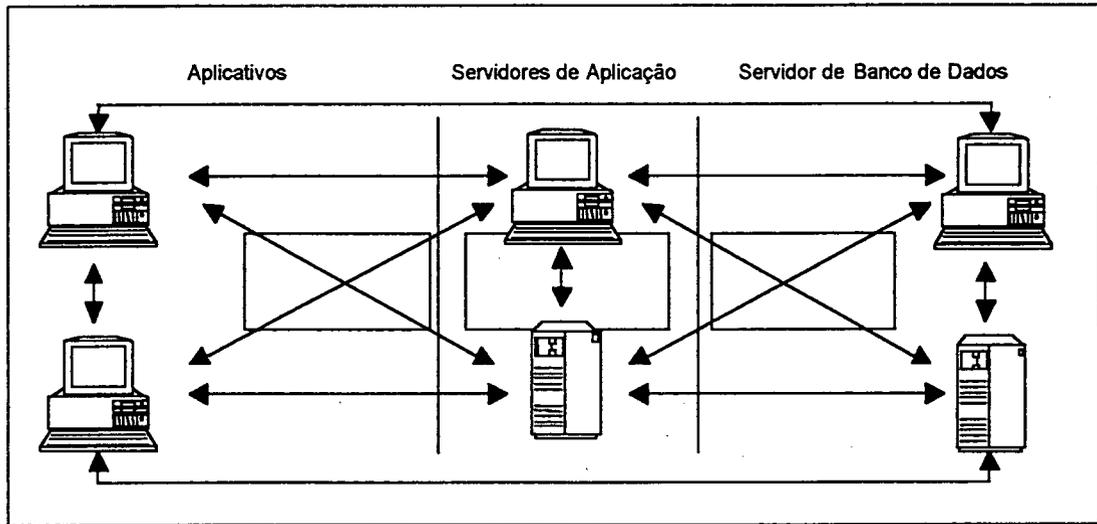


Figura 5: Modelo Cliente/Servidor de múltiplos níveis

2.3.2. Programação orientada a objeto (POO)

Para desenvolver sistemas de gestão em ambientes distribuídos, a programação estruturada já não é mais suficiente, pois não garante que se atinja os níveis mínimos de particionamento, reutilização e independência das aplicações. Tais requisitos para serem obtidos, necessitam que a modelagem de cada área empresarial, seja realizada totalmente independente dos outros processos que constituem a empresa, modelando a complexidade do sistema por via de relacionamentos bem definidos e integração entre estes processos, natural do ambiente empresarial e da tecnologia de objetos distribuídos.

Este avanço em tecnologia da informação e modelagem de processos, tornou-se possível principalmente devido aos conceitos advindos da programação orientada a objeto (POO), sem a qual certamente não teria experimentado tal grau de desenvolvimento [Shan et Al. 1997].

A programação orientada a objeto (POO) é uma tecnologia que evoluiu da programação modular¹⁴, adicionando regras formais para promover a reutilização de partes de software, ou objetos¹⁵. Na POO cada parte do sistema é desenvolvida em módulos separados e independentes, estes módulos são chamados de classes. A POO utiliza o conceito de classe como uma abstração do mundo real; as classes refletem as características e a lógica do que está sendo modelado, e uma vez criadas, se transformam em objetos, onde cada objeto criado é um elemento da referida classe.

Usando conceitos da POO, os processos empresariais são modelados como classes de objetos, que representam de forma genérica a realidade destes processos. Uma vez modeladas, estas classes são testadas exaustivamente, de forma a garantir confiabilidade e robustez em sua utilização. Feito isto, podem ser comercializadas e usadas em diferentes sistemas, sem que seja necessário o conhecimento de sua construção, necessitando apenas conhecer as ações, parâmetros e estados relacionados com suas entradas e saídas, ou seja, as ações, parâmetros e estados de entrada e saída do processo que a classe modela.

A POO por permitir a reutilização de classes de objetos existentes e testadas, trouxe para a tecnologia da informação o que é natural nas engenharias, promovendo a obtenção de elementos reutilizáveis e tornando possível a construção de sistemas complexos à partir da conexão destes elementos, produzidos por diversos fabricantes.

Para que a POO alcance tais objetivos, esta tecnologia está baseada em três pontos principais:

- **Herança** – definição de classes de objetos e comportamentos que podem ser baseadas em classes já existentes para se obter uma reutilização de código segura;
- **Polimorfismo** – a capacidade de uma única instrução realizar diferentes ações, dependendo do contexto onde está inserida;

¹⁴ Este tipo de programação separa as diferentes partes de um sistema em módulos distintos e totalmente independentes

¹⁵ São módulos de dados e processos que executam uma tarefa específica

- **Encapsulamento** – possibilita a modularização e a capacidade de esconder detalhes de implementação (abstração¹⁶).

Para que a POO possa representar com fidelidade a realidade dos processos empresariais, as ações que os processos realizam (ex. montar um artigo, atender um cliente) assim como seus parâmetros (ex. custo, duração) e estados (ex. esperando início, executando uma atividade), são representados por métodos e propriedades da classe do objeto, ou seja, os métodos executam ações que alteram as propriedades que representam os parâmetros e estados do processo.

Para que se possa entender melhor este esquema, toma-se como exemplo o funcionamento dos processos empresariais. Nestes processos, uma vez determinado os parâmetros do processo, seu estado será modificado de acordo com as ações de entrada, realizadas no mesmo (ex. o estado do processo passará de esperando início para executando uma atividade quando se realiza a ação de se iniciar o processo, e este estado permanecerá de acordo com o parâmetro duração, onde através da lógica do processo será realizado ações internas que mudará novamente seu estado para esperando início e produzirá ações de saída). É importante notar que o agente promotor do processo, só precisa conhecer suas ações de entrada e saída assim como seus parâmetros e estados, não sendo necessário o conhecimento de sua lógica interna de funcionamento, pois seu interesse reside nas ações de saída deste processo.

Na POO uma vez criado o objeto à partir de sua classe e configurado suas propriedades, o estado do objeto será modificado de acordo com o acionamento dos seus métodos de entrada, esta mudança de estado permanecerá de acordo com sua lógica que acionará métodos internos que mudarão novamente o estado do objeto e produzirá ações de saída. Da mesma forma que nos processos empresariais, o usuário do objeto não necessita conhecer seus métodos internos pois seu interesse residirá nas ações de saída realizadas.

¹⁶ Este ponto é uma das principais características da POO, pois não exige que se conheça a implementação de uma regra programática para que se possa usar a mesma

Para que esta funcionalidade seja obtida, a POO permite que se “esconda” os métodos internos, do usuário do objeto. Uma vez que estes métodos não estão visíveis, previne-se o acesso inadvertido a estes métodos, garantindo o funcionamento adequado do objeto de acordo com sua lógica interna.

Os métodos visíveis ao usuário do objeto (métodos de entrada), são chamados de métodos públicos e os métodos internos são chamados de privados. Para garantir que o usuário do objeto não acesse inadvertidamente as propriedades do objeto (que representam os parâmetros e estados do processo), pois os métodos internos são acionados de acordo com estas informações, estas propriedades são mantidas privadas, ficando disponíveis ao usuário do objeto métodos públicos, responsáveis por mudar e obter o valor destas propriedades. Como o usuário não acessa diretamente o valor destas propriedades, os métodos cuidam para que estas também não sejam utilizadas inadvertidamente, prevenindo qualquer tipo de má utilização do objeto. [Islan 1996].

A esta característica fundamental é que se refere o termo encapsulamento. Os objetos se tornam módulos independentes e protegidos, podendo ser manipulados e reutilizados sem que seja necessário o conhecimento do seu mecanismo de funcionamento interno.

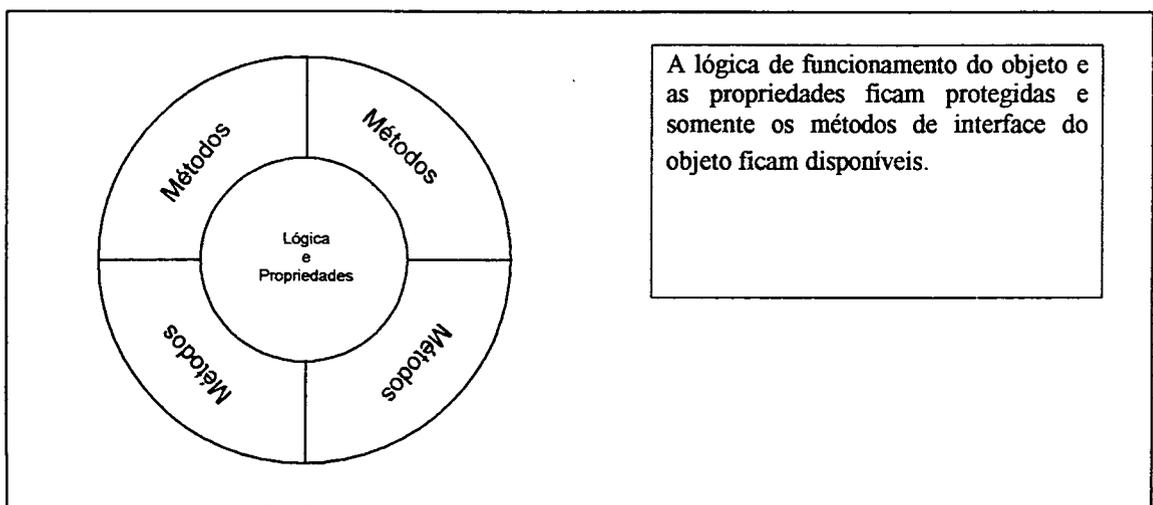


Figura 6: Esquema básico da arquitetura de um objeto

Em POO, uma vez definido uma classe de objeto, caso seja necessário adicionar funcionalidade na mesma, não é preciso reconstruir sua classe que já está funcionando bem. Define-se uma segunda classe que herde todas as características da primeira, e implementa-se as novas funcionalidades sem danificar as funcionalidades herdadas; uma vez que estará isolada pela sua “*membrana*” externa de métodos de interface.

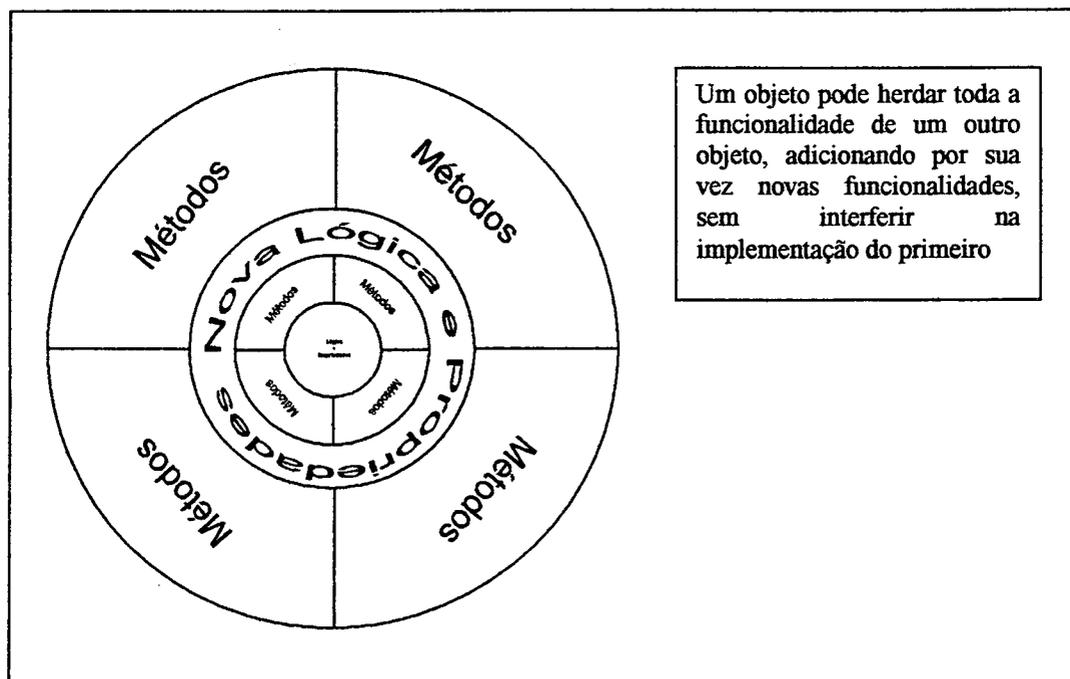


Figura 7: Esquema básico do mecanismo de herança

Uma outra característica importante da POO é a possibilidade de comunicação entre objetos. Objetos podem mandar e receber mensagens para outros objetos semelhantes ou não. Este fato, como será visto adiante, terá fundamental importância no desenvolvimento de sistemas distribuídos e modelagem empresarial, para se alcançar os níveis de integração desejados.

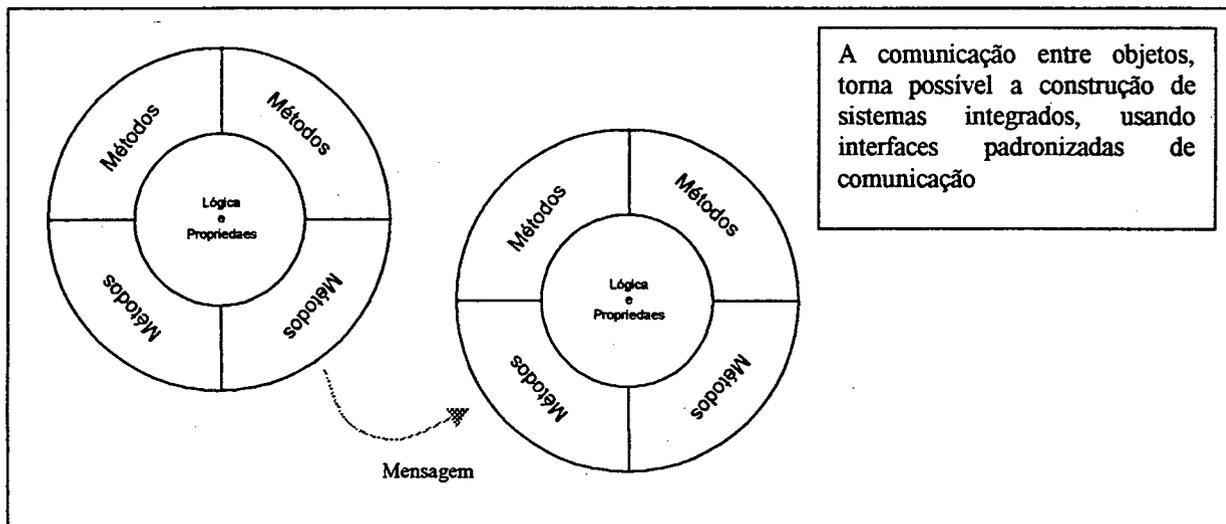


Figura 8: Esquema básico de comunicação entre objetos

2.3.3. Classes de regras de negócios (lógica da aplicação)

Em modelagem de sistemas empresariais, as lógicas da aplicação, responsáveis por representar o mundo real, são conhecidas convenientemente de regras de negócio. Estas regras de negócio, seguindo o raciocínio da modelagem de um sistema de gestão da produção integrado, devem ser particionadas e distribuídas a todas as partes do sistema que delas necessitarem, para que os conceitos de reutilização e integração realmente possam ser levados a cabo.

O fato de diversos sistemas tradicionais não alcançarem tais funcionalidades, pode-se atribuir à complexidade existente na modelagem de processos empresariais; devido à abrangência destes ambientes, é conveniente que se particione o sistema em diversos sub-sistemas distintos, fazendo com que as regras de negócio sejam implementadas totalmente nos sub-sistemas isolados, dificultando a sua reutilização e até mesmo sua compreensão, como um todo.

Embutir a funcionalidade da aplicação (em outras palavras, o trabalho que deve ser feito) nas aplicações isoladas é problemático e ineficaz [Martin 1995]. As regras de negócios podem ficar totalmente fragmentadas nos procedimentos de código de tais aplicações, tornando extremamente complexo a compreensão do sistema como um todo, e aumentando exponencialmente sua complexidade à cada nova funcionalidade adicionada¹⁷.

Para que isto não ocorra é necessário abstrair a camada de interface com o usuário ou “*Front-end*”, das regras de negócios que compõe o sistema. Estes aplicativos devem ser tratados como um local onde irá se “*conectar*” o código que modela as regras de negócios. Uma vez que o código é independente do aplicativo, este último pode ser alterado ou personalizado em uma posição central, fazendo com que todos os aplicativos que o utilizam recebam estas alterações; e todo o trabalho pode ser realizado no código que se *conecta*.

A alternativa para se obter esta funcionalidade, é criar *caixas* para estas importantes regras de negócios, ou seja, criar classes. É principalmente neste ponto, que a programação orientada a objeto se diferencia das técnicas tradicionais de programação. Pode-se utilizar os conceitos de POO para desenvolver aplicações de acordo com o mundo real, refletindo de forma acurada os processos que estão sendo modelados, aumentando consideravelmente a eficiência no desenvolvimento de sistemas integrados de informações.

¹⁷ Sistemas deste tipo geralmente são desenvolvidos utilizando o modelo estruturado de programação, apesar de diversos desenvolvedores utilizarem ferramentas de POO, a construção de regras de negócio dentro dos manipuladores de eventos dos aplicativos, impossibilita o uso das facilidades que a ferramenta POO pode oferecer

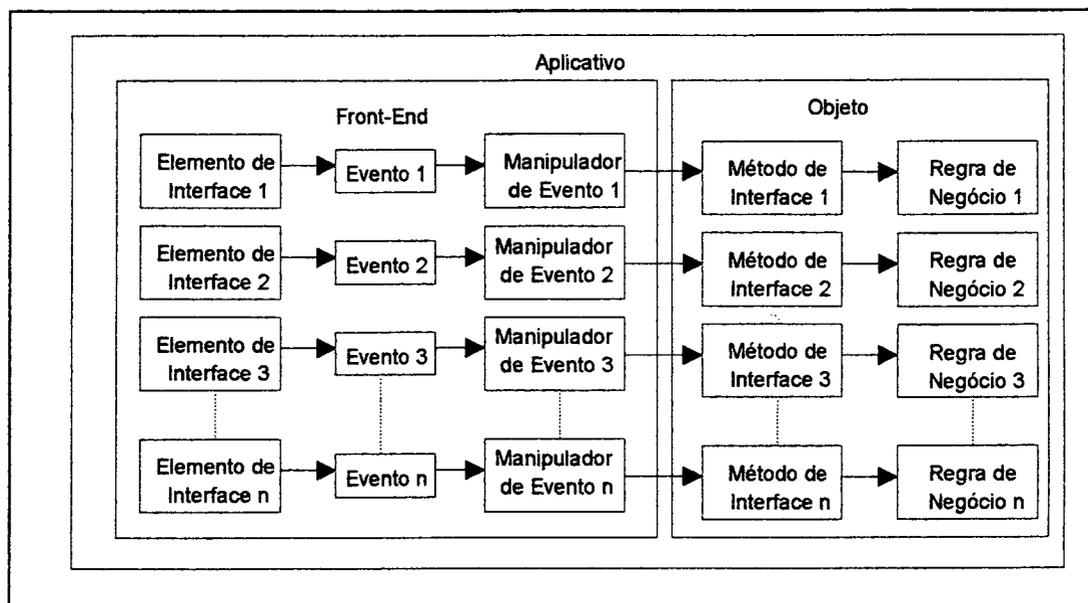


Figura 9: Modelo de conexão entre um aplicativo “Front-End” e um objeto de regras de negócio¹⁸

Regras de negócios criadas desta forma oferecem diversas vantagens. Primeiro, como as regras são implementadas como classes, pode-se receber todos os benefícios da POO. Caso seja necessário criar uma nova regra de negócio mais sofisticada que a atual, esta nova classe herdaria todas as funcionalidades de sua antecessora, e dispensaria reprogramar as regras comuns. Uma vez criadas, estas classes se transformam em objetos na camada de servidores de aplicação, de onde serão utilizadas por todo o sistema (Prasad et Al. 1995), este conceito é a base da modelagem baseada em objetos distribuídos, sendo exposto com mais detalhes à seguir.

Outra vantagem de se utilizar as regras de negócios modeladas como “servidores de aplicação”, é a possibilidade de executar o sistema em diversos fios de execução, tirando proveito de uma máquina multi-processada, ou utilizando um dos pontos mais modernos da computação distribuída que é a execução assíncrona de tarefas. [Fingar et Al. 1996]

2.3.4. Objetos distribuídos

Além da diversidade de processos a serem modelados, e da complexidade da abordagem integrada destes processos, os atuais ambientes empresariais são compostos basicamente pela heterogeneidade, sendo constituídos de várias aplicações, implementadas em diferentes linguagens de programação, em computadores de diversas arquiteturas, conectados em vários elementos físicos de redes e também em redes externas à empresa.

Esta heterogeneidade, restringe a cooperação e integração entre diversos sistemas, criando uma grande dependência da tecnologia escolhida tanto de hardware como de software, forçando a utilização de tecnologias proprietárias e muitas vezes ineficientes, elevando o custo das soluções e dificultando as empresas de terem acesso a estes sistemas. [Prasad et Al. 1995]

Para contornar estas dificuldades, o modelo de objetos distribuídos possui como principal finalidade transformar os sistemas em entidades generalistas independentes, e promover a integração entre eles; via uma interface de comunicação padronizada, dispensando o uso de interfaces de acesso¹⁹.

A característica fundamental dos objetos distribuídos que tornou possível esta tecnologia é o encapsulamento. Herdado da POO, a tecnologia de objetos distribuídos transforma os processos empresariais em objetos especializados²⁰, visando isolá-los do meio onde estão, tornando-os independentes do sistema operacional, linguagem de programação e local físico onde se encontram; proporcionando um modelo único de programação e integração.

Bernstein (Bernstein 1996) define integração sob a ótica de sistemas, como a habilidade de um programa em um sistema ter acesso a programas e dados em um outro sistema. No contexto de processos empresariais, a tecnologia de objetos distribuídos

¹⁸ Os eventos correspondem a ações do usuário no aplicativo *Front-End*

¹⁹ “*Drives*” de comunicação

²⁰ Servidores de aplicação

possibilita integrar objetos em locais diferentes e em máquinas distintas, através de todo ambiente empresarial, usando-se o mecanismo de troca de mensagens via interfaces bem definidas, natural ao paradigma da orientação a objetos.

Desta forma os processos empresariais modelados como objetos, poderão se localizar onde melhor lhes convier, ocorrendo até de não se encontrarem na mesma rede local, e sim em uma rede externa²¹, viabilizando a disponibilização do sistema através das fronteiras empresariais, além de favorecer a integração com outros sistemas e objetos, criando uma intrincada rede de informações.

Na tentativa de se resolver os problemas de integração de diferentes sistemas e modelos de objetos, tem-se buscado uma solução que procure padronizar a interoperação entre objetos, para além dos limites tradicionais impostos pelas linguagens de programação, pelos sistemas operacionais e protocolos de rede, para que não se criem arquiteturas proprietárias e promova a concorrência em desenvolvimento de objetos, visando além de outros fatores, custos acessíveis e reutilização.

A organização que se preocupa fundamentalmente com o estabelecimento destes padrões é o *Object Management Group* (OMG). O OMG é uma associação comercial, internacional, sem fins lucrativos, constituído por mais de 700 empresas de hardware e software. O OMG possui os seguintes objetivos (Soley 1990):

- Dedicar-se a maximizar a portabilidade, reutilização e interoperabilidade de software;
- Oferecer uma arquitetura de referência com termos e definições sobre os quais todas as especificações e padrões industriais para sistema orientados a objetos se baseiam;
- Constituir um fórum aberto para discussão, educação e promoção industrial da tecnologia orientada a objeto.

²¹ Via "Internet"

Os membros do OMG têm a meta comum de desenvolver e usar sistemas de software integrados. Esses sistemas devem ser construídos usando-se uma metodologia que suporte a produção modular de software, encoraje a reutilização do código programático, permita a integração racional entre linhas de desenvolvedores, sistemas operacionais e hardware. [Martin 1995]

A seguir será apresentado as principais características que tornam possível à tecnologia de objetos distribuídos alcançar estes objetivos.

2.3.4.1. Arquitetura de gerenciamento de objetos distribuídos

O OMG tem um modelo de referência para a arquitetura de gerenciamento de objetos distribuídos. O objetivo é possibilitar que objetos de diferentes fabricantes funcionem juntos e pretende influenciar o projeto de objetos para se alcançar a integração e reutilização.

A arquitetura de gerenciamento de objetos distribuídos consiste em quatro partes principais:

- **Objetos servidores de aplicação:** Uma variedade de aplicações de software desenvolvidas por empresas, para usos gerais; [OMG 1997c]
- **Facilidades comuns:** Classes padrões que os objetos podem empregar (ex. fila de impressão, e.mail, gerenciamento de ligações, editores de texto, ajuda); [OMG 1997a]
- **Intermediário de solicitação do objeto (Object Request Broker - ORB):** Objeto que permite a comunicação entre diferentes plataformas; [OMG 1997c]
- **Serviços do objeto:** Serviços gerais oferecidos (ex. sistemas operacionais, armazenagem, gerenciamento de banco de dados, gerenciamento de classes, controle de versão, integridade, segurança). [OMG 1997b]

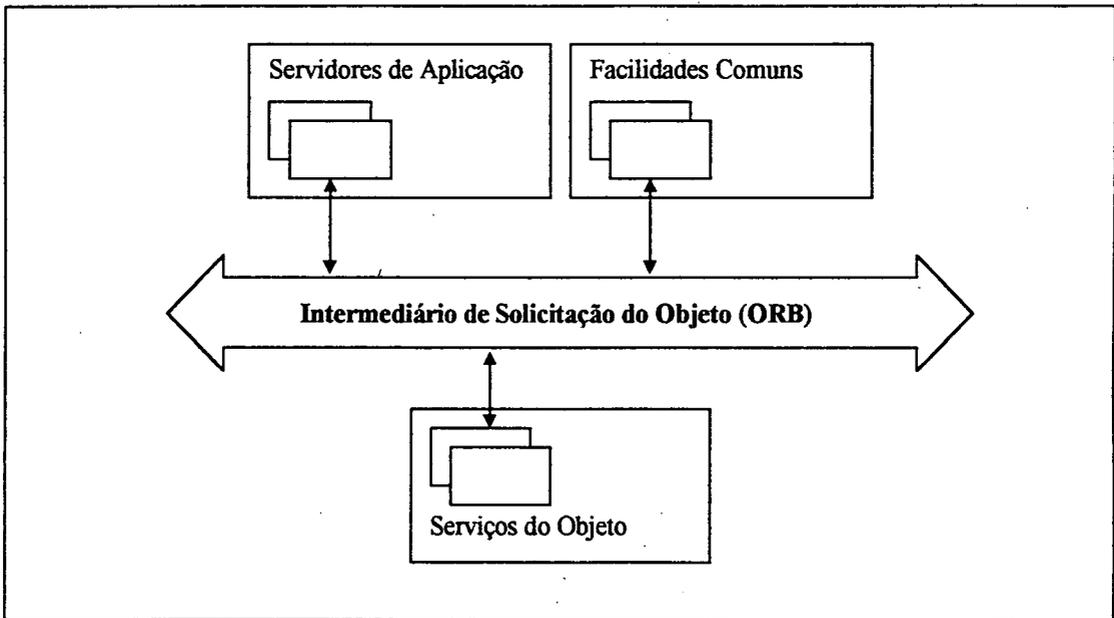


Figura 10: Arquitetura de gerenciamento de objetos distribuídos

2.3.4.2. Linguagem Única de Definição de Interfaces

Para que os diferentes processos modelados pelos objetos possam se integrar, o padrão de objetos distribuídos separa a interface do objeto de sua implementação e requer que todas as interfaces sejam declaradas usando uma linguagem única de definição (IDL – Interface Definition Language), que especifica os requisitos mínimos dos objetos para que estes possam se comunicar através dos vários ambientes característicos de redes de informações.

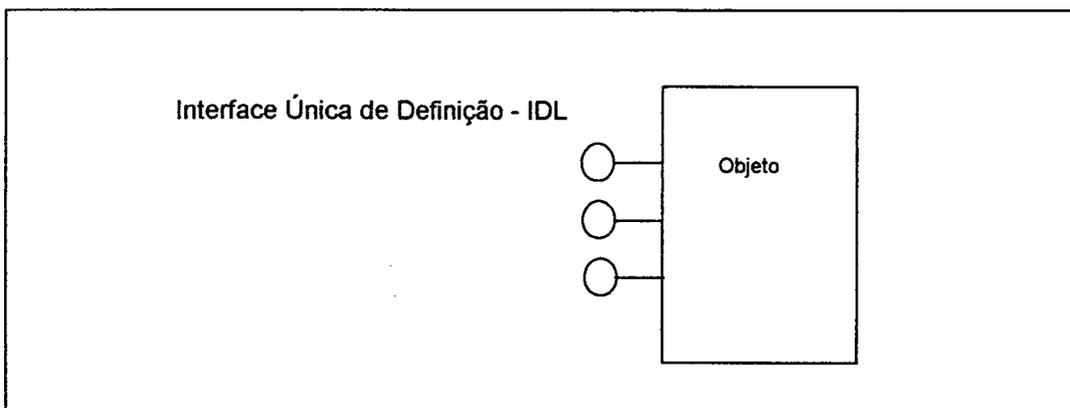


Figura 11: Esquema de uma interface genérica de objeto

Uma interface é um conjunto de métodos e propriedades que servem como um contrato entre a aplicação cliente e o servidor de aplicação, através do qual podem trocar mensagens. Na interface os métodos dos objetos são definidos independentemente de sua implementação (e de linguagem) acessível por qualquer linguagem de programação que suporte esta tecnologia.

2.3.4.3. Intermediário de Solicitação do Objeto - ORB

O intermediário de solicitação de objeto (ORB), é o cerne da arquitetura de objetos distribuídos. O objetivo do ORB é garantir que os objetos possam se comunicar uns com os outros em sistemas heterogêneos. [Martin 1995]

Um objeto distribuído é definido como um componente que possui uma ou mais interfaces definidas por sua classe. Esta interface é identificada por um identificador único, e este deve ser registrado no ORB no momento da instalação do objeto, este registro fornece os mecanismos para que o ORB possibilite o acesso à IDL do servidor, criando os objetos e também destruindo-os quando não houver mais aplicações clientes²² usando seus serviços.

Desta maneira, existe uma comunicação transparente entre a aplicação cliente e o servidor de aplicação, local ou remoto. Do ponto de vista do cliente todo o acesso aos membros do objeto é feito através dos elementos da interface; em um servidor local esta comunicação é feita diretamente, já num servidor remoto o ORB gera um objeto de comunicação que recebe a chamada ao objeto distribuído e a transforma numa chamada remota apropriada, enviando-a ao ambiente externo. No outro ambiente, o ORB converte este objeto de comunicação numa chamada local à interface solicitada, assim tudo se passa transparentemente como se fosse um objeto local.

²² Refere-se a aplicativos de interfaces com o usuário ou outros objetos

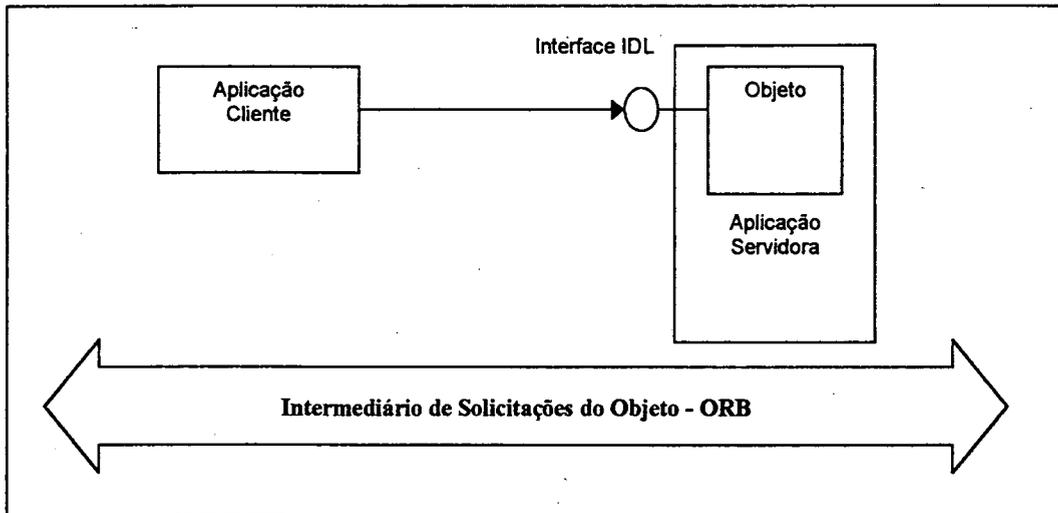


Figura 12: Solicitação de serviços entre objetos distribuídos

Uma aplicação servidora, pode ser uma aplicação cliente e vice versa.

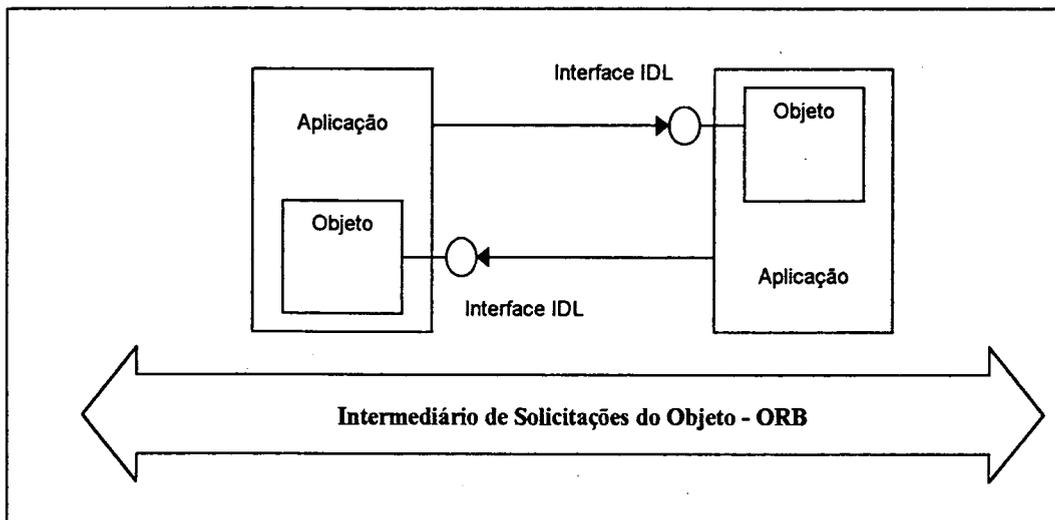


Figura 13: Comunicação mútua entre objetos distribuídos

2.3.4.4. Características gerais

Em termos gerais a tecnologia de objetos distribuídos se divide em:

- **Objeto:** Elemento no qual se modela o mundo real, possuindo métodos e propriedades, e que realiza ações específicas;
- **Cliente:** Um aplicativo ou objeto que utiliza serviços de um objeto;
- **Servidor:** Qualquer aplicação que deixa disponível um objeto, dentro dos padrões de interface e interoperabilidade.

Existem três formas principais em que se pode implementar objetos distribuídos:

- **Em processo:** Neste tipo de implementação o cliente do objeto servidor além de se localizar na mesma máquina, localiza-se dentro da mesma aplicação, este é o caso de um objeto da aplicação que necessita do serviço de outro objeto, a tecnologia POO se limita a este tipo de implementação.

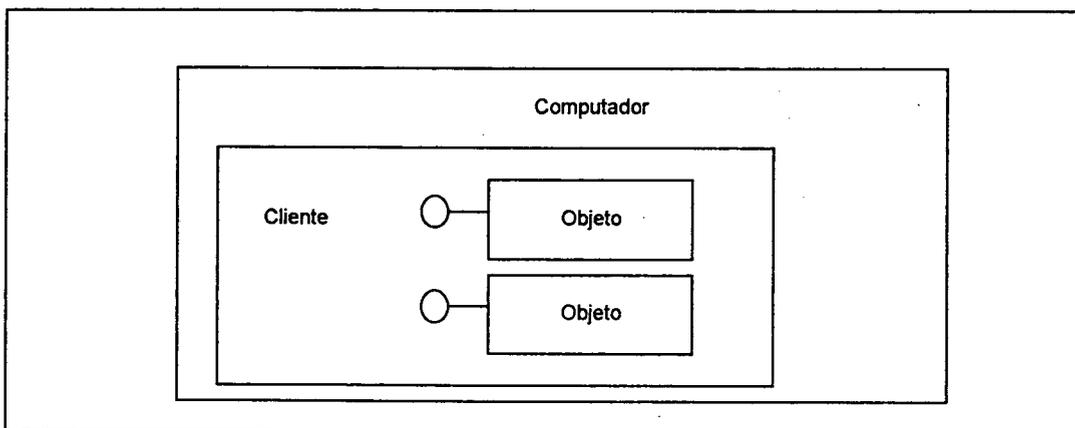


Figura 14: Esquema de objetos em processos

- **Local:** Nesta configuração a aplicação cliente e servidora são distintas, aproveitando melhor os recursos do particionamento, e se encontram dentro do mesmo computador.

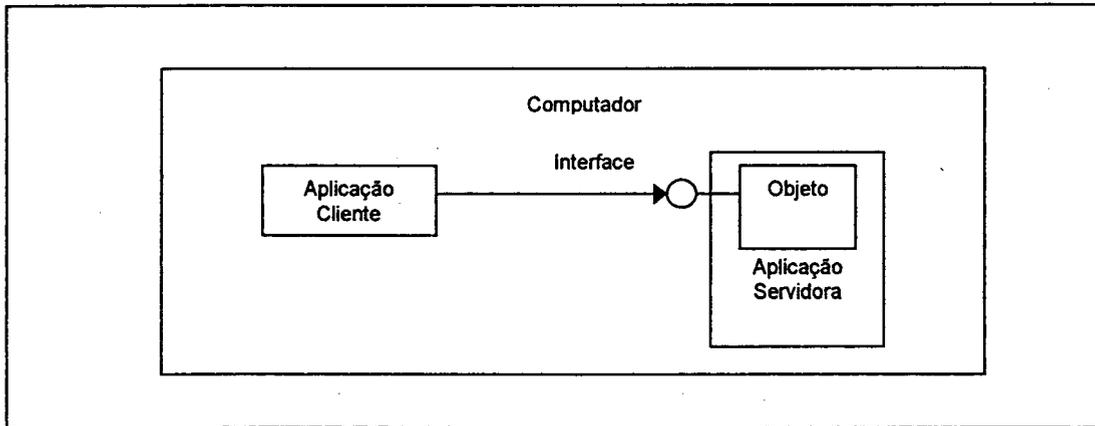


Figura 15: Esquema de objetos locais

- **Remoto:** Nesta última a aplicação cliente e servidora são distintas e encontram-se em computadores diferentes em uma rede interna ou externa à empresa. Nesta arquitetura, pode-se vislumbrar todas as vantagens desta tecnologia e consegue-se obter o máximo de um sistema cliente/servidor, do ponto de vista das aplicações o procedimento para realizar a conexão é o mesmo sem alterar em nada a complexidade do sistema.

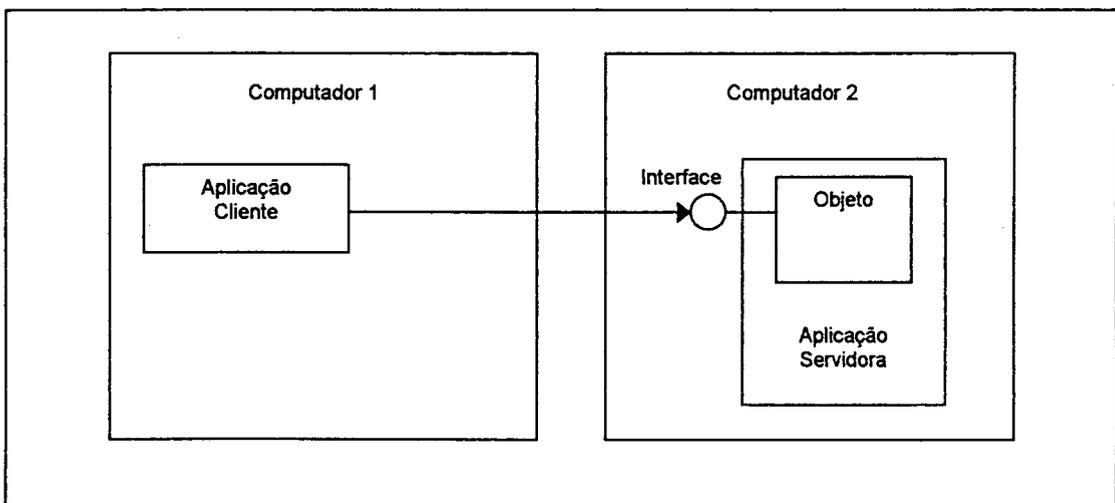


Figura 16: Esquema de objetos remotos

2.3.5. Arquiteturas de suporte ao desenvolvimento de aplicações distribuídas

Este tópico tem por objetivo apresentar um estudo das principais arquiteturas de suporte ao desenvolvimento de aplicações distribuídas orientadas a objetos em ambientes heterogêneos. A escolha das plataformas apresentadas se dá considerando dois aspectos: a padronização destas em organizações internacionais e sua boa aceitação no mercado.

Este estudo não pretende se aprofundar nas características técnicas destas arquiteturas, apresentando por sua vez uma visão geral destas tecnologias e o potencial de aplicação das mesmas em sistemas de gestão da produção para as PMI's.

2.3.5.1. O modelo CORBA

O modelo CORBA (Common Object Request Broker Architecture) foi desenvolvido pela OMG (Object Management Group) com o objetivo de criar um padrão que permita a interoperabilidade entre aplicações desenvolvidas de forma independente em redes de computadores heterogêneas. Todo o seu trabalho fundamenta-se em tecnologia disponível comercialmente, baseada em objetos e que permita a interação entre aplicações distribuídas.

As principais particularidades deste modelo são (OMG 1997c): a definição da arquitetura de um Object Request Broker – ORB, que é responsável pelos mecanismos de suporte a chamadas de métodos entre objetos distribuídos de forma transparente e a especificação de uma Interface Definition Language – IDL para a definição das interfaces exportadas por um ORB

Além do CORBA, a OMG padronizou outros serviços de especial interesse para o desenvolvimento de aplicações distribuídas. Os serviços de objetos, conhecidos também como CORBAservices (OMG, 1997b), agrupam coleções de objetos com interfaces IDL mais complexas como um complemento à funcionalidade do ORB. A partir dos

CORBA services já existentes, pode-se definir novos objetos que usam as interfaces IDL do serviço desejado através de herança. Os seguintes serviços são de especial interesse para o desenvolvimento de aplicações distribuídas:

- **Serviço de nomes:** Usado para a resolução de nomes em um contexto de um ambiente ORB;
- **Serviço de eventos:** Concebido para desacoplar as comunicações entre objetos que geram eventos e os objetos que os processam;
- **Serviço de ciclo de vida:** Usado para permitir as operações de criação, cópia, destruição e movimentação de objetos;
- **Serviço de tempo:** Desejável para se ter um tempo padrão acurado e preciso para sintonizar atividades distribuídas;
- **Serviço de transação:** Suporta múltiplos modelos de transações, inclusive transações em cascata;
- **Serviço de controle de concorrência:** Coordena o acesso de múltiplos clientes a recursos compartilhados, resolvendo conflitos e evitando inconsistências, através do uso de trancas;
- **Serviço de relacionamento:** Este serviço oferece uma interface com operações para percorrer o grafo de relacionamentos entre objetos;
- **Serviço de persistência:** Oferece várias interfaces para os mecanismos usados para gerenciar o estado dos objetos;
- **Serviço de segurança:** Controla o acesso às informações. Autentica as partes envolvidas e cifra mensagens quando necessário.

Além destes serviços, existem também as facilidades comuns, que são por definição, coleções de objetos que proporcionam serviços para serem utilizados diretamente pelas aplicações, englobando funcionalidades mais ricas do que as anteriores (OMG 1997a). Estas funcionalidades provém interfaces definidas para segmentos especializados como a área financeira, saúde, transportes, manufatura entre outros.

2.3.5.2. O modelo JAVA

A linguagem orientada a objeto Java, foi desenvolvida pelo grupo de sistemas distribuídos *JavaSoft* da *Sun Microsystems*. O Objetivo atual deste grupo é explorar esta linguagem de programação para computação confiável sobre redes de grande escala tal como a *Internet*. A quase perfeita integração das aplicações desenvolvidas em Java é uma das suas grandes vantagens em sistemas heterogêneos. A tecnologia Java é composta pelas seguintes funcionalidades (Srinivas 97):

- **Java Enterprise:** Oferece suporte para aplicações Java interagirem com dados e aplicações que podem estar distribuídos por toda a empresa;
- **Java IDL:** Oferece um mecanismo para objetos Java cliente e servidor interajam com outros clientes e servidores compatíveis com o padrão CORBA;
- **Java RMI:** É um objeto similar ao *Object Request Broker – ORB* responsável por permitir a interoperabilidade entre objetos distribuídos;
- **Java JNDI:** Oferece mecanismos para programas Java interagirem com diretórios distribuídos e heterogêneos e serviços de nomes de objetos;
- **Java Database Connectivity:** É um objeto que permite que clientes Java acessem banco de dados relacional compatível com o padrão *Microsoft Open Database Connectivity – ODBC*.
- **Java Security:** Oferece mecanismos para garantir a segurança em aplicações Java, tais como autenticação, assinatura digital e técnicas de criptografia;
- **Java Media:** Oferece um conjunto de facilidades para o desenvolvimento de aplicações Java com gráficos e multimídia.

Além destes existem diversos componentes disponíveis na *Internet* para aplicações gerais e específicas.

2.3.5.3. O modelo DCOM

Originalmente o padrão DCOM (*Distributed Component Object Model*) foi desenvolvido como um barramento para a comunicação de objetos *Windows*²³ (*OLE*²⁴, hoje *ActiveX*) em ambientes de um único nível (centralizados), sendo que a especificação foi expandida para contemplar os ambientes distribuídos e tem sido apresentada como alternativa Microsoft ao padrão CORBA.

Tal como CORBA, o padrão DCOM separa a interface do objeto da sua implementação e requer que todas as interfaces sejam declaradas utilizando uma IDL e promover a comunicação através de um ORB, que especifica os requisitos mínimos dos objetos para que estes possam se comunicar [Orfali 1996].

Em DCOM, uma interface é um conjunto de métodos e propriedades, que servem como um contrato entre a aplicação cliente e o servidor de objetos, através do qual podem trocar mensagens. No modelo cada interface é inequivocamente identificada por um identificador (um número de 128 bits gerados pelo sistema DCOM e que permite à aplicação cliente a comunicação com o objeto).

DCOM é ainda uma tecnologia nova e com muitas deficiências para serem sanadas, isso se deve a sua origem voltada para aplicações de edições de documentos [Orfali 1996]. Apesar destes fatores, a tecnologia DCOM é de fácil implementação e conta com grande potencial de aplicação em PMI's, pelo fato de ser desenvolvida principalmente para o sistema operacional *Windows*, que possui grande base comercial instalada.

Existe ainda um trabalho em andamento dentro da OMG no sentido de integração com CORBA.

²³ Sistema operacional para micro-computadores desenvolvido pela empresa *Microsoft*.

²⁴ *Object Linking and Embeded*, tecnologia desenvolvida pela *Microsoft* que visa integrar aplicações sob o sistema operacional *Windows*

2.4. Conclusão

A tecnologia de objetos distribuídos é o resultado de mais de trinta anos da evolução da computação empresarial, conseguindo unificar os benefícios da centralização de sistemas com a flexibilidade do particionamento das aplicações.

Uma vez que a palavra chave da tecnologia de objetos distribuídos é integração. É visível as vantagens obtidas em usá-la na modelagem de um sistema integrado de gestão da produção, assim como os benefícios de se manter as lógicas do sistema distribuídas pela rede de informações.

Quanto ao desenvolvimento do sistema, pelo fato de se manter separado as diferentes camadas, esforços específicos podem ser direcionados na construção de cada uma, de acordo com as características das equipes envolvidas, assim como dispor da conveniência da obtenção de soluções via terceiros. Já relativo à manutenção, pelo fato de quebrar a comunicação da camada de interface com a camada de banco de dados, a camada de servidores de aplicação proporciona uma grande economia em manutenção da camada de interface com o usuário, além de centralizar as regras de negócio nesta camada intermediária onde podem ser facilmente mantidas.

Finalizando, a tecnologia de objetos distribuídos representa um novo paradigma na modelagem e construção de sistemas. Embora não exista nada que deva ser realizado restritamente por objetos distribuídos, há de se reconhecer que esta tecnologia pode proporcionar muitos benefícios e soluções melhores que a computação tradicional.

Capítulo 3

Gestão da Produção

3.1. Introdução

Nos últimos anos, os sistemas de manufatura tem sofrido grandes modificações. Os conceitos de manufatura flexível, a modernização de recursos, automação, CAD, CAM, são apenas algumas das variáveis que envolvem este ambiente extremamente dinâmico. Da mesma forma, como citado nos capítulos anteriores, diversas técnicas de gestão da produção foram desenvolvidas para acompanhar estas mudanças; desde a logística de entrada de matéria-prima até a logística de saída de produtos acabados e entrega a clientes, passando por planejamento e controle da produção, movimentação de materiais, custos, entre outros.

Pode-se afirmar que a sobrevivência das empresas de produção neste mercado altamente competitivo, está diretamente vinculada a sua capacidade de possuir respostas rápidas e consistentes aos problemas de gerenciamento da sua produção. Neste contexto, o uso de um sistema integrado de gestão da produção é peça fundamental.

O funcionamento adequado de tal sistema está baseado na confiabilidade e adaptabilidade das técnicas/filosofias utilizadas para a confecção do mesmo, assim como a qualidade das informações geradas, que servem como suporte para tomada de decisões.[Campos 1989]

O objetivo deste capítulo, é caracterizar a estrutura produtiva das PMI's, para que se possa analisar a adaptabilidade das técnicas/filosofias de gestão utilizadas; além de apresentar o estado atual de pesquisas neste campo, as filosofias nas quais estas técnicas se originaram e sua situação frente aos diversos processos produtivos existentes, de acordo com o ambiente operacional característico das PMI's.

3.2. A pequena e média indústria

Para que se possa analisar a adaptabilidade das técnicas/filosofias de gestão da produção em PMI's, antes é necessário caracterizar e levantar os principais problemas e limitações deste setor quanto ao seu processo produtivo. À seguir será realizado uma análise dos critérios de classificação das PMI's, seguido do estudo de sua estrutura de produção, problemas e limitações de acordo com os resultados obtidos por Batalha. [Batalha 1988]

3.2.1. Critérios de classificação

Antes de se iniciar no estudo da estrutura produtiva das PMI's, a análise dos critérios de classificação deste setor industrial, possibilita maior precisão na obtenção dos dados amostrais utilizados, além de servir como habilitador no momento da aplicação do sistema em alguma indústria em particular.

Na prática, existe uma grande dificuldade de classificação das PMI's, este fato se verifica devido justamente a abrangência deste setor e, a diversidade das atividades e natureza destas indústrias. Visando criar direcionadores que abrangem a maior parte do universo das PMI's, encontra-se em uso vários critérios de classificação; estes critérios podem ser divididos em dois grupos específicos:

- **Critérios qualitativos:** Ex. Fatia de mercado restrita; administração pelos próprios proprietários; não tem acesso a capital através de mercado de valores; contato pessoal entre a diretoria e demais funcionários; entre outros;
- **Critérios quantitativos:** Ex. Faturamento ou volume de vendas; número de funcionários, capital investido; entre outros.

É necessário salientar que todos estes critérios sofrem distorções, de acordo com o ramo de atividade, tecnologia empregada, mercado, entre outros fatores. Observa-se ainda uma grande variação no uso destes critérios entre vários países; o ideal seria mesclar critérios qualitativos e quantitativos, mas como observado por Guimarães (Guimarães 1990), a dimensão do universo das PMI's aliado com a falta de informações, inviabiliza os critérios qualitativos.

Sendo assim, de acordo com pesquisas do SEBRAE (Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas), critérios quantitativos como faturamento e número de empregados, atualmente são os que melhor representam as PMI's nacionais. À seguir é apresentado as faixas de classificação das PMI's de acordo com o número de empregados:

<i>Categoria</i>	<i>Número de empregados</i>
Micro	Até 19
Pequena	20 a 99
Média	100 a 499

Quadro 1: Classificação das PMI's segundo o número de empregados (Fonte: [Guimarães 1990])

Outras instituições de pesquisa também procuram classificar as PMI's segundo critérios específicos de acordo com suas necessidades. De acordo o *Gartner Group*²⁵, pode-se representar as PMI's à partir da seguinte classificação:

<i>Categoria</i>	<i>Faturamento (milhões US)</i>
Micro	Menos que 5
Pequena	5 a 80
Média	80 a 300

Quadro 2: Classificação das PMI's segundo o faturamento (Fonte revista Byte - ano 7, nº 86)

Com base nestes critérios quantitativos, será realizado o estudo do ambiente produtivo destas indústrias, suas principais características, problemas e limitações.

3.2.2. Análise da estrutura produtiva das PMI's

A análise da estrutura de produção das PMI's, será realizada com base nas pesquisas realizadas pelo "Grupo de Estudos Sobre a Pequena e Média Empresa" do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFSC, segundo os trabalhos publicados por Batalha (Batalha 1988), onde foi realizado o levantamento da situação de 443 pequenas e médias indústrias catarinenses, representando 27% do total da população das PMI's em Santa Catarina.

O estudo do ambiente produtivo das PMI's, como frisado anteriormente, apresenta a base para que se possa analisar a adaptabilidade e viabilidade das técnicas/filosofias de gestão da produção, assim como a utilização integrada das mesmas. Para se construir satisfatoriamente esta base, será estudado os principais aspectos da estrutura de produção das PMI's, visando caracterizar resumidamente seus processos produtivos, e as necessidades eminentes deste setor industrial.

²⁵ Órgão fundado nos E.U.A., responsável por pesquisar e avaliar tecnologia da informação disponível

Sendo assim, de acordo com os resultados publicados por Batalha, as PMI's de Santa Catarina trabalham em média com 73% de sua produção sobre encomenda e 27% para estoques. Alguns setores são eminentemente multiprodutores, como é o caso do setor de móveis, peças, máquinas e acessórios, plásticos e vestuários; enquanto outros setores, como cerâmicas e papel são basicamente monoprodutores.

Quanto a movimentação de materiais, a manutenção de leiautes²⁶ ineficazes, e os problemas decorridos da grande quantidade de produtos em processo estocados próximo a máquinas, devido justamente a problemas de programação da produção, são apontados pelas pesquisas como os principais fatores de problemas com a movimentação de materiais.

Relativamente ao controle de qualidade, a maioria das pequenas empresas pesquisadas não apresentam um setor de controle de qualidade organizado, e integrado com a gestão da produção, não gerando históricos de defeitos na produção e análise das causas destes defeitos no processo produtivo. As médias indústrias, por sua vez, apesar de possuírem estruturas mais departamentais, ficando mais fácil adaptar um sistema de controle de qualidade à estrutura existente, possuem ainda sérias deficiências nesta área.

Quanto a área de planejamento e controle da produção, de acordo com os dados das pesquisas, somente 50% das indústrias conhecem os tempos-padrões de suas operações produtivas, e destes apenas 34% possuem os roteiros de fabricação definidos. Formulários para a liberação de matéria-prima para a entrada em produção não é de uso habitual, assim como formulários de programação da fabricação de produtos, as quantidades e os prazos de entrega.

comercialmente

²⁶ Disposição física dos recursos de produção (máquinas, ferramentas) na planta industrial

Não existe um controle formal do processo produtivo, o que ocasiona transtornos na produção e atrasos das programações. A maioria das indústrias, se limitam a dar baixas nas programações, não considerando re-trabalhos e refugos.

O planejamento de produção é outro setor onde existe uma grande limitação. Geralmente o que vai ser produzido é definido via experiências anteriores e de uma forma global, não permitindo auxiliar eficientemente a programação e controle da produção.

A área de custos industriais, é a que apresenta as mais sérias limitações. Do total avaliado, 40% das indústrias simplesmente não possuem nenhum sistema formal de levantamento de custos. Sendo que a maioria das empresas que possuem algum sistema de custeio o utilizam como mero provedor de dados contábeis, não utilizando seu potencial para a melhoria do processo produtivo e tomada de decisões, ou o que é ainda mais grave, utilizando-se de métodos empíricos e grosseiros para a alocação destes custos aos produtos.

Como pode ser verificado, o ambiente de produção das PMI's necessita de grandes investimentos, para se adequar às necessidades mínimas exigidas no ambiente de competição global nas quais se encontram. Para definir como o sistema de gestão poderá agir visando atender a estes problemas, é traçado à seguir o estudo das técnicas/filosofias de gestão utilizadas neste trabalho, de acordo com os requisitos e limitações das PMI's.

3.3. Técnicas integradas para a gestão da produção

Como foi frisado, o estudo da estrutura de produção das PMI's, assim como a adaptabilidade de técnicas/filosofias de produção para este setor, visando a confecção de um sistema integrado de gestão, é uma linha de pesquisa que vem se desenvolvendo continuamente no Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da UFSC; fornecendo a base para este trabalho, na construção de um sistema de informações para a gestão da produção aplicável às PMI's.

À seguir será apresentado o resultado destas pesquisas, segundo o estudo da estrutura produtiva das PMI's, e as técnicas de gestão da produção utilizadas por este sistema, assim como as filosofias de produção que mais se adaptaram às necessidades deste setor industrial.

3.4. Estratégias de Produção

Para que se possa analisar as técnicas/filosofias de gestão da produção que serão utilizadas pelo sistema integrado, é necessário anteriormente caracterizar as estratégias produtivas que nortearão a definição do sistema proposto.

As estratégias de produção possuem como principal objetivo, estabelecer um conjunto de características que dêem suporte à obtenção de vantagens competitivas a longo prazo. O ponto de partida para isto consiste em estabelecer quais critérios, ou parâmetros de desempenho são relevantes para a empresa e que prioridades relativas devem ser dados a eles. [Tubino 1997]

Os principais critérios de desempenho nos quais a produção deve agir são alocados segundo Tubino (1997) em quatro grupos, a saber:

- **Custo:** Produzir bens/serviços a um custo mais baixo do que a concorrência;
- **Qualidade:** Produzir bens/serviços com desempenho de qualidade melhor que a concorrência;
- **Desempenho de entrega:** Ter a confiabilidade e velocidade nos prazos de entregas de bens/serviços melhores que a concorrência;
- **Flexibilidade:** Ser capaz de reagir de forma rápida a eventos repentinos e inesperados.

Até pouco tempo, uma empresa altamente específica em um destes critérios, já poderia garantir vantagem competitiva. Segundo Porter (Porter 1991), com o grande avanço tecnológico do setor de produção, a competição global, e o maior grau de exigência dos clientes, uma empresa deve se especializar em diversos critérios de desempenho, para que possa permanecer no mercado.

De acordo com as características definidas no estudo das PMI's, devido à grande diversidade deste setor e particularidades de gestão, é necessário que o sistema integrado possua flexibilidade o suficiente para atuar de acordo com diversos critérios dos definidos anteriormente. Para alcançar este objetivo, foi analisado a adaptabilidade de diversas técnicas/filosofias de produção com o ambiente operacional das PMI's, e traçado um direcionador das que mais se adequaram a este setor industrial.

3.4.1. Filosofia Justo-a-Tempo (Just-In-Time - JIT)

Como definido por Batalha (Batalha 1988), em torno de 73% do universo das PMI's trabalha com produção sob encomenda ou dirigida a pedidos. Dentre as filosofias de produção que mais se caracterizam com esta estrutura produtiva, a filosofia "Just-in-Time" é a que vem apresentando os melhores resultados (Corrêa/Gianesi 1993). Além de atuar em diversos problemas encontrados no ambiente produtivo das PMI's como: leiaute ineficazes, controle de qualidade, atraso de produção, estoques em processo, entre outros. [Tubino 1997]

O JIT é uma filosofia de produção voltada principalmente à melhoria do sistema básico de produção, o qual realiza alterações fundamentais no sistema de controle e gerenciamento, através das seguintes medidas:

- Redução drástica dos tempos de preparação das máquinas;

- Uso de *Setups*²⁷ reduzidos na busca constante da produção em pequenos lotes;
- Execução de operações com fluxos de peças unitárias, do processamento de peças ao processo de montagem;
- Ter como meta a produção contra pedido através de um sistema de puxar.

Segundo Taiichi Ohno (Ohno 1997), criador da filosofia JIT, *Just-In-Time* significa que, em um processo de produção, as partes corretas e necessárias à montagem, alcançam a linha de produção no momento em que são requisitadas e somente na quantidade necessária. Uma empresa que estabeleça este fluxo integralmente pode chegar ao estoque zero.

Do ponto de vista da gestão da produção este é um estado ideal. Entretanto, um produto feito com centenas de componentes, o número de processos é considerável, tornando obviamente muito difícil aplicar a técnica em seu sentido restrito. Apesar disto, a operacionalização de um sistema de gestão da produção que esteja de acordo com a filosofia JIT, pode contribuir para a empresa alcançar um maior êxito em seu processo produtivo.

3.4.2. Controle da Qualidade Total (TQC)

Como visto, o controle de qualidade é um dos grandes problemas encontrados na prática da produção das PMI's. A falta da organização por processos, não atuação nas causas dos problemas, uso de metodologias inadequadas para a solução e verificação de falhas, despreparo dos recursos humanos, entre outros fatores, fazem com que as PMI's não gerenciem com eficiência a qualidade de sua produção.

Procurando sanar estas limitações, diversas técnicas para controle de qualidade na produção tem sido desenvolvidas e aplicadas em indústrias. Dentre estas, a que mais se

²⁷ Tempo necessário para se preparar um recurso para o início da produção

identifica com a filosofia JIT, resultando no maior potencial de integração, é a técnica “Controle de Qualidade Total – (CQT)”, no sentido de auxiliar as PMI’s em seus problemas de gerenciamento de qualidade nos processos produtivos.

O Controle da Qualidade Total é um sistema administrativo aperfeiçoado no Japão, a partir de idéias norte americanas ali introduzidas logo após a Segunda Guerra Mundial. O CQT é fundamentado na participação de todos os setores industriais e de todos os empregados no estudo e condução do controle da qualidade. [Falconi 1992]

Segundo Falconi, o CQT é baseado em elementos de diversas fontes, como o controle estatístico de processos, conceitos de recursos humanos, qualidade, entre outros. O pilar desta filosofia é justamente a satisfação das necessidades dos clientes, e para atingir essa meta, toda as etapas de produção são divididas em processos, no qual o processo imediatamente posterior a um outro é cliente deste, e assim por diante; desta forma cada parte da empresa assume uma parcela da responsabilidade de manter o controle da qualidade.

Para garantir que todo os processos industriais serão sempre executados da melhor maneira, o CQT se preocupa principalmente com o estabelecimento, manutenção e melhoria de padrões de produção. Especificação e projeto (padrões de qualidade), padrões de processo (padrões técnicos de processo), e procedimentos-padrões de operação. Portanto é essencial possuir um bom sistema de padronização montado na organização e que sirva como referência para o seu gerenciamento

A divisão da industria em processos bem definidos, como será visto, auxiliará a integração da programação e controle de produção com o CQT, além de que, a definição e manutenção de padrões auxilia na implantação e operacionalização do sistema, visando unificar as variáveis de produção.

Para conseguir seus objetivos, o CQT baseia-se no ser humano, sendo necessário um programa de educação e treinamento através do qual todas as pessoas envolvidas

devem mudar a maneira de pensar. De acordo com a filosofia CQT a conjugação de métodos gerenciais que são difundidos a todas as pessoas da indústria, deve criar um clima que conduza ao bem estar no trabalho, levando assim à qualidade da produção.

É desnecessário frisar a importância do uso de técnicas como a do CQT para se conseguir a excelência de um sistema de produção. A adoção de métodos deste tipo contribuem para que prazos e cronogramas definidos pelo sistema de gerenciamento da produção realmente sejam terminados como planejado, sem a necessidade de re-trabalho, e com a qualidade necessária, além de manter um clima de motivação dentro da indústria.

Assim como o JIT e o CQT, diversas outras técnicas/filosofias de produção, tem se alternado desde modismos até as que apresentam excelentes resultados se afirmando no ambiente industrial mundial. E a implantação destas técnicas/filosofias encontram-se perfeitamente ao alcance das PMI's²⁸, cabendo a estas ultimas discernir entre as técnicas que são modismos e as que realmente podem trazer grandes benefícios a longo prazo.

Como citado anteriormente o ambiente industrial é muito dinâmico, e não basta simplesmente a aplicação de uma técnica desta para garantir a vantagem competitiva; as estratégias industriais devem ser constantemente reavaliadas, a fim de manter o nível de competição e a excelência de produção.

Muitas indústrias confundem um sistema integrado de gestão de produção, com uma filosofia como JIT/TQC. O papel do sistema de gestão da produção é uma vez definido a estratégia de produção, fornecer subsídios para o seu gerenciamento e acompanhamento, assim como apoiar a produção com um fluxo eficiente de informações. As filosofias de produção direcionam as estratégias produtivas e o ambiente operacional das indústrias, dando consistência e fornecendo parâmetros para a verificação e comparação dos resultados obtidos no médio e curto prazo.

²⁸ Desde que condizentes com a filosofia adotada no sistema de gestão

O uso isolado de um sistema de gerenciamento da produção, pode causar diversos problemas, uma vez que a informação crua sobre um melhor plano de produção, pode fazer com que o gerente de produção simplesmente se preocupe com as datas finais de entrega, deixando de se questionar o porque daquela data, ou como fazer para melhorar este tempo. Os estoques entre processos podem se tornar uma variável da produção que deve ser considerada, assim como a manutenção dos níveis de estoques de produtos acabados. O re-trabalho e as quebras de máquina, se tornam mais fáceis de se gerenciar com um sistema integrado de informações, deixando também de representar um grande problema. Pode-se citar ainda a manutenção de leiautes ineficientes, tempo de *setup* elevados e alto nível de transporte entre processos.

Um sistema de gestão da produção, deve ser flexível o suficiente para que possa ser usado de acordo com alguma filosofia de gestão. O objetivo de se estudar a filosofia JIT/CQT no modelamento deste sistema é permitir que o mesmo possa ser implementado seguindo estes conceitos, aumentando sua robustez e confiabilidade.

3.5. Planejamento e controle da produção

Qualquer empresa de produção, a partir da previsão de vendas para o período, encomendas e outros fatores estratégicos, estabelece suas necessidades de produção. Uma vez definidas as metas de produção industrial, é necessário administrar recursos e formular planos para atingi-las. Em um empresa de produção estas ações são realizadas pela área de planejamento e controle da produção (PCP). [Tubino 1997]

Em um ambiente de produção um conjunto de recursos (máquinas, ferramentas, pessoas) deve ser alocado em diversas operações produtivas em ordem, para minimizar os custos e aumentar a eficiência do processo. Visando modelar e acompanhar as diferentes situações de produção passíveis de ocorrer na prática, o Planejamento e Controle da

Produção tem se revelado uma área em constante desenvolvimento, onde diversos trabalhos de pesquisa tem apresentado eficientes algoritmos e metodologias para se executar o PCP, com cada vez mais adequação ao mundo real.

Para alcançar seus objetivos, o PCP se organiza em diversas etapas. De acordo com Cândido (1997), o Planejamento e Controle da Produção pode ser decomposto em quatro níveis, a saber:

- **Planejamento-mestre da produção:** O planejamento mestre da produção é gerado baseado em previsões de demandas (em produção dirigida a estoques²⁹), e ordens de compras (em produção dirigida a clientes³⁰). Este planejamento informa a quantidade e a data de produção para os diversos tipos de produtos.
- **Planejamento de requisitos de material e capacidade de produção:** Para que se possa cumprir com o planejamento mestre, um conjunto de ordens de produção deve ser elaborado, assim como uma análise das capacidades de recursos e requisitos de materiais.
- **Programação da produção:** Uma vez que as datas de produção e as quantidades para os diversos tipos de produtos tenha sido definidas, os recursos devem ser alocados para realizar as operações e as etapas produtivas, visando alcançar os objetivos de produção dentro dos parâmetros requeridos (baixos estoques entre processo, mínimo atraso, entre outros).
- **Controle da produção:** Dados do sistema de produção são usados para controlar e monitorar a execução do planejamento, desde o controle de estoques até o levantamento de custos industriais.

Este trabalho tem como meta desenvolver um sistema de gestão da produção, onde estes níveis do planejamento e controle possam ser abordados de forma integrada, dando ênfase a automação entre estas etapas para facilitar a implantação e operacionalização,

²⁹ Em produção para estoques, ordens de produção são geradas baseadas principalmente na previsão da demanda e políticas de reposição de estoques, este tipo de produção geralmente envolve a determinação de lotes econômicos de fabricação

³⁰ Em produção para clientes, o ambiente de vendas requisita diretamente uma ordem de produção

procurando se adequar às PMI's. A seguir será analisado cada uma destas etapas do PCP no contexto do sistema proposto.

3.5.1. Planejamento-mestre da produção

O planejamento-mestre da produção é o elo de ligação entre o planejamento estratégico da produção, de longo prazo, e a programação das atividades de produção, através da elaboração do plano-mestre de produção; no sentido de direcionar as etapas de programação e execução das atividades operacionais da empresa (montagem, fabricação e compras). [Tubino 1997]

As PMI's possuem sérias dificuldades para operacionalizar esta etapa do PCP. Devido à falta de clareza na adoção de suas estratégias de produção e também à precariedade das ferramentas utilizadas no sentido de auxiliar esta tarefa, como foi levantado nas pesquisas junto às PMI's, o planejamento da produção é realizado de forma generalista, geralmente baseado em experiências anteriores, ocasionando previsões de demandas mal dimensionadas, gerando elevados volumes de estoques ou no outro extremo, falta de produtos para distribuição, inviabilizando as aplicações das filosofias e estratégias de produção definidas.

A obtenção do planejamento-mestre da produção é um processo de tentativa e erro (Tubino 1997), em que à partir de um planejamento inicial verifica-se a disponibilidade de recursos para a viabilização do plano, caso seja viável, autoriza-se a programação das atividades produtivas necessárias para a sua execução; caso contrário, é elaborado um novo planejamento, podendo inclusive, como frisado por Tubino, chegar ao ponto de retornar ao nível de reconsiderar as questões estratégicas de produção.

O planejamento-mestre da produção, por envolver diversas áreas que possuem relação com a produção, atua como subsídio para tomadas de decisões. A partir do plano-mestre de produção, Marketing poderá definir os planos de vendas, Finanças terá as

necessidades de capital e a programação da produção poderá programar o seqüenciamento das operações produtivas.

A elaboração do plano-mestre de produção é realizada tomando por base os produtos acabados fabricados pela empresa, e geralmente, não considera a produção de componentes comprados e fabricados. Quanto ao horizonte de tempo do plano, dependerá das características operacionais da indústria e das nuances do mercado na qual a mesma está inserida.

Por fim, deverá se analisar a viabilidade ou não do plano proposto, à partir de informações quanto ao consumo de materiais e requisito de recursos produtivos. Por tratar das necessidades de produtos acabados a serem produzidos. Para alcançar um maior nível de automação, este sistema propõe que estas informações sejam fornecidas na etapa de programação da produção, visando simplificar a execução do PCP, uma vez que automatiza a etapa intermediária de planejamento de requisitos de material e capacidade de produção. Como será visto à seguir, este esquema será possível via a utilização de técnicas de programação da produção de análise finita de produção e considerações de variáveis reais do processo produtivo.

3.5.2. Programação da produção

Como citado nos tópicos anteriores, a programação da produção realiza o seqüenciamento das atividades produtivas, de acordo com o fluxograma de fabricação do produto, considerando as variáveis de produção, como: rotas produtivas, tempo de processamento, tempo de preparo, lista de materiais, entre outros. À partir dos resultados da programação da produção, é possível analisar a capacidade de produtiva e o nível de consumo de recursos, retornando a viabilidade ou não do plano de produção.

Como pode-se verificar no estudo do ambiente produtivo das PMI's, constata-se que em média 50% das indústrias conhecem os tempos padrões de suas atividades

produtivas e destas em média 34% possuem seus roteiros de fabricação bem definidos. É previsível o transtorno que a falta de metodologias para realizar a programação da produção podem causar, impossibilitando a análise da viabilidade dos planos de produção, sequenciamento ineficazes, elevado nível de estoques em processo, dificuldade de operacionalização do controle de qualidade, entre diversos outros problemas decorridos deste fato.

A falta destas metodologias pode ser atribuído à grande dificuldade em aplicar a teoria da programação da produção em problemas práticos. Um elevado número de esquemas de produção tem sido propostos e analisados por diversos autores para comparação de resultados entre diferentes técnicas (Campos 1989)(Cândido 1997), mas a maioria destes esquemas, assim como diversas pesquisas realizadas não consideram a grande variedade de variáveis reais da programação da produção em indústrias (ex. consideração da necessidade de um recurso por operação, apenas uma rota de produção entre outras variáveis), dificultando e até inviabilizando o uso destas técnicas no ambiente industrial. Estes problemas teóricos são chamados de problemas clássicos de programação da produção. [Cândido 1997]

Em problemas clássicos, um conjunto “n” de trabalhos devem ser executados em “m” máquinas. Cada trabalho é composto por um conjunto de operações que devem ser processados numa ordem específica. O problema reside em encontrar a melhor seqüência de operações em cada processo de fabricação, para minimizar o tempo de produção ou qualquer outra função de performance, sem violar as restrições de precedência. Em problemas clássicos são adotados as seguintes considerações:

- Todas as máquinas e trabalhos estão disponíveis no tempo zero;
- Cada máquina pode processar apenas uma operação por vez;
- Existe apenas uma máquina de cada tipo;
- Uma máquina é o único recurso necessário para processar uma operação;
- O espaço em fila antes de qualquer operação é ilimitado;

- Depois de iniciada uma operação em uma máquina, a mesma deve ser completada antes de se iniciar outra operação;
- Não existe lote de transporte;
- O ambiente é estático, ou seja, novos trabalhos não podem ser inseridos no planejamento durante a execução e nenhuma quebra de máquina ocorre;
- Cada trabalho corresponde somente a um artigo, ou seja, não é permitido lista de materiais;

É visível a dificuldade de implantação de algumas destas técnicas em indústrias, uma vez que o número de considerações torna quase impraticável sua implementação. Como proposto por Cândido (Cândido 1997), é demasiado complexo projetar um sistema de programação da produção que remova todas as considerações citadas anteriormente, entretanto, removendo somente as considerações encontradas mais frequentemente em indústrias, este sistema será capaz de resolver a maioria dos problemas de programação da produção encontrados na prática. Para que isto se torne possível, o sistema deverá abranger as seguintes alternativas:

- Diversos níveis de montagens (lista de materiais);
- Recursos adicionais para a execução de uma operação (ferramentas, pessoas, etc.);
- Planos alternativos de processamento (rotas alternativas de produção);
- Máquinas alternativas com diferentes tempos de *Setup* e tempo de processamento para cada operação;
- Calendários de programação de recursos;
- *Setups* dependentes da sequência de operações;
- Espaço limitado em fila antes de uma operação;

Seguindo este raciocínio, Cândido (Cândido 1997) propôs um modelo de programação da produção, onde é levado em consideração a maioria das variáveis citadas anteriormente. Este modelo se encaixa perfeitamente na realidade de grande parte das PMI's, uma vez que considera os pontos relevantes para a realidade deste tipo de indústrias de acordo com estudos realizados por Demori (Demori 1991).

O algoritmo desenvolvido por Cândido se baseia no algoritmo clássico de geração de programação ativas³¹, este esquema proposto por Giffler e Thompson (Giffler and Thompson 1960) é capaz de gerar todas as possíveis programações ativas para problemas clássicos, este algoritmo também tem sido usado para gerar soluções iniciais para aplicações de outras técnicas como algoritmos genéticos e busca local. Cândido chamou seu algoritmo de *Modified Active Scheduling Generator Algorithm – MASGA*, que em conjunto com heurísticas OPT³² geram as soluções para a programação da produção que serão utilizadas por este sistema.

Um algoritmo gerador de programações ativas, baseia-se no conceito que uma programação depois de gerada, não permite que nenhuma operação produtiva programada, pode se adiantar, sem que venha a atrasar alguma outra operação. É provado que todos os esquemas ótimos de seqüenciamento são ativos (Cândido 1997). O algoritmo MASGA à partir da inclusão de variáveis reais de produção no esquema básico proposto por Giffler e Thompson, gera um conjunto de soluções ativas de seqüenciamento, nas quais se encontram as soluções ótimas para o problema em questão.

Dentre as principais características do algoritmo MASGA, a performance na resolução de programações, envolvendo artigos com complexas listas de materiais e fluxogramas de fabricação, e a inclusão de grande parte das variáveis reais encontradas no processo produtivo das PMI's, tornam possível que o planejamento de requisitos de materiais e a análise da capacidade de produção, sejam realizados em um único passo, o que representa grande nível de inovação frente às técnicas tradicionais, nas quais estas etapas são realizadas separadamente, incorrendo em maior complexidade operacional.

Para isto, à partir da lista de materiais do produto e do fluxograma de fabricação do mesmo, o algoritmo proposto por Cândido gera a programação da produção de acordo

³¹ Uma programação ativa, é uma programação onde nenhuma operação pode iniciar mais cedo sem atrasar qualquer outra operação

³² Teoria da produção otimizada, explicada com mais detalhes à seguir

com a disponibilidade de recursos³³, disponibilizando os prazos, necessidades de materiais e fornecendo subsídios para viabilizar ou não o plano de produção.

O algoritmo MASGA, também pode ser usado em conjunto com outras técnicas de produção visando aumentar sua performance e suportar outras restrições do processo produtivo, à seguir será analisado esforços neste sentido.

3.5.2.1. Teoria da produção otimizada OPT

A técnica OPT foi desenvolvida pelo físico israelense Eliyahu M. Goldratt (Goldratt 1989), estando fundamentada em conceitos de programação linear e permitindo a simulação em ambientes fabris. A diferença do OPT com as demais técnicas de gestão da produção, é que reconhece que são os gargalos produtivos que fornecem o ritmo das atividades de produção, concentrando seus esforços na identificação e administração destes gargalos. [Demori 1991]

A técnica OPT fundamenta-se em nove regras principais, apresentadas abaixo:

- Balancear o fluxo, não a capacidade
- As restrições do sistema determinam o nível de utilização dos recursos não críticos
- Ativar-se um recurso não é o sinônimo de utilizar-se eficazmente o mesmo
- Uma hora perdida em um gargalo de produção é uma hora perdida no sistema como um todo
- Uma hora economizada em uma operação não-gargalo é uma miragem
- Os gargalos determinam o volume total de produção e também o inventário
- O lote de transferência não deve, e muitas vezes não pode ser igual ao lote de processamento
- O tamanho dos lotes de processo devem ser variáveis e não fixos

³³ Análise de capacidade finita de produção

- Obter um programa examinando todas as restrições simultaneamente e não seqüencialmente.

O uso de heurísticas OPT, como estudado por outros autores (Guimarães 1990)(Demori 1991)(Cândido 1997), podem contribuir consideravelmente a eficiência de um sistema de gestão da produção. No caso particular deste sistema, será usado heurísticas OPT para incrementar a performance do algoritmo MASGA, usado para gerar a programação da produção, no intuito de aproximar cada vez mais o sistema à realidade do ambiente produtivo das PMI's.

3.5.3. Controle de estoques

Existem muitas técnicas para o controle e manutenção de estoques, dentre elas pode-se citar o controle de estoques pelo método ABC³⁴, pela técnica MRP, Kanban³⁵, entre outros. O objetivo deste trabalho é propor um método de controle de estoques totalmente integrado com o sistema de produção e que seja facilmente automatizado, facilitando a implantação nas PMI's.

Apesar da diversidade de técnicas de controle de estoques, a manutenção e o gerenciamento de estoques são responsáveis pelas maiores ineficiências industriais, em termos de qualidade e produtividade, além de incorrerem em custos para os produtos, pois estas atividades não agregam valor aos artigos fabricados.

Em relação às PMI's como verificado nas pesquisas, existe uma grande tendência em manter os níveis de estoques, devido principalmente ao fato de se conseguir amenizar os problemas decorrentes da ineficiência do processo produtivo. O intuito de se adotar

³⁴ Este método classifica os artigos em estoque de acordo com níveis de segurança definidos, e a reposição destes artigos é realizada com base no cálculo do lote de reposição

³⁵ Visto à seguir

uma filosofia como a JIT, se verifica principalmente visando minimizar esta necessidade de manter estoques e auxiliar na gestão adequada dos mesmos.

Para se analisar as metodologias de controle de estoques, antes é necessário definir adequadamente os tipos de estoques industriais. Existem dois tipos de estoques à saber:

- **Estoques entre processos:** Artigos armazenados temporariamente na própria linha de produção;
- **Estoques específicos:** Estocado em ambientes apropriados para estocagem.

Tanto um como outro, como apregoa Taiichi Ohno (Ohno 1997) podem trazer diversos problemas para a produção (amortização de ineficiências do processo, elevado custo de manutenção de estoques, entre outros), o principal objetivo das técnicas existentes de controle, é controlar eficientemente estes dois tipos de estoques, procurando manter o nível mínimo sem prejudicar o processo produtivo; a seguir é traçado um paralelo entre as principais técnicas de controle de estoques disponíveis.

A filosofia JIT controla os estoques entre processo, utilizando a técnica Kanban, a origem desta técnica se confunde com a origem do JIT. Ambos foram criados no Japão dentro da empresa Toyota Motors em meados da década de 50. As idéias que deram origem à filosofia JIT e ao sistema Kanban são creditadas ao então vice-presidente da companhia Taiichi Ohno (Ohno 1997).

O Kanban foi inspirado no funcionamento dos supermercados americanos, sendo por isso também conhecido como *Supermarket System*. Nos supermercados, as mercadorias estão distribuídas em prateleiras, as quais são reabastecidas à medida que são esvaziadas. Quando um consumidor de um processo deseja adquirir determinado artigo, ele vai ao supermercado e retira a mercadoria da prateleira na quantidade necessária. O supermercado, de acordo com a demanda, providencia a reposição das mercadorias, responsabilizando-se que isto se dê no prazo, quantidade e qualidade desejados. [Guimarães 1990]

Um outro enfoque, é o utilizado pela técnica de controle MRP. O MRP considera a dependência da demanda que existe entre artigos “Pais” e “Filhos”, uma vez definido as quantidades de produtos a serem produzidos, determinado pelo planejamento mestre da produção, pode-se calcular as necessidades brutas dos demais artigos dependentes tomando como base a sua lista de materiais, até chegar nas matérias primas. De posse das necessidades brutas de um artigo, pode-se descontar as mesmas das quantidades em estoque³⁶ e das quantidades já programadas de produção, obtendo-se o valor das necessidades líquidas do artigo, e programando a emissão de ordens de produção. [Tubino 1997]

O MRP apesar de apresentar bons resultados como técnica de reposição de estoques, é falha em alguns pontos, principalmente no controle de estoques em processo, apresentando as seguintes dificuldades:

- **Consideração da capacidade de produção infinita:** O MRP considera que imediatamente no término de uma operação já se pode iniciar a operação sucessora, o que nem sempre acontece na prática devido à competição por recursos entre operações, neste raciocínio requisições de artigos em estoques são realizadas antes da ordem efetiva de uma operação, deixando o artigo recebendo os custos inerentes à manutenção do estoque até que se consolide a ordem de produção;
- **Não existe o conceito de lote de transporte em processos:** Assim a emissão de uma ordem de requisição de artigos em estoques é realizada com base no tamanho do lote de produção, causando grande imobilização de estoques, o que vem contra a filosofia JIT;
- **Dependência estática entre as operações:** A explosão das necessidades no MRP, considera que uma operação sucessora terá início somente após o término da operação antecessora. Considerando a técnica OPT a operação sucessora poderá se iniciar tão logo quando um lote de transporte estiver concluído, não se adequando aos conceitos do OPT;

³⁶ Levando em consideração o estoque de segurança definido pela empresa

Para adaptar o controle de estoques do sistema integrado de gestão da produção à realidade do ambiente de produção das PMI's, este trabalho propõe o seguinte mecanismo para cálculo da reposição de estoques. Para estoques em processo será utilizado o mecanismo de supermercados, ou simplesmente o fluxo contínuo de artigos na linha de produção, de uma operação para a sua operação sucessora. Em termos de operacionalização do mecanismo no chão de fábrica, utilizar-se-á o método Kanban para controle.

Para estoques específicos, quanto à reposição, será utilizado a necessidade de artigos para se realizar uma ordem de produção, fornecido pelo algoritmo MASGA. Baseando-se no conjunto de produtos a serem fabricados no período, em função do planejamento-mestre da produção, utilizando as informações provenientes dos cálculos de necessidades de materiais, no momento da programação da produção.

De acordo com Bastos (Bastos 1988), as flutuações da demanda, provenientes da sazonalidade e obsolescência de materiais e produtos, requerem mecanismos de gestão de estoques específicos que determinem o “quando” e o “quanto” fabricar ou comprar de modo a manter quantidades adequadas disponíveis, minimizando a imobilização desnecessária de estoques. Estes mecanismos são denominados de métodos provisionais de reposição de estoques.

Apesar dos métodos provisionais exigirem um grau de complexidade maior para operacionalização, se comparados aos métodos estatísticos de reposição de estoques específicos, usados em grande parte dos sistemas comerciais de gestão, as PMI's podem alcançar grande eficiência em gestão de estoques, que de acordo com Batalha (Batalha 1989) representam uma das grandes dificuldades operacionais deste setor.

3.5.4. Controle de produção

O controle de produção, possui por função dar subsídios para controlar e acompanhar a execução das atividades de produção, possíveis desvios, problemas com recursos, análise e controle da qualidade, além de viabilizar o uso de ações corretivas. Segundo Tubino (Tubino 1997). O controle da produção é realizado à partir das seguintes ações:

- Coleta e registro de dados sobre o estágio das atividades programadas;
- Comparação entre programado e executado;
- Identificação dos desvios;
- Busca de informações corretivas;
- Emissão de novas diretrizes com bases nas ações corretivas;
- Fornecimento de informações produtivas aos demais setores da empresa;
- Preparação de relatórios de análise de desempenho do sistema produtivo.

O desenvolvimento de micro-computadores robustos para o chão de fábrica e coletores de dados em processos, permite que a coleta on-line dos dados produtivos seja uma realidade (Tubino 1997), possibilitando o reporte de todos os dados referentes a produção, para que o sistema realize automaticamente ações corretivas.

As principais funções do controle da produção neste trabalho são: liberar ordens de produção, requisitar materiais para que o processo produtivo possa ser realizado, reportar os processamentos de cada operação de uma ordem de produção e terminar uma ordem de produção quando todas as operações desta ordem tiverem sido processadas, além de gerenciar o uso de recursos produtivos e gerar informações para o controle de custos industriais.

O uso de um sistema integrado de gestão da produção, é condição essencial para que se possa realizar todas estas etapas do controle produtivo. O fluxo e a coleta instantâneas de informações sobre o processo de produção, possibilitam que se tome

decisões em tempo hábil e gera a base de dados para que as outras técnicas sejam executadas com êxito.

3.5.5. Custos industriais

Finalizando o estudo do ambiente produtivo das PMI's, a área de custos industriais é a que apresenta as mais sérias limitações; grande parte das PMI's simplesmente não possuem nenhum sistema formal de levantamento de custos, e as que possuem o utilizam como um mero provedor de dados contábeis, não utilizando seu potencial para melhoria do processo produtivo e tomada de decisões.

Como se não bastasse estas limitações, a maior parte das PMI's estudadas utilizam metodologias ultrapassadas de custeio, não atingindo os níveis mínimos necessários em controle de custos para garantir a competição no mercado globalizado. Para que se possa abordar convenientemente estes pontos, antes é necessário discorrer sobre a importância do controle adequado de custos em sistemas de gestão, assim como o perfil atual dos custos industriais e as técnicas existentes de custeio, e as novas técnicas propostas para se atingir a eficiência na mensuração dos custos industriais.

Pode-se considerar o gerenciamento adequado de custos, como um dos pontos fundamentais de um sistema de gestão da produção. Como citado por Cogan (Cogan 1997), os avanços proporcionados pelas mudanças nas técnicas de produção, refletiram principalmente no que se refere ao gerenciamento de custos. As parcelas de mão-de-obra, e material direto (principal fator de distribuição de custos dos métodos tradicionais), respondem por uma fatia cada vez menor dos custos de produção; por outro lado as despesas indiretas já alcançaram taxas superiores a 70% dos custos totais, em empresas de elevada automação.

Ching (Ching 1995) relata que o maior motivo da mudança no perfil de custos, é que a essência do valor não é mais criado na fábrica (em seu processo de manufatura),

mais no negócio. Este valor acontece no serviço prestado ao cliente, na identificação de suas necessidades e exigências, na distribuição, marketing entre outros. Enfim, a vantagem competitiva de uma empresa é criada na área de custos indiretos, e suas atividades devem ser gerenciadas pelo sistema de gestão de custos.

O sistema tradicional de custeio mede com precisão os recursos diretos que são consumidos, proporcionalmente à produção. Dentre estes recursos, podemos citar mão-de-obra direta, material direto, horas-máquina e energia. Entretanto existem diversos recursos que realizam atividades, que não se relacionam diretamente com o volume físico da produção. Em consequência, o sistema tradicional de custeio usando o critério de rateio baseado na mão-de-obra direta, horas-máquina ou outro fator direto, apresenta graves distorções. [Cogan 1997]

Segundo Martins (Martins 1990), podemos classificar os sistemas tradicionais de custeio industriais em dois tipos:

- **Custeio por absorção:** propõe que todos os custos de produção, quer fixos, quer variáveis, quer diretos ou indiretos sejam alocados aos produtos elaborados. Este tipo de técnica, por não dizer respeito a um produto específico ou unidade de produção, quase sempre distribui os custos a base de rateios, que contêm em maior ou menor grau, arbitrariedade;
- **Custeio direto ou variável:** toma como base a apropriação de todos os custos variáveis, sejam eles diretos ou indiretos, deixando os custos fixos separados e considerados despesas do período.

Ambas as abordagens, podem levar a empresa a tomar decisões erroneamente. A distribuição dos custos indiretos à base de rateios subjetivos (geralmente baseados em volume), gera informações sobre produtos que são sub-custeadas, levando os gerentes a tomarem decisões irrealistas, gerando até em casos extremos, a comercialização destes itens com preços inferiores ao custo de fabricação, causando prejuízos; enquanto outros produtos levam uma parcela de custos adicional, se tornando por sua vez super-custeados,

transparecendo aos tomadores de decisão, uma visão que tais produtos não são competitivos frente ao mercado.

Uma alternativa a estas formas tradicionais de custeio, é inverter o enfoque tradicional dos custos baseados em volumes, para os custos baseados em atividades que consomem recursos. Neste novo enfoque, os custos indiretos devem ser tratados como custos diretos através da análise de suas atividades, e o custo de um produto é medido de acordo com o consumo de tais atividades. A esta metodologia de custeio dá-se o nome de Custeio Baseado em Atividades, ou ABC (Activity-Based Cost).

De acordo com a técnica ABC, define-se uma atividade como sendo qualquer ação que consuma recursos para produzir uma saída de produto ou serviço. O ponto principal para gerenciar as atividades é entender os recursos, mostrando adequadamente seu consumo pelas atividades através de um mapa. Assim pode-se definir o ABC como um método de rastrear os custos de um negócio ou departamento para as atividades realizadas, e verificar como estas atividades estão relacionadas para a geração de receitas e consumos de recursos.[Ching 1995]

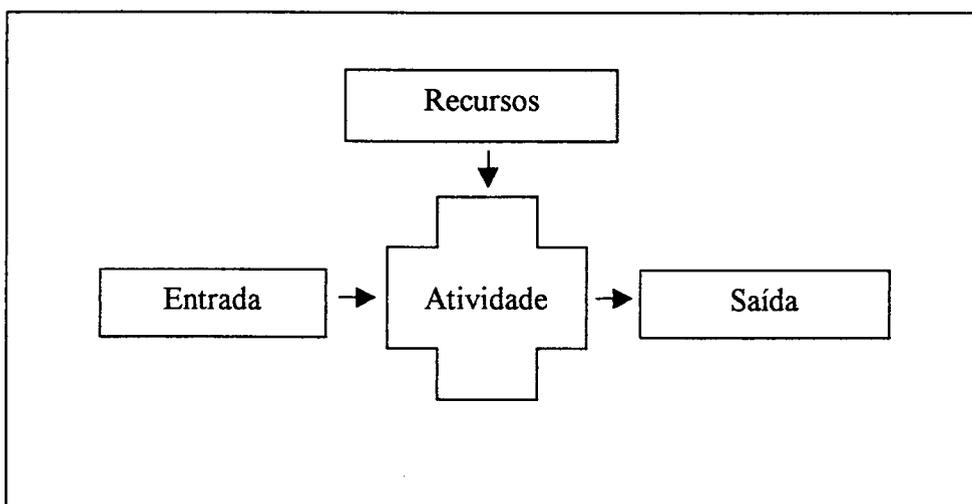


Figura 17: Esquema de uma atividade

O ABC foi desenvolvido tendo-se em mente o princípio do custeio por absorção, na medida em que não atribui os custos da capacidade ociosa aos produtos (Cooper e Kaplan, 1991). De fato, o custeio por atividade baseia-se em um modelo de consumo de recursos, e não gastos com recursos (Cooper, 1990). Somente os produtos que utilizaram uma certa atividade, irão receber os custos daquela atividade.

O desafio deste trabalho, foi propor um sistema que conseguisse integrar diversas técnicas de gestão da produção, de forma que, a entrada de informações necessárias para a execução de uma técnica, estaria disponível na saída de informações de uma outra, aumentando a automação e diminuindo a necessidade de investimentos em operacionalização, aplicando-se às PMI's; sem deixar de lado as técnicas/filosofias mais modernas em gestão da produção, para que as PMI's não fiquem em desvantagem competitiva.

Seguindo este objetivo, a técnica de custeio ABC se enquadra neste trabalho por diversos motivos, entre eles pode-se citar:

- **Gerenciamento por processos:** O ABC considera a empresa pelo enfoque de processos (análise horizontal), em detrimento do enfoque por função (análise vertical). A análise de custeio por processos se relaciona mais diretamente com as novas filosofias/técnicas de produção, como o JIT e OPT, assim as outras técnicas do sistema poderão oferecer naturalmente as informações necessárias para o desfecho dos cálculos da técnica ABC;

- **Adaptabilidade:** De acordo com Cogan (Cogan 1994), apesar de diversas empresas nem ao menos possuírem um sistema tradicional de custeio, a implantação de tais sistemas traria consigo uma desvantagem tecnológica inerente. A técnica ABC, por sua vez, é recente e se mostrou adaptável a qualquer tipo de empresa de produção/serviços, obtendo excelentes resultados;

- **Automação:** Para a operacionalização da técnica ABC, é imprescindível a utilização de sistemas informáticos, devido ao grande número de cálculos necessários para

seu desfecho. Mas em função da utilização de um sistema integrado, a maior parte das informações necessárias para seu desfecho provém do próprio sistema;

- **Maior precisão na tomada de decisões:** Cooper (Cooper 1990) afirma que o custeio ABC poderá apresentar resultados mais precisos, sempre que a empresa utilizar grande quantidade de recursos indiretos ou tiver significativa diversificação em produtos, processos de produção e clientes. O que se aplica às PMI's por necessitarem de grande flexibilidade de produção;

- **Melhoramento contínuo:** Uma vez que o custeio ABC enfoca a análise por processo, permite que se tomem ações para o melhoramento contínuo das atividades que compõem os mesmos, dando subsídios para a aplicação de técnicas como o CQT.

O ABC como visto, é um modelo de custeio baseado no consumo de recursos por atividades para gerar um produto/serviço. O ABC direciona o consumo de recursos para as atividades que os consumiu, para em seguida direcionar os custos das atividades para os produtos; isto é realizado através dos direcionadores de custos. Esta metodologia é chamada de modelo ABC de duas dimensões, pois a alocação de custos é realizada em duas etapas. Os direcionadores de custos alocam os custos do consumo de recursos para as atividades, de acordo com os fatores que fazem com que as atividades sejam realizadas³⁷.

De acordo com Cooper (Cooper 1990), três pontos devem ser considerados, para a seleção de um direcionador de custos:

- Facilidade na obtenção dos dados para o direcionador de custos escolhido (medição).
- Correlação entre o consumo da atividade e o consumo do fator (correlação).
- Influência no comportamento das pessoas (efeito comportamental).

Uma das grandes vantagens na técnica de custeio ABC, é a possibilidade de se usar diferentes direcionadores de custos. Em um processo de produção, as diversas atividades

³⁷ Estes fatores são indicativos do nível de uso de recurso por uma atividade (ex. horas/máquina, número de lotes processados, entre outros).

que agregam valor aos produtos, consomem recursos de maneiras distintas. Algumas atividades são proporcionais ao volume de produção, enquanto outras são proporcionais ao lote de produção e independem do volume produzido em cada lote; outras por sua vez incidem na concepção de cada produto e temos ainda atividades que se referem às despesas operacionais da fábrica. Para que se possa alocar criteriosamente o consumo de recursos para estas atividades, somente um direcionador de custos direto (ex. horas-máquina muito usado no custeio tradicional) é insuficiente. Para atender a esta característica, o ABC emprega diversos direcionadores, de acordo com as características da atividade em questão.

É importante frisar, como relatado por Cogan (Cogan 1997), que uma atividade só poderá ter um único direcionador de custos, caso ocorra de uma atividade apresentar mais de um fator para mensurar o consumo de recursos, é certo que esta atividade deva ser dividida em duas.

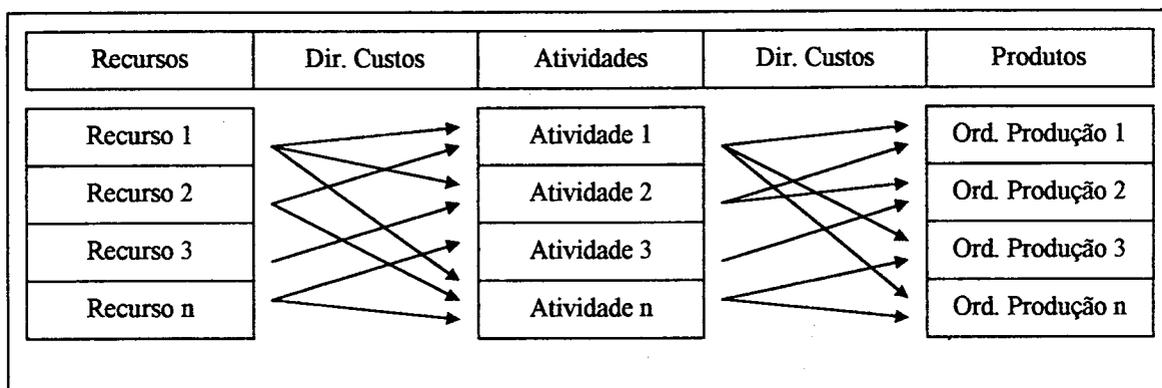


Figura 18: Modelo de custeio ABC de duas dimensões

Ching (Ching 1995) reforça o fato do sistema de custeio tradicional assumir que os recursos são consumidos pelos produtos; enquanto o ABC prega que os recursos são consumidos pelas atividades que por sua vez são consumidas pelos produtos. Na visão tradicional, não é possível discernir se os recursos consumidos agregam ou não valor ao produto final, uma vez que não considera as atividades que usaram tais recursos e a entrada e saída destas; enquanto no ABC o consumo de recursos é relacionado com as

atividades de produção, contida em um processo produtivo, ficando claro se a atividade em questão agrega ou não valor ao produto final, de acordo com o resultado de sua saída.

Desta forma, a proposta de uma metodologia de custeio como o ABC procura completar o sistema de gestão, dentro dos objetivos fixados, visando aumentar o nível de automação e integração entre as técnicas utilizadas, sem deixar de lado as técnicas filosofias que estão apresentando os melhores resultados na prática da gestão de produção industrial.

Capítulo 4

Modelagem do Sistema Distribuído de Gestão da Produção

4.1. Introdução

No segundo capítulo, foi definido as principais características da tecnologia da informação disponível atualmente, além de diversas arquiteturas utilizadas e ambientes computacionais, e como esta tecnologia pode ser empregada para automatizar e integrar sistemas de informações empresariais. Foi tratado também a vantagem de se utilizar a tecnologia de objetos distribuídos nos ambientes heterogêneos de empresas, a facilidade de reutilização de soluções existentes e da modelagem lógica³⁸, com particular destaque na aplicação em PMI's; para se alcançar os níveis esperados de automação de sistemas de gestão da produção, dentro da realidade deste setor.

Já no capítulo anterior, foi analisado as principais técnicas e filosofias de gestão da produção, suas vantagens e restrições, e a utilização conjunta destas técnicas visando a

³⁸Regras de negócio

concepção de um sistema integrado de gestão da produção, aplicável às características do ambiente produtivo das PMI's.

As informações dos capítulos anteriores formam a base para que se possa construir um sistema de gestão da produção, desde as necessidades da tecnologia da informação e a potencial aplicabilidade em PMI's, até o levantamento e adaptabilidade das técnicas de gestão da produção, e a utilização integrada das mesmas. O objetivo deste capítulo, por sua vez, é justamente apresentar a arquitetura do sistema distribuído de gestão da produção proposto, assim como o modelamento algorítmico das técnicas estudadas no capítulo anterior, segundo a tecnologia de objetos distribuídos; com o objetivo de criar um modelo específico de gestão da produção aplicável às PMI's.

4.2. Arquitetura do sistema distribuído de gestão da produção

A arquitetura de sistemas distribuídos, como foi visto, divide o sistema em diferentes "camadas", onde uma camada é definida como uma área específica de concentração, tanto de desenvolvimento quanto operacional. No momento da implantação do sistema, as camadas podem estar fisicamente isoladas³⁹, em sistemas de dois ou mais níveis, ou combinadas na mesma máquina⁴⁰.

Para que se possa iniciar a modelagem do sistema, é necessário definir e caracterizar cada uma das camadas que o compõe, concentrando-se esforços específicos na modelagem de cada camada separadamente, possibilitando o uso de equipes distintas, trabalhando em paralelo, organizadas de acordo com suas potencialidades. Sendo assim, na modelagem deste sistema, as camadas encontram-se organizadas da seguinte forma:

³⁹ Sistema multi-camadas físico

⁴⁰ Sistema multi-camadas lógico ou virtual

- **Camada de interface com o usuário (“Front-end Tier”, “Client-Side Tier”, “Presentation-Tier”):** O foco desta camada será simplesmente a interface com o usuário, visando prover um meio onde o usuário possa interagir com os servidores de aplicação e requisitar, inserir e atualizar informações com o banco de dados. Uma vez que esta camada não terá a lógica do sistema, maior esforço poderá ser realizado no sentido de construir interfaces consistentes e intuitivas. A tecnologia de objetos distribuídos possibilita, que esta camada não necessite de nenhuma configuração a nível de usuário final, pois seu controle será todo realizado pelos servidores de aplicação;
- **Camada de servidores (gerenciadores) de aplicação (“Application Tier”, “Middle Tier”):** Nesta camada residirá os objetos nos quais será modelado a lógica do sistema, ou as regras de negócio; esta camada também será responsável por controlar a camada de interface com o usuário, se comunicando com esta por meio de sua interface padronizada de objeto, via a linguagem única de definição de interface ou “IDL”, utilizando para tal o intermediário de solicitação do objeto ou “ORB”. Os servidores de aplicação, serão referenciados no sistema como objetos gerenciadores, pois é nestes objetos que se irá implementar as técnicas de gestão do sistema, e a interação entre os objetos desta camada, é responsável por modelar a integração do sistema;
- **Camada de banco de dados (“Database-Tier”):** Esta camada será responsável pelo armazenamento de informações geradas pelas outras duas camadas anteriores. Esta camada irá se comunicar com a camada de servidores de automação via “Drivers” de banco de dados.

Realizando o controle e configuração da camada de interface com o usuário, via os objetos gerenciadores de aplicação, diminui-se consideravelmente os gastos com a manutenção do sistema, além do fato dos objetos gerenciadores se conectarem com a interface do usuário via sua interface única, aumentando a flexibilidade e diminuindo os custos⁴¹. Somente será usado “Drives” de acesso a banco de dados nos objetos gerenciadores, uma vez considerado que haverá bem menos objetos gerenciadores que aplicativos de interface com o usuário, a economia será significativa. A interação entre as camadas se realiza como ilustrado à seguir:

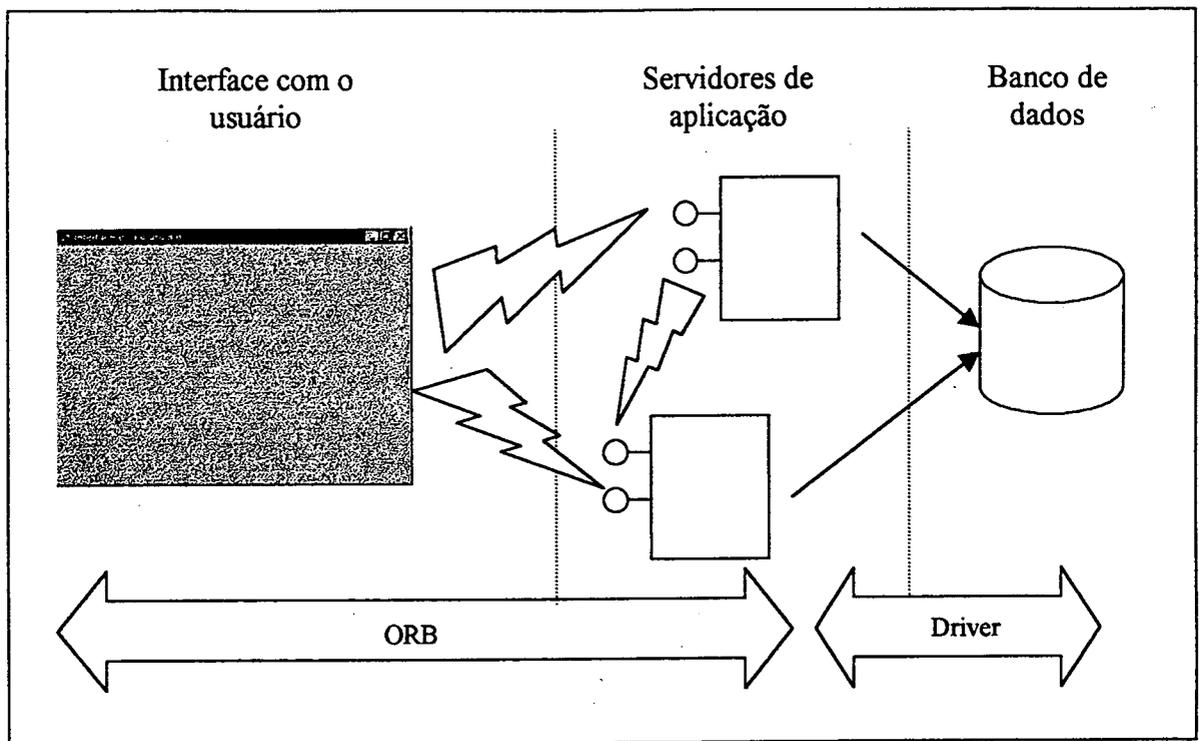


Figura 19: Arquitetura utilizada na modelagem do sistema distribuído de gestão da produção

O sistema distribuído de gestão da produção será modelado da seguinte forma:

- A camada de interface com o usuário será dividida em módulos ou sub-sistemas de acordo com a característica da área industrial no qual será aplicado. Por exemplo, programação da produção ficará no sub-sistema de programação da produção, custos terá o sub-sistema de custos, e assim por diante, de acordo com todas as áreas estudadas no capítulo anterior;
- Na camada de objetos gerenciadores, será modelado um objeto gerenciador para cada técnica de gestão estudada no capítulo anterior. Esta modelagem é conveniente uma vez que, como frisado no estudo das técnicas integradas, cada técnica isolada utiliza informações de diversas outras técnicas específicas, o que faria certamente, na maneira tradicional de modelagem, com que se reescreve-se código. Usando a tecnologia de objetos distribuídos, cada técnica (objeto) modelada, utilizará agora serviços de outras técnicas (objetos) modeladas separadamente, sendo que estes serviços estarão disponíveis via a interface do objeto;
- A camada de banco de dados, ficará responsável pelo armazenamento e manutenção das informações geradas pelo sistema, a modelagem do banco de dados

⁴¹ Pois não necessita da aquisição, via fornecedores de tecnologia, de "Drivers" de acesso

deverá refletir a lógica da modelagem dos objetos, concluindo assim a modelagem do sistema.

À seguir será realizado a modelagem destas três camadas, iniciando pela modelagem computacional da camada de interface com o usuário, a modelagem lógica dos objetos gerenciadores, dividido de acordo com as técnicas nas quais são desenvolvidos e finalizando com a proposta da modelagem da camada de banco de dados.

4.3. Modelagem da camada de interface com o usuário

A estrutura do sistema de gestão, como foi visto, segue uma arquitetura de camadas bem definidas, visando abstrair e isolar sua definição e desenvolvimento, como propõe a modelagem de sistemas baseado em objetos distribuídos. Na arquitetura proposta, isolou-se toda a interação com usuário final na camada de interface com o usuário ou camada de “*front-end*”. Devido à amplitude do ambiente produtivo é conveniente que se divida esta camada, por sua vez, em vários módulos ou sub-sistemas distintos, de acordo com as características particulares das diversas áreas industriais.

O agrupamento das funcionalidades comuns de cada aplicação do sistema, facilita seu uso e entendimento como um todo, gerando sub-sistemas específicos e especializados; além de possibilitar que se concentre maiores atenções no desenvolvimento particular de cada módulo, criando-se além de interfaces mais simples e intuitivas, melhores metodologias de acesso a dados e também da lógica da aplicação.

Os sub-sistemas do sistema de gestão da produção, são responsáveis por coletar e gerar as informações necessárias para o funcionamento dos objetos gerenciadores de aplicação, e também prover meios para que o usuário interaja com estes objetos dentro dos parâmetros definidos de robustez e performance. Para alcançar estas funcionalidades, a construção da camada de interface com usuário, baseada na modelagem de objetos distribuídos, procurou envolver a ampla variedade de possíveis configurações desta

tecnologia, adicionando flexibilidade ao sistema no momento de se adequar à estrutura computacional de uma industria em particular. Visando abordar convenientemente estas variações, à seguir é representado um ambiente computacional típico de uma PMI.

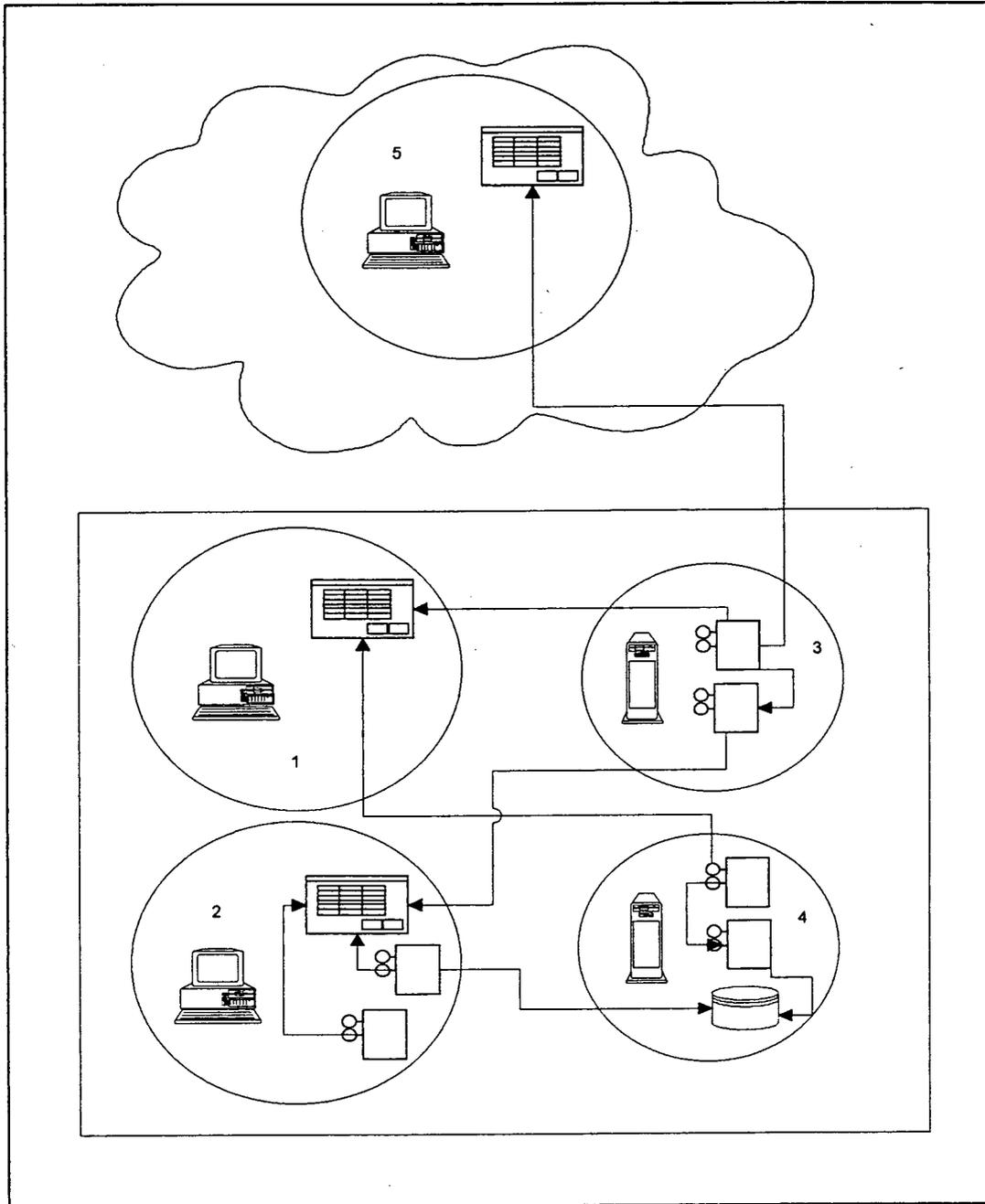


Figura 20: Ambiente típico industrial de sistemas de informações

Na figura, os diferentes níveis físicos nos quais as camadas se encontram foram circulos e numerados, sendo que os círculos de um a quatro representam computadores dentro de uma rede local e o círculo cinco, por sua vez, representa um computador em uma rede externa à industria.

Para entender este esquema, considere que um usuário iniciou um sub-sistema específico no computador um, automaticamente, este sub-sistema ordena uma requisição via a ORB, de um objeto gerenciador que se encontra distribuído pelo ambiente computacional, a ORB irá então alocar dentre os diversos objetos do tipo requisitado, o objeto que apresenta as melhores condições de performance e disponibilidade criando uma ligação entre o sub-sistema e o objeto. À partir deste ponto, o objeto requisitado passa a gerenciar o sub-sistema remotamente, lhe fornecendo a lógica de interação com o usuário e também as informações necessárias.

É comum que o sub-sistema necessite da lógica contida em vários objetos gerenciadores, assim como dados, como representado na figura. Nestes casos, a ORB procede da mesma forma para cada objeto requisitado, fazendo com que o sub-sistema se conecte com vários objetos ao mesmo tempo sendo processados em máquinas distintas. Os objetos gerenciadores, como os sub-sistemas, também podem necessitar de lógicas ou informações contidas em outros objetos gerenciadores, sendo que a ORB, por sua vez, processará normalmente a requisição do objeto que apresenta as melhores condições de processamento, criando uma rede de ligações ou informações.

O sistema prevê que existam dois tipos de aplicativos de interface com o usuário (sub-sistemas): aplicativos convencionais executados no sistema operacional do computador no qual se encontra, ou utilizando uma outra abordagem, usando a modelagem baseada em objetos distribuídos, aplicativos desenvolvidos com uma interface única de definição (IDL). No segundo caso, os sub-sistemas possuem a vantagem de serem executados independente da plataforma computacional na qual se encontram ou em "*browsers internet*", ficando independentes do sistema operacional e fabricante do computador, além da conveniência de se disponibilizar o sub-sistema na "*internet*".

Como toda a comunicação entre os aplicativos de interface com o usuário e os objetos gerenciadores, está sendo realizada via a ORB, sem o uso de “*drives*” de acesso, torna indiferente para o objeto gerenciador se a conexão é na rede local ou em uma rede externa. Este fato é representado no esquema anterior, pelo computador cinco, executando o aplicativo de interface com o usuário em rede externa. Neste caso, o aplicativo de interface pode estar sendo executado no sistema operacional ou, utilizando uma interface de objeto, pode estar sendo executado em um “*browser internet*”, para isto o sub-sistema é transferido via “*internet*” para o computador remoto sendo executado localmente.

4.3.1. Modo de trabalho semi-conectado “*brief-case*”

Como toda a interação com o usuário será realizada na camada de interface com o usuário, é principalmente nesta camada que o nível de performance do sistema é solicitado. Para manter uma alta performance sem exigir grandes investimentos na estrutura computacional da indústria, um dos objetivos deste trabalho, os sub-sistemas foram modelados para trabalhar no modo semi-conectado ou “*brief-case*”.

O modo semi-conectado, consiste em trazer para o meio físico (nível) da camada de interface com o usuário, algumas das funcionalidades necessárias para que os sub-sistemas possam operar eficientemente⁴², em seguida este nível é desconectado da rede de informações. Os sub-sistemas à partir deste ponto, criam uma cópia local dos dados recebidos, e todas as interações com o usuário serão baseadas na cópia local armazenada dos dados.

A vantagem do modo semi-conectado, é explicada uma vez que a base de um sistema de informações é manter e disponibilizar convenientemente uma grande massa de dados e interação com o usuário; no modo normal, como os dados necessários não estão

⁴² Dentre estas funcionalidades inclui os dados usados no sub-sistema e as restrições de manutenção destes dados (database constraints)

na mesma camada, a cada interação do usuário com o sistema é requisitado serviços da camada de banco de dados e servidores de aplicação, estes serviços, por sua vez, são enviados pela rede de informações, exigindo um certo investimento no dimensionamento físico da rede e dos computadores onde se encontrarão instalados os servidores, para se manter um nível aceitável de performance.

Usando o modo semi-conectado, todos os dados necessários são requisitados ao iniciar o trabalho no sub-sistema, e uma vez carregados localmente, as atualizações nestes dados são realizados no computador local, sem necessitar da rede nem dos computadores servidores; como os dados armazenados localmente são somente uma amostra de todos os dados do sistema, os computadores utilizados na camada com o usuário não necessitam de altos níveis de performance, diminuindo o investimento no sistema como um todo.

Para tornar possível o trabalho no modo semi-conectado, a arquitetura de objetos distribuídos permite a construção de objetos gerenciadores responsáveis por requisitar da camada de banco de dados, os dados necessários pelos sub-sistemas, em seguida estes objetos “empacotam” convenientemente⁴³ estes dados e enviam pela rede de informações para os sub-sistemas específicos, que podem se localizar na rede interna ou externa da indústria; estes objetos especializados, são conhecidos como servidores de dados⁴⁴ ou “*data-brokers*”, justamente por quebrar a conexão direta dos sub-sistemas com a camada de banco de dados, não necessitando mais do uso de “*drives*” de acesso.

É importante frisar que os sub-sistemas poderão permanecer desconectados, enquanto não necessitarem novamente serviços de outros objetos. Apesar disto é elevado o ganho adquirido em economia de recursos, pois todo o processo de manutenção e cadastro de informações pode ser realizado neste modo, além de que, caso ocorra uma queda no servidor de banco de dados os sub-sistemas podem continuar trabalhando usando os dados locais.

⁴³ De forma que possa ser acessado via a IDL através da ORB

⁴⁴ O uso de servidores de dados ou “*data-brokers*” permite adicionar uma camada adicional de segurança ao acesso a dados do sistema, possibilitando um grande incremento em segurança e manutenção do nível de acesso a dados

Uma outra característica do modo semi-conectado é passar a impressão de que a camada de banco de dados se encontra distribuída pela rede de computadores, pois são mantidas amostras locais de dados na camada de interface do usuário, alcançando assim uma elevada performance no acesso a estes dados.

Estas amostras locais de dados, devido a esta nova metodologia, exige uma nova forma de se aplicar as atualizações realizadas pelo usuário no banco de dados, por exemplo: considere os dados sobre um artigo a ser produzido que se encontram locais a um sub-sistema; em um outro computador, um segundo usuário pode ter iniciado o mesmo sub-sistema e excluído a ordem de produção daquele artigo específico, o primeiro usuário estará então tratando uma informação que não existe mais, e o sistema deve prover um meio para que ele proceda nesta situação. Para isto, o círculo completo de funcionamento do modo semi-conectado segue os seis passos à seguir.

1. Ao se iniciar o sub-sistema é realizado a requisição, via objetos servidores de dados por meio da ORB, dos dados necessários para o seu funcionamento, estes objetos, por sua vez, se conectam ao servidor de banco de dados para conseguir as informações necessárias;
2. Os servidores de dados empacotam convenientemente os dados adquiridos na camada de banco de dados e transferem para os sub-sistemas;
3. Os sub-sistemas criam uma cópia local destes dados e se desconecta da rede
4. No momento oportuno os sub-sistemas aplicam as atualizações realizadas nos dados, estas atualizações são enviadas para os servidores de dados, por meio de pacotes via a ORB, e os servidores, por sua vez, aplicam no banco de dados;
5. Alguns dados podem estar inconsistentes, o servidor de dados empacota estes dados inconsistentes e os envia para os sub-sistemas para reconciliação;
6. Os dados reconciliados são finalmente empacotados e enviados para os servidores de dados para serem aplicados no banco de dados, este esquema está ilustrado na figura á seguir:

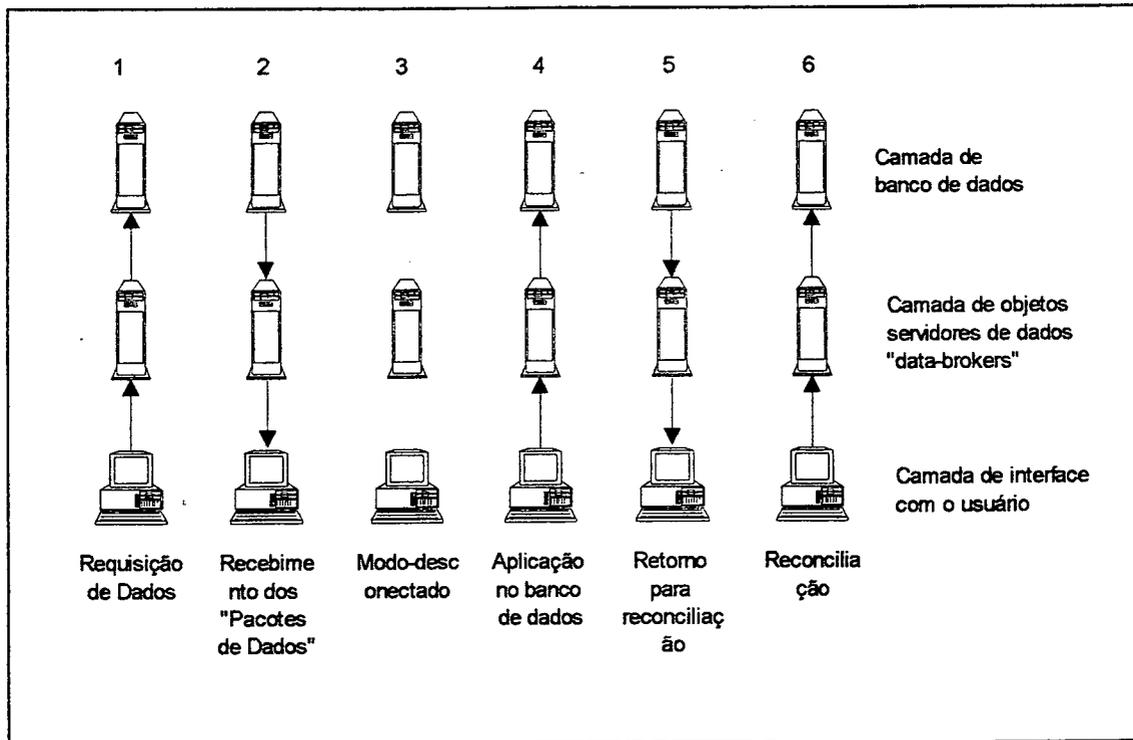


Figura 21: Ciclo de funcionamento do modo semi-conectado

Como pode-se constatar, existe uma grande riqueza em opções para se modelar a camada de interface com o usuário, e a escolha das melhores configurações dependeram da indústria em questão e dos quesitos que se deseja priorizar⁴⁵. Uma vez obtido a modelagem computacional da camada de interface com o usuário, é necessário definir a integração de cada sub-sistema que compõe esta camada, com os objetos gerenciadores, além de sua lógica de operacionalização e a área industrial no qual se aplicam, ou seja, a modelagem lógica.

Para que se possa realizar tais tarefas, antes é necessário modelar a camada de objetos gerenciadores e as técnicas nas quais atuam, para então dividir convenientemente os diferentes setores produtivos industriais, onde à partir do agrupamento das ações realizadas em cada setor, se poderá definir a modelagem lógica dos sub-sistemas.

Para que se possa abordar criteriosamente todos estes pontos, a definição funcional, implantação e operacionalização dos sub-sistemas serão tratados em um capítulo à parte visto à seguir.

4.4. Modelagem da camada de objetos

Para que se possa operacionalizar as filosofias de gestão da produção em indústrias, é necessário se basear em técnicas; por sua vez, para operacionalizar as técnicas de produção na forma de um sistema de gestão, deve-se modelar estas técnicas de acordo com a tecnologia da informação utilizada.

A tecnologia de objetos distribuídos, como visto anteriormente, está fundamentada na modelagem orientada a objeto. Esta modelagem, defende que processos industriais devem ser modelados como objetos independentes, que se encontram distribuídos pela estrutura produtiva, interagindo entre si, para definir a integração do sistema.

Nos tópicos anteriores, foi descrito a arquitetura do modelo distribuído, sendo definido as três camadas que compõe este modelo, com ênfase na camada central constituída pelos objetos gerenciadores, responsáveis pela lógica do sistema. A seguir far-se-á uma descrição da modelagem lógica de cada um destes objetos, no sistema integrado de gestão da produção proposto, segundo as técnicas nas quais se basearam, e também a integração entre estes objetos, para que alcancem os requisitos necessários para gerir a produção em PMI's.

⁴⁵ Performance, segurança, robustez entre outros

4.4.1. Objeto gerenciador de lista de materiais

O processo de transformação industrial é composto de fases produtivas seqüenciais e com níveis de agregação crescentes, a saber: transformação de matérias-primas em peças fabricadas; aquisição de peças; montagem de peças fabricadas e/ou compradas em subconjuntos; e montagem dos produtos finais. (Demori 1991) Para que se possa operacionalizar as etapas do planejamento e controle da produção, é necessário reconhecer todos estes níveis de agregação, ou seja, a estrutura dos produtos fabricados.

Como tratado no capítulo anterior, a lista de materiais dos produtos fabricados é utilizada na entrada do algoritmo MASGA, e também para se realizar o planejamento da produção. Além disso, a obtenção rápida e eficiente da estrutura dos produtos fabricados, exerce papel fundamental, uma vez que determina as etapas do processo de fabricação, proporciona condições para a reposição de estoque, a alocação de custos, entre outros.

O sistema reconhece a estrutura dos produtos através do objeto gerenciador de lista de materiais. Uma lista de materiais possui, normalmente, uma forma arborescente e para cada artigo "Pai"⁴⁶, se especificam os componentes "Filhos"⁴⁷ e a quantidade de cada um. As listas de materiais não devem permitir ambigüidades em termos de codificação e conteúdo. Na prática, é comum a existência de componentes com mais de um artigo "Pai", em um mesmo produto ou artigos distintos, exigindo suportes a estruturas complexas.[Campos 1989]

⁴⁶ Este termo muito usado em manufatura refere-se ao artigo no qual um outro artigo em questão será montado se tornando parte da estrutura do primeiro

⁴⁷ Da mesma forma este termo se refere a um artigo que faz parte da estrutura de um outro artigo

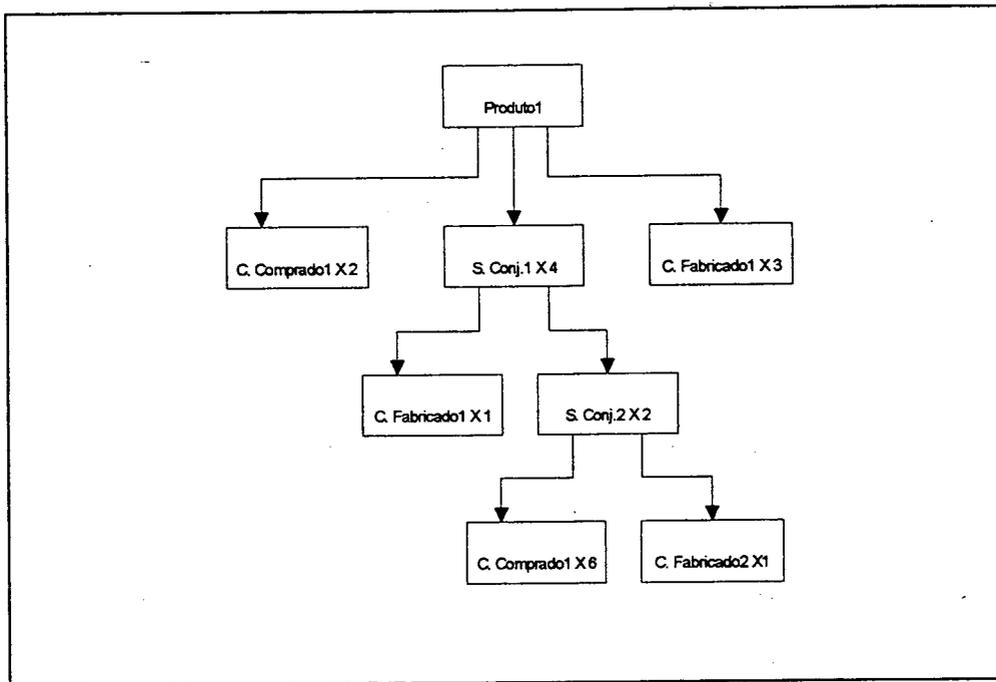


Figura 22: Esquema de uma estrutura de um artigo

Para representar o ambiente de produção, dividiu-se os possíveis artigos produzidos em uma industria, em três partes a saber:

- **Produtos:** são os artigos finais da linha de produção, um produto possui a característica de não possuir artigo “Pai”, geralmente um produto possui diversos artigos “Filhos” representando uma estrutura arborescente;
- **Sub-conjuntos:** são artigos que apesar de possuir artigos “Filhos”, caracterizando uma estrutura arborescente, também possuem artigos “Pai”;
- **Componentes:** são artigos fabricados ou comprados (terceirizados), que não possuem artigos “Filhos”;

A função do objeto gerenciador de lista de materiais, é gerar informações sobre a estrutura dos produtos fabricados para todos os outros objetos que necessitem de tais

informações. Para isto, este objeto utiliza as informações sobre os artigos que estão armazenadas no banco de dados⁴⁸, segundo a lógica do algoritmo seguinte.

Seja:

N = Numero de níveis da lista de materiais

$NA(n)$ = Número de artigos no nível n

$CA(n, i)$ = Conjunto i de artigos no nível n

A = Artigo da lista

1. $N = 1$; $NA(N) = 1$; $NA(N+1) = 0$;
2. Escolha o artigo a a ser montado a lista de materiais e armazene em $CA(N, NA(N))$;
3. Para cada artigo A pertencente a $CA(N)$ faça:
4. Para cada artigo a tal que a possua A como artigo pai faça:
5. $NA(N+1) = NA(N+1) + 1$; $CA(N+1, NA(N+1)) = a$;
6. Se $NA(N+1) \neq 0$ então $N = N + 1$; $NA(N+1) = 0$ e retorne ao passo 3 senão termina;

A saída deste algoritmo é uma matriz bidimensional, onde suas linhas representam os níveis da lista de materiais e as colunas representam em cada linha os artigos correspondentes a cada nível. Esta matriz fica disponível na interface do objeto, sendo acessado convenientemente pelos outros objetos do sistema.

4.4.2. Objeto gerenciador de fluxograma de processo

A fase produtiva envolve geralmente uma seqüência de etapas e operações⁴⁹ para levar a cabo o processo de transformação industrial. Para que se possa acompanhar, controlar e planejar a produção, é necessário que se tenha conhecimento de todas as etapas produtivas e suas respectivas operações, assim como todas as nuances em que estas etapas

⁴⁸ Conforme disponível no Anexo A

⁴⁹ Qualquer ação realizada a um artigo ou matéria-prima

e operações podem ser realizadas; a este esquema dá-se o nome de fluxograma do processo.

Como as listas de materiais, o conhecimento dos fluxogramas de fabricação de um artigo é entrada para a execução de diversas técnicas do sistema de gestão, entre elas pode-se citar o algoritmo MASGA e o controle de produção. Visando alcançar a integração entre estas técnicas, o gerenciamento do fluxograma do processo, é realizado pelo objeto gerenciador de fluxograma do processo.

Este objeto possui por função disponibilizar as informações sobre as dependências e características das operações, os diversos sub-processos⁵⁰ nas quais estas estão inseridas, as rotas⁵¹ de produção e os recursos necessários para se realizar uma operação produtiva. O objeto gerenciador de fluxograma do processo usa os serviços disponibilizados pelo objeto gerenciador de lista de materiais, para montar os sub-processos de cada artigo da lista, tal que possa construir o fluxograma de fabricação de um artigo, ficando disponível em sua interface para qualquer outro objeto do sistema que necessite dessas informações.

Este trabalho procurou desenvolver um modelo robusto que possa representar problemas reais de um processo de produção, suas restrições e alternativas, para que se aproxime o mais possível da realidade industrial, de acordo com o ambiente produtivo das PMI's, modelando a maior parte dos diferentes processos de produção que se pode encontrar neste setor. Para conseguir alcançar estes objetivos, o algoritmo usado no objeto gerenciador de fluxograma de processo foi modelado de forma que as seguintes características pudessem ser consideradas.

- **Diversos níveis de montagem para cada artigo:** Um artigo pode ser composto de diversos outros artigos filhos. Como foi visto no módulo gerenciador de lista de materiais, um produto ou sub-conjunto geralmente possui uma estrutura arborescente composta por

⁵⁰ A montagem/fabricação de um artigo final geralmente necessita da montagem/fabricação de outros artigos presente em sua lista de materiais, às diferentes etapas destas montagens denomina-se sub-processo

diversos níveis; assim o processo de fabricação de um artigo deve contemplar a fabricação de todos estes níveis. Desta forma este módulo irá utilizar diretamente os serviços do objeto construtor de lista de materiais, e o fluxograma do processo refletirá a estrutura arborescente do artigo a ser produzido;

- **Uso de recursos de apoio para realizar uma operação:** Apesar de uma operação necessitar de um tipo de recurso para ser realizada, a mesma pode necessitar também de diversos outros tipos de recursos apoiando-a (tanto recursos humanos como materiais); isto se verifica na maioria dos processos industriais de produção, do ambiente industrial das PMI's.

- **Uso de múltiplos recursos:** Da mesma forma, também ocorre de uma operação necessitar de múltiplas unidades do mesmo tipo de recurso.

- **Uso de recursos alternativos para realizar uma operação:** Verifica-se na prática da gestão da produção, que existem diferentes recursos que podem substituir perfeitamente outros, por exemplo, uma máquina que fura e outra que lixa pode ser substituída por uma mais moderna que fura e já lixa, o uso de recursos alternativos deve ficar registrado no sistema, para que assim se defina o melhor plano de produção.

Para facilitar a modelagem de operações com recursos alternativos, a produção de cada artigo da estrutura é dividida em uma seqüência de sub-processos. Por sua vez cada sub-processo é formado por uma ou mais alternativas rotas de produção e cada rota é constituída por uma seqüência de operações, sendo que, finalmente cada operação pode usar um ou mais recursos, como no esquema abaixo:

⁵¹ Em um ambiente real de fabricação é bem comum que um sub-processo possua seqüências de operações alternativas para se realizar a mesma transformação, a estas diferentes alternativas denomina-se rotas de

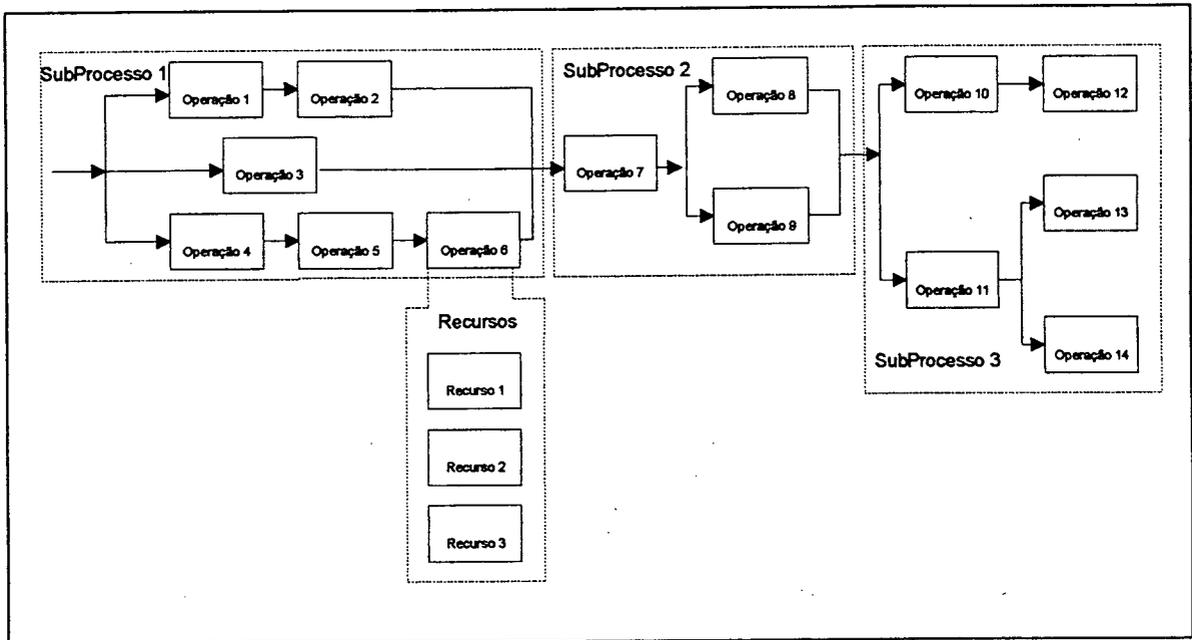


Figura 23: Esquema de um fluxograma de fabricação para um artigo

De acordo com a figura, para a fabricação de um artigo da lista⁵² de materias, tem-se o seguinte esquema de processos produtivos. O “sub-processo 1” é composto por três rotas alternativas, a primeira rota formada pelas “operações 1 e 2”, a segunda rota pela “operação 3” e a terceira rota pelas “operações 4, 5 e 6”, como pode-se perceber seguindo as setas. Aplicando o mesmo raciocínio, o “subprocesso 2” é composto por 2 rotas a primeira composta das “operações 7 e 8” e a segunda composta pelas “operações 7 e 9⁵³”, e assim por diante. A figura traz em destaque a explosão de uma operação onde visualiza-se os recursos que são utilizados para a execução da mesma, todas as outras operações também seguem este esquema. Esta modelagem por levar em consideração a maioria das variáveis de um processo produtivo, contemplando de forma real, a grande parte dos fluxogramas de processamento das indústrias existentes.

Este esquema deve ficar claro para a industria no momento da implantação e operacionalização do sistema, sendo que a confiança e robustez das informações geradas

produção, uma rota de produção é composta de uma ou mais operações

⁵² A fabricação de um produto ou sub-conjunto envolve diversos esquemas como o da figura acoplados, onde pode-se perceber toda a complexidade de um fluxograma de produção

⁵³ Este é um caso típico onde duas rotas distintas compartilham o mesmo tipo de operação

por este objeto, dependerá do nível de detalhamento no levantamento dos fluxogramas de produção dos artigos fabricados.

Como visto, a montagem do fluxograma de fabricação envolve uma certa complexidade; visando agilizar estes processo o objeto gerenciador de fluxograma de processo, quando requisitado, aciona os serviços disponibilizados pelo objeto gerenciador da lista de materiais; com as informações deste servidor sobre a estrutura do artigo, é possível disponibilizar em sua interface o conjunto de operações por rota, o conjunto de rotas por sub-processo e o conjunto de sub-processos por artigo, de acordo com o seguinte algoritmo:

Seja:

N = Numero de níveis da lista de materiais

$NA(n)$ = Número de artigos no nível n

$CA(n, i)$ = Conjunto i de artigos no nível n

A = Artigo da lista

O = Operação de uma rota

R = Rota de um sub-processo

S = Sub-processo de um artigo

$CO(r, i)$ = Conjunto i de operações na rota r

$CR(s, i)$ = Conjunto i de rotas no sub-processo s

$CS(a, i)$ = Conjunto i de sub-processos no artigo a

1. $I = 0$;
2. $J = 1$;
3. $K = 1, A = CA(N-I, J)$;
4. $CS(A, K)$ = Determine do conjunto de sub-processos do artigo A o sub-processo que possua a seqüência = K ;
5. $L = 1, S = CS(A, K)$;
6. $CR(S, L)$ = Selecione do conjunto de rotas do sub-processo S uma rota que ainda não tenha sido selecionada;

7. $M = 1, R = CR(S, L)$;
8. $CO(R, M)$ = Determine do conjunto de operações da rota R a operação que possua a seqüência M;
9. $M = M + 1$;
10. Se $M \leq$ Número de operações na rota R então retorne ao passo 8;
11. $L = L + 1$;
12. Se $L \leq$ Número de Rotas no sub-processo S então retorne ao passo 6;
13. $K = K + 1$;
14. Se $K \leq$ Número de Sub-processos no artigo A então retorne ao passo 4;
15. $J = J + 1$;
16. Se $J \leq NA(N - I)$, então retorne ao passo 3
17. $I = I + 1$;
18. Se $I \leq (N - 1)$, então retorne ao passo 2;
19. Fim;

Este algoritmo parte do princípio que um fluxograma de fabricação de um produto, é o conjunto de fluxogramas dos artigos que compõe a sua estrutura. Executando este algoritmo, o objeto gerenciador de fluxograma de processo disponibiliza em sua interface três matrizes de dados; a matriz “CS” possui em cada linha os artigos da estrutura e nas colunas de cada linha se encontram os sub-processos de um artigo. Para conhecer as rotas de um sub-processo, a matriz “CR” organiza estas rotas em cada coluna, sendo que cada linha corresponde a um dado sub-processo, usa-se o mesmo raciocínio para as operações de cada rota na matriz “CO”. Por fim utiliza-se a matriz “CA” disponível na interface do objeto gerenciador de lista de materiais para se organizar os sub-processos de acordo com a estrutura arborescente do produto, montando seu fluxograma de fabricação.

4.4.3. Objeto gerenciador de programação da produção

À partir do planejamento-mestre da produção, é gerado uma programação da produção que valide este plano-mestre, caso o plano-mestre não seja viável, realiza-se modificações no plano-mestre até que gere uma programação da produção viável. A criação da programação da produção, para validar o planejamento-mestre da produção, é responsabilidade do objeto gerenciador de programação da produção.

Ao se elaborar o plano mestre de produção, define-se a quantidade de cada produto que será fabricada e as datas necessárias para se concluir este plano. De acordo com a saída do objeto gerenciador de programação da produção, a viabilidade do plano proposto⁵⁴ leva em consideração os requisitos de materiais e a capacidade de produção.

Para que estas funcionalidades possam ser obtidas, o objeto gerenciador de programação da produção, usa o algoritmo MASGA. Uma vez disparado os serviços deste objeto, as informações sobre a programação da produção além de utilizada para viabilizar o planejamento-mestre da produção, é utilizada também em diversas outras etapas industriais como: controle da produção, controle de estoques e custos industriais.

Para realizar com sucesso uma programação da produção, este objeto necessita conhecer a estrutura dos artigos para o qual será realizado a programação da produção, assim como o fluxograma detalhado de fabricação destes artigos. Estas informações são disponibilizadas pelos objetos gerenciadores de lista de materiais e de fluxograma de processo, respectivamente.

A seguir é apresentado o MASGA como proposto por Cândido (Cândido 1997), para ficar claro o entendimento deste algoritmo é necessário a introdução de alguns conceitos:

⁵⁴ Se a quantidade necessária será produzida dentro dos prazos definidos

- **Disponibilidade de recursos para realizar uma operação:** Seja $Q(r)$ o número de recursos do tipo R no sistema. Seja $RS(u)$ o conjunto de recursos necessários para processar a operação u onde $RS(u) = \{(R, q(r))\}$, onde $q(r)$ é as unidades do recurso do tipo r que são necessários para processar a operação u . A disponibilidade de recursos para iniciar o processamento de uma operação u no tempo t é verificada pela disponibilidade de no mínimo $q(r)$ unidades de cada tipo de recurso R do conjunto $RS(u)$ de t até $t+t(u)$, onde $t(u)$ é o tempo total de processamento da operação u . É importante salientar que o calendário de recursos deve ser levado em consideração.

- **Determinação dos operadores precedência e sucessão (prec e suc):** Os operadores de precedência (prec) e sucessão (suc) determinam respectivamente todas as operações que diretamente precedem e sucedem uma operação de um trabalho, considerando todas as rotas de em sub-processo e diversos níveis de montagem. Se u é a primeira operação do artigo p , e se p não está no primeiro nível da lista de materiais, então $prec(u)$ resulta em um conjunto de uma ou mais operações, com cada uma destas operações sendo a última operação do artigo que precede p na lista de materiais da ordem de produção o . Se u é a primeira operação do artigo p , com p no primeiro nível da lista de materiais então $prec(u) = \emptyset$, mas se u não é a primeira operação deste artigo, então $prec(u)$ resulta na operação que precede u no sub-processo de fabricação de p , e assim por diante se define todo o conjunto prec e suc.

- **Determinação do tempo de processamento do lote $to(u)$:** Seja n o tamanho do lote de produção de uma ordem de produção o , seja $ts(u)$ o tempo de Setup de uma operação u e $top(u)$ o tempo de execução de uma unidade da ordem de produção o . Assim $to(u)$ será $ts(u) + n * top(u)$.

- **Determinação do tempo mais cedo de início de uma operação $I(u)$:** O tempo mais cedo de início de uma operação u , é obtido determinando o mínimo $I(u)$ tal que, $I(u) \geq tiop$ onde $tiop$ é o tempo de início da ordem de produção o , $I(u) \geq tiu(u)$ onde $tiu(u)$ é o tempo de início da operação u e $I(u) \geq \max(prec(u))$. É necessário também que exista a disponibilidade de recursos para executar esta operação de $I(u)$ até $(I(u)+t(u))$, onde $t(u)$ é o tempo total de processamento da operação u .

A seguir o algoritmo MASGA:

Seja:

$PS(i)$ = Programação parcial no estágio i , correspondente ao conjunto de operações para o artigo p já programada para o estágio i

$S(i)$ = Conjunto de operações programáveis para o estágio i , que corresponde ao conjunto de operações do estágio na qual todas as operações precedentes já estão em PS

$RCO(\phi^*)$ = Conjunto de recursos que podem ser usados para completar a operação u^* no tempo ϕ^*

$NP(o)$ = Número de artigos que precedem o artigo p na lista de materiais na ordem de produção o

$ITR(u)$ = Conjunto de recursos selecionados para processar a operação u

1. $i = 0$; $PS(i) = \emptyset$; $S(i) = \emptyset$
2. Para cada artigo p no qual $NP(o) = 0$, randomicamente selecione uma rota do primeiro sub-processo do artigo p e insira a primeira operação da rota escolhida em $S(i)$
3. Para todas as operações u do conjunto $S(i)$ tal que u é a primeira operação do sub-processo e $\text{suc}(u) \neq \emptyset$, randomicamente selecione uma rota do conjunto de rotas alternativas dos sub-processos que sucedem este sub-processo
4. Determine o tempo mínimo de término das operações $\{I(u) + t(u)\}$ de $S(i)$ e armazene em ϕ^*
5. Sendo u^* a operação relacionada com o tempo ϕ^* . Determine $RCO(\phi^*)$
6. Determine o conjunto $S(i)'$ que está contido em $S(i)$ tal que $S(i)'$ é todas as operações u que pertencem a $S(i)$ e $I(u) \leq \phi^*$ e o processamento da operação u de $I(u)$ até $I(u) + t(u)$ usa recursos que estão contidos no conjunto $RCO(\phi^*)$
7. Randomicamente selecione uma operação u de $S(i)'$ para ser programada em seguida
8. Randomicamente selecione um recurso do conjunto de recursos $ITR(u)$ para processar a operação u de $I(u)$ até $I(u)+t(u)$
9. Construa $PS(i+1)$ adicionando u a $PS(i)$. Construa $S(i+1)$ removendo u de $S(i)$
10. $i = i + 1$

11. Se $S(i) \neq \emptyset$ retorne ao passo 3, senão pare e calcule o valor da função de avaliação.

Com o conjunto de operações programadas, pode-se avaliar o resultado do algoritmo e aceitar ou descartar a solução, uma vez que existem diversos passos que usam métodos randômicos, cada nova execução do algoritmo gerará uma solução ativa diferente, cabendo a função de avaliação executar o algoritmo até encontrar um valor satisfatório. Para se aumentar o rendimento do algoritmo, pode-se incrementá-lo, adicionando algumas regras heurísticas, ou outras técnicas como a do OPT descrita a seguir.

4.4.3.1. Uso da teoria da produção otimizada OPT

O objeto gerenciador da programação da produção, visando incrementar a performance no cálculo das programações e modelar outras características do processo produtivo, pode atuar diretamente em diversas regras do OPT, mas a regra que diz respeito aos lotes de transportes em particular, pode aumentar consideravelmente a eficiência do algoritmo MASGA, o estudo da implementação desta regra foi realizado da seguinte forma:

Seja $\alpha(u)$ o lote mínimo de transporte de uma operação u , que é definido como o número mínimo de partes de um lote de fabricação de tamanho n que pode ser transportado após o término da operação u , de forma que a taxa $n/\alpha(u)$ é um inteiro. Sendo $ts(u)$ o tempo de setup de uma operação u , $tsuc(u)$ o tempo de execução da operação sucessora a u e $top(u)$ o tempo de execução de uma unidade da operação u , o cálculo de $to(u)$ será:

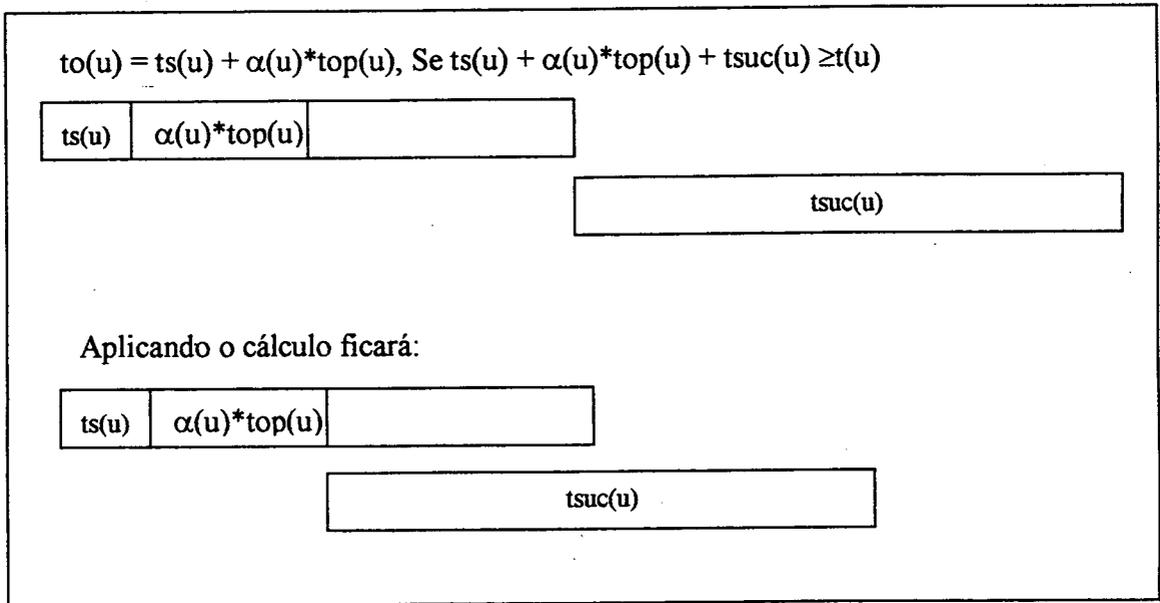


Figura 24: Aplicação da teoria da produção otimizada para lote de transporte – situação 1

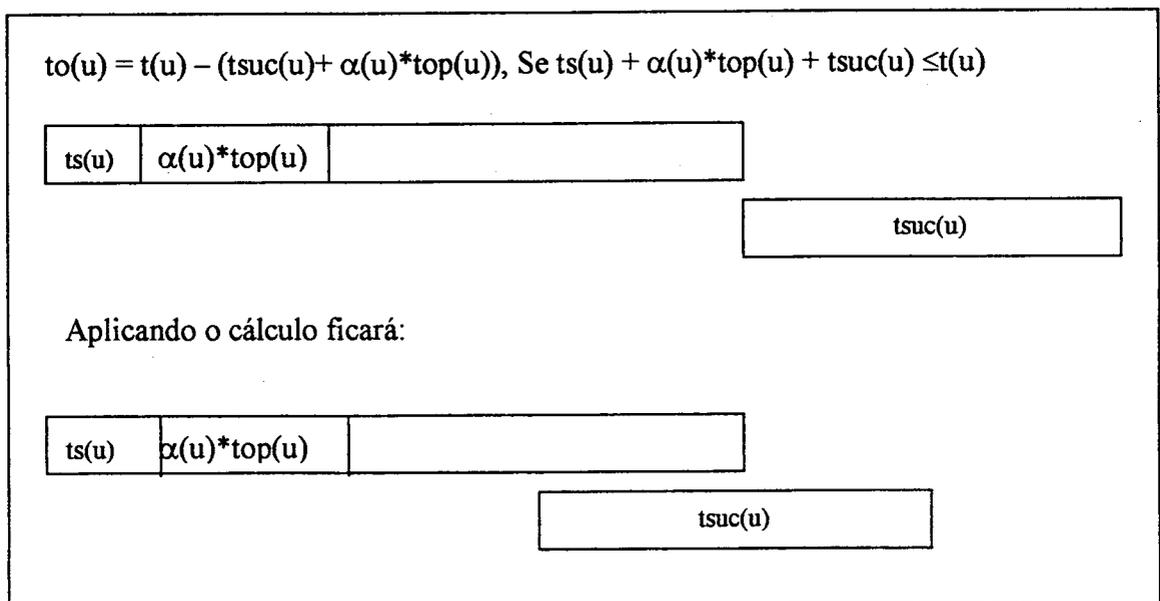


Figura 25: Aplicação da teoria da produção otimizada para lote de transporte – situação 2

Aplicando este cálculo no passo 4 do algoritmo MASGA, esta regra da OPT estará caracterizada na saída da programação da produção, disponibilizada pelo objeto gerenciador de programação da produção.

As funções de avaliação para os resultados do MASGA podem ser definidas utilizando diversos critérios, como a taxa de utilização de recursos, o estoque entre processo, o nível de gargalo, o tempo de produção, etc. De acordo com os critérios usados na função de avaliação o algoritmo trabalhará mais parecido com uma determinada técnica/filosofia, como JIT ou OPT, este ponto será tratado posteriormente na análise e implementação do sistema.

4.4.4. Objeto gerenciador de controle de estoques

O objeto gerenciador de controle de estoques, possui por função dar subsídios para que as ordens de produção sejam realizadas como o programado, fornecendo informações relevantes para o controle de produção, sobre o níveis de estoques específicos e em processo, tanto de matéria-prima, como de produtos em fabricação e acabados. À partir destas informações, como será visto à seguir, o objeto gerenciador de controle de produção realizará entre outras funções as ordens de requisição de materiais.

O modelo apresentado propõe que a necessidade de artigos a serem processados por uma operação, estarão sendo gerados por sua operação predecessora paralelamente⁵⁵, sendo abastecido de acordo com o lote de transporte; considerando também estoques intermediários que atuarão como supermercados. O controle dos estoques entre processos, é realizado nos artigos que se encontram antes de cada operação esperando para serem processados. Como será visto na operacionalização do sistema, quanto menor este número de artigos, menor a amortização dos problemas de produção, indo mais ao encontro com as filosofias JIT e TQC e reduzindo a manutenção de estoques entre processos.

À seguir é apresentado um esquema típico da estrutura produtiva de uma PMI.

⁵⁵ No caso de aquisição de artigos comprados de terceiros ou matéria-prima, a operação de compra é considerada uma operação produtiva.

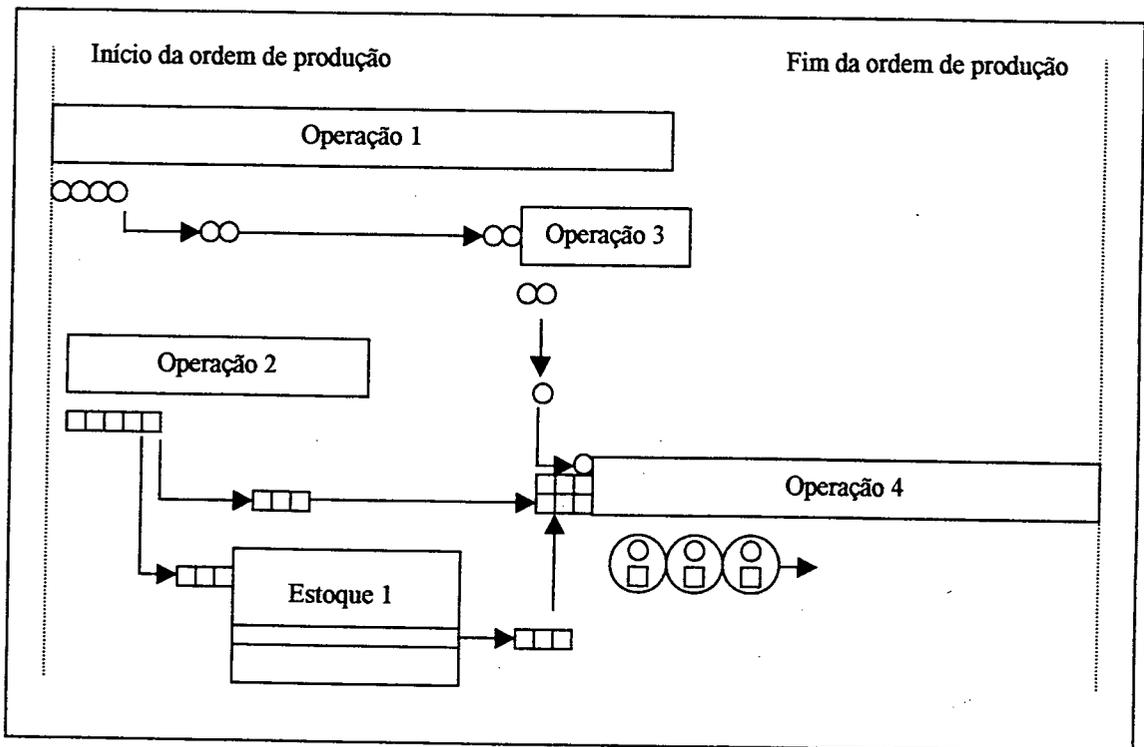


Figura 26: Esquema de movimentação de artigos em estoques

De acordo com a figura anterior, a “Operação 3” é sucessora da “Operação 1”, quando o lote de transporte da “Operação 1” foi processado e transportado até a “Operação 3” esta já poderia iniciar o processamento, como a “Operação 3” possui um tempo de processamento menor que a sua predecessora, a mesma esperou até que uma quantidade suficiente de artigos tenham sido processados, para que seu processamento não terminasse antes de sua predecessora⁵⁶. A “Operação 4” depende por sua vez das “Operações 2 e 3”, no exemplo, para que não ficasse uma quantidade demasiada de artigos produzidos pela “Operação 2” em processo, os mesmos foram dirigidos a um estoque intermediário e depois redirecionados a “Operação 4”.

O algoritmo no qual o objeto está baseado, à partir do conjunto de operações programadas para uma ordem de produção e das operações antecessoras a cada operação desta ordem, proveniente do objeto gerenciador de programação da produção, calcula,

⁵⁶ Este cálculo é realizado pelo objeto de programação da produção

utilizando também informações sobre a estrutura do produto, a posição do nível de artigos entre processos e dos estoques específicos para todas as operações.

Seja:

$P(u)$ = Artigo (acabado ou não) resultante do processamento de uma operação u .

$QP(p, u)$ = Quantidade de um artigo p necessário na estrutura de materiais, para executar uma unidade de $P(u)$

OP = Conjunto de ordens de produção em aberto e que já foram iniciadas

$PS(o)$ = Conjunto de operações programadas para a ordem de produção o

$Prec(u)$ = Conjunto de operações predecessoras a operação u tal que estejam em $PS(o)$

$Exe(t, u, o)$ = Somatória de artigos p processados pela operação u no tempo t , correspondente a ordem de produção o

$Ent(t, u, o)$ = Somatória de artigos p processados pela operação u e que deram entrada em estoques no tempo t , correspondente a ordem de produção o

$Sai(t, p, u, o)$ = Somatória de artigos p que saíram do estoque para uma operação u no tempo t , correspondente a ordem de produção o

$EP(t, p, u, o)$ = Somatória de artigos p em estoques em processo de uma operação u no tempo t , correspondente a ordem de produção o

1. T = tempo atual
2. Para cada operação u faça:
3. Para cada ordem de produção o em OP tal que u esteja em $PS(o)$ faça:
4. $tiop$ = Tempo de início da ordem de produção o
5. Selecione cada operação predecessora à operação u que esteja em $PS(o)$ e armazene em $Prec(u)$
6. Para cada operação pu em $Prec(u)$ faça:

$$EP(T, P(pu), u, o) = \sum_{t=tiop}^T Exe(t, pu, o) + \sum_{t=tiop}^T Sai(t, P(pu), u, o) - \left(\sum_{t=tiop}^T Ent(t, pu, o) + \sum_{t=tiop}^T Exe(t, u, o) * QP(P(pu), u) \right)$$

Usando este algoritmo, o objeto gerenciador de controle de estoques disponibiliza em sua interface informações sobre os estoques em processo de um artigo que será processado em uma dada operação, via a matriz de dados “EP”. Também é disponibilizado em sua interface na matriz “EXE”, o montante de artigos executados por uma operação produtiva e também nas matrizes “ENT” e “SAI” as quantidades de artigos que entraram e saíram em estoques específicos.

4.4.5. Objeto gerenciador de controle de produção

O objeto gerenciador de controle de produção, à partir das informações sobre o programado, disponíveis no objeto gerenciador de programação da produção, e o realizado, obtido do objeto gerenciador de controle de estoques, é responsável por gerir e controlar a produção, fornecendo ferramentas para que a fabricação dos artigos a serem produzidos, ocorra dentro dos padrões definidos de tempo, qualidade e custos.

Para alcançar tais objetivos, o objeto gerenciador de controle de produção é modelado à partir da seguinte lógica: À partir das operações programadas para cada ordem de produção, disponível no objeto gerenciador de programação da produção, e da disponibilidade dos recursos programados para cada operação⁵⁷, é disparado um aviso para que se inicie a operação programada. Neste momento, é requisitado do objeto gerenciador de controle de estoques, a posição dos estoques em processo da operação; caso artigos processados pela sua operação predecessora já estejam disponíveis nestes estoques é iniciado então a operação programada; caso estes artigos tenha sido dirigido a estoques específicos, é emitido uma requisição para a liberação destes artigos nos mesmos.

Este é o caso ideal, no qual o realizado ocorreu como o planejado, mas na operacionalização do sistema no ambiente industrial, em geral diversas situações típicas podem ocorrer, sendo que sua modelagem lógica deve ser flexível o suficiente para

⁵⁷ Esta informação é obtida por meio dos reportes de consumo de recursos, que será visto na implantação e operacionalização do módulo de controle de produção

absorver as nuances do ambiente real de produção; à seguir é descrito alguns destes imprevistos produtivos:

- *Situação 1* – Falha de recurso: Quando ocorre falha de recurso (ex. quebra de máquina, acidente no trabalho com operário), a menos que se reponha as horas perdidas de alguma forma (ex. hora-extra), no final programado da operação haverá um saldo menor de artigos produzidos que o planejado.

- *Situação 2* – Atraso de produção, Refugo ou Retrabalho: Nestes casos, da mesma forma, no momento de finalização da operação existirá um número menor que o planejado de artigos produzidos.

Quanto mais o ambiente de produção refletir as filosofias nas quais o sistema se baseia (JIT/TQC), menor será a verificação destes percalços. Pode-se usar o registro pelo sistema destas situações como parâmetro para se avaliar o grau de adequação da indústria com as filosofias de produção definidas e o nível de eficiência alcançado em seu processo produtivo. Mas independente do esforço envolvido pela indústria para se alcançar a eficácia na produção, anomalias podem ocorrer, nestes casos, o objeto gerenciador de controle de produção irá agir das seguintes formas:

Dentre as soluções apresentadas pelo objeto, pode-se gerar automaticamente uma requisição ao estoque de segurança, dos artigos necessários para completar a ordem de produção daquela operação, para que sua operação sucessora não sofra nenhuma alteração. Esta solução é a mais simples apresentada pelo objeto gerenciador de controle da produção, mas depende do nível de estoques de segurança da indústria, e como foi definido no capítulo anterior, quanto maior o nível de estoques maiores os problemas ocasionados para a gestão da produção, indo contra a filosofia JIT e CQT. Sendo assim a utilização desta alternativa produziria o produto no tempo correto, mas elevaria os custos e diminuiria o controle de qualidade.

Uma outra alternativa, é alocar mais recursos similares aos recursos que apresentaram falha ou atrasos, uma vez que existam recursos que não estejam sendo

usados por nenhuma outra operação naquele espaço de tempo. Para permitir esta funcionalidade, o objeto gerenciador de controle da produção gera a disponibilidade de todos os recursos produtivos à partir do seu nível de consumo, que em conjunto com os sub-sistemas de interface do usuário possibilita uma maneira conveniente de se realizar estas manutenções de recursos; estes pontos serão tratados no próximo capítulo. Utilizando esta metodologia, pode-se concluir que teremos um acréscimo dos custos de produção pois se utilizará mais recursos que o programado, mas sem ocasionar grandes transtornos nos tempos de produção e qualidade.

É possível ainda que o objeto gerenciador de controle de produção atrase todas as operações sucessoras à que se atrasou, e conseqüentemente todas as operações de outras ordens de produção que iriam usar os recursos da operação que se atrasou. Tomando esta iniciativa, é imprevisível o impacto que poderá causar nas outras programações de produção, pois atrasando qualquer operação de uma programação é necessário atrasar todas as suas operações sucessoras, seguindo este raciocínio em cascata para todas as ordens de produção; esta alternativa apesar de não causar alterações significativas nos custos e qualidade de fabricação, pode atrasar o tempo de fabricação além desta ordem de produção, como também de diversas outras que estarão sendo fabricadas em paralelo.

Esta opção é ilustrada na figura à seguir:

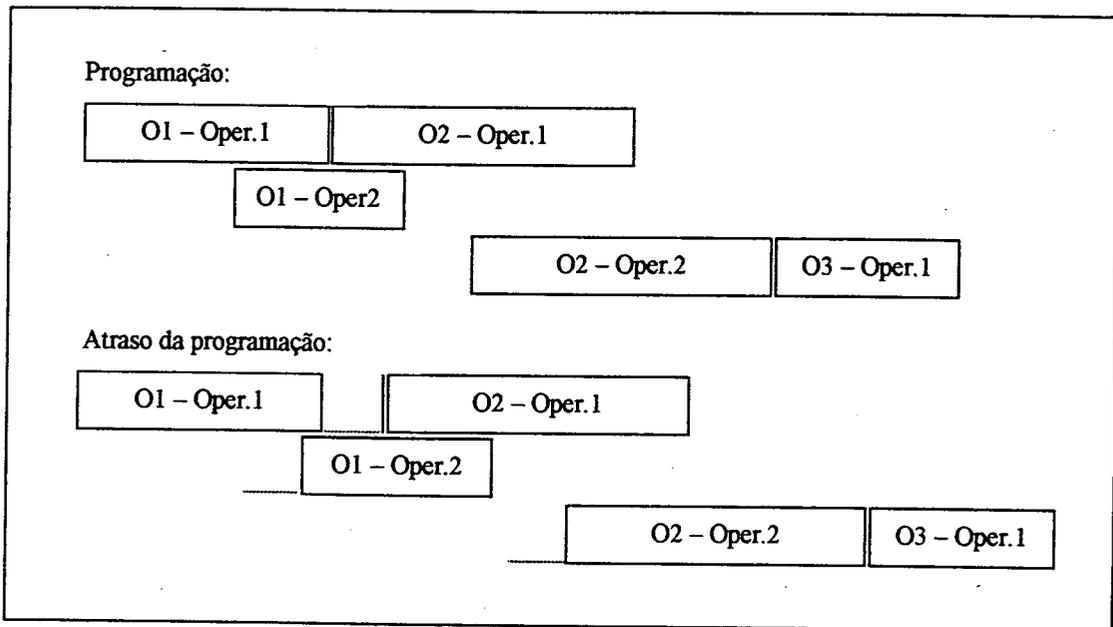


Figura 27: Atraso de uma operação programada

No esquema, ocorreu um atraso na “Operação 1” da “Ordem 1”, sendo necessário atrasar também a “Operação 2” desta ordem, pois esta é sucessora da primeira. Estava programado o uso dos recursos da “Operação 1” da “Ordem 1” pela “Operação 1” da “Ordem 2” que foi atrasada para refletir a alteração no planejamento. Atrasando a “Operação 1” da “Ordem 2” não causou nenhum conflito com outra ordem de produção, já que havia nada planejado usando seus recursos, mas foi necessário atrasar sua operação sucessora, a “Operação 2” da “Ordem 2”, o que por sua vez causou um conflito com a “Operação 1” da “Ordem 3” que necessitou ser atrasada. Este raciocínio é seguido até que se acerte todas as programações planejadas.

À seguir a modelagem da lógica do objeto gerenciador de controle de produção:

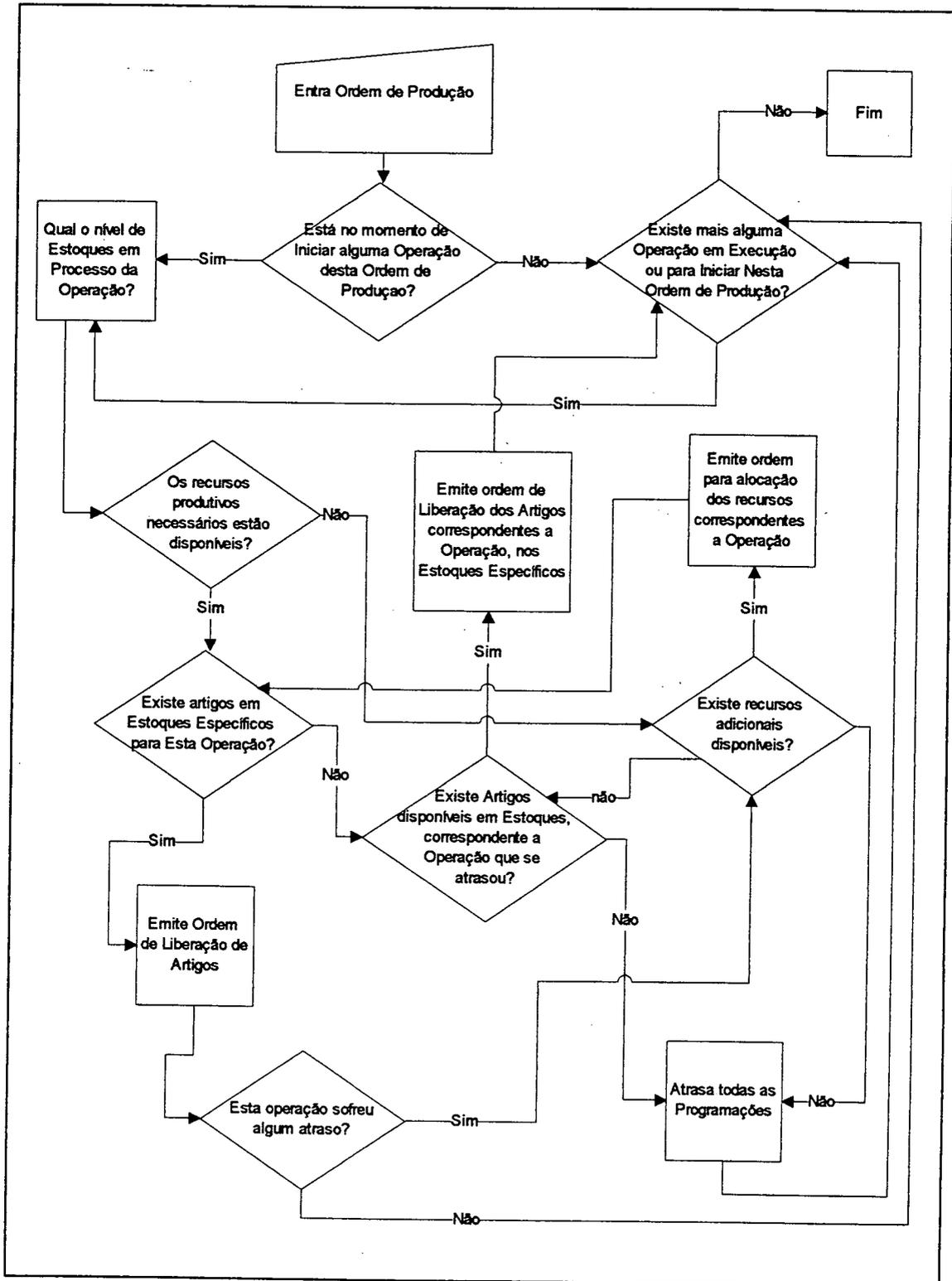


Figura 28: Lógica interna do objeto gerenciador de controle de produção

É importante frisar, que a maneira na qual o objeto de controle de produção irá atuar, depende do ambiente de produção da industria em questão, além das estratégias de produção adotadas pela mesma. Sendo que o intuito de adicionar diferentes metodologias para decisões no controle de produção, foi justamente dar flexibilidade ao sistema.

Em seguida é apresentado o algoritmo utilizado pelo objeto gerenciador de controle da produção para realizar o atraso da produção.

Seja:

OP = Conjunto de ordens de produção, em aberto

PS(o) = Conjunto de operações programadas para a ordem de produção o

Suc(u) = Conjunto de operações sucessoras a operação u

R(u) = Conjunto de recursos programados para a operação u

Tiu(u) = Tempo de início de uma operação u

Tu(u) = Tempo de fim de uma operação u

T = Tempo de atraso

CUt(Ut) = Conjunto de operações ut que devem ser replanejadas

1. Adicione a operação que atrasou a CUt
2. Selecione o primeiro item Ut de CUt
3. Para cada ordem de produção o que possua operações que usam recursos contidos em R(Ut) faça:
 4. Para cada operação u contida em o, que use recursos contidos em R(Ut) e que possua Tiu(u) menor que Tu(Ut)+T e que Tu(u) seja maior que Tiu(Ut) faça:
 5. $Tiu(u) = Tiu(u)+T$ e adicione u a CUt
 6. Para cada operação su contida em em suc(Ut) faça:
 7. $Tiu(su) = Tiu(su)+T$ e adicione su a CUt
 8. Retire Ut de CUt
 9. Se CUt = \emptyset então fim senão volte ao passo 2

Desta forma, o objeto gerenciador de controle da produção irá atuar como o ponto principal no processo de operacionalização do sistema, fornecendo as bases para que as ações produtivas possam acontecer. É previsível que o nível de requisição deste objeto seja bastante elevado, assim como dos objetos nos quais este recebe algum tipo de serviço (objeto gerenciador de programação da produção e controle de estoques), justificando a arquitetura utilizada na construção do sistema, uma vez que vários objetos de controle de produção podem ser disparados ao mesmo tempo, elevando a performance e integração do sistema.

4.4.6. Objeto gerenciador de custos industriais

Para finalizar o estudo dos objetos gerenciadores, a modelagem do objeto gerenciador de custos industriais, visa fornecer ao sistema subsídios para a tomada de decisões, assim como auxiliar na gestão da produção como ferramenta complementadora de qualidade e melhoria do processo produtivo.

Com o objetivo de modelar o objeto de custos industriais, seguindo a unificação das variáveis de produção e a integração das técnicas utilizadas, no capítulo anterior foi traçado um paralelo entre diversas técnicas de custeio industrial, assim como as vantagens advindas do uso da técnica de custeio baseado em atividades.

Como citado por Cogan (Cogan 1997), os resultados da técnica de custeio ABC serão tão mais criteriosos, quanto maior o nível de especificação das atividades e de sua mensuração.

Na realidade do ambiente produtivo industrial, é demasiado complexo medir o consumo de recursos diretamente das operações produtivas para uma ordem de produção específica, devido ao grande volume de informações necessárias e da diversidade destas operações. De fato, uma ordem de produção pode seguir diversas rotas distintas, sendo que

cada rota por sua vez também é formada por operações distintas (como visto anteriormente), além de se obter informações à respeito da execução das atividades que compõe uma operação, nível de consumo de recursos e eficiência.

Estas dificuldades são contornadas com o uso da modelagem baseada em objetos distribuídos. As informações necessárias à respeito das rotas e operações produtivas, são fornecidas pelo objeto gerenciador de fluxograma de fabricação e pelo objeto gerenciador de programação da produção; enquanto dados sobre o andamento dos centros de atividades e consumo de recursos são fornecidos pelo objeto gerenciador de controle de produção, diminuindo esforços necessários para a operacionalização da mensuração dos custos industriais.

As diversas informações sobre cada ordem de produção serão armazenadas em um banco de dados por objetos específicos que estão distribuídos pelo sistema. Para se aplicar o custeio ABC e se obter dados sobre as atividades e o processo produtivo, o objeto gerenciador de custos solicita os serviços dos outros objetos, conseguindo as informações necessárias, para que assim possa proceder os cálculos. Este processo segue a seguinte modelagem:

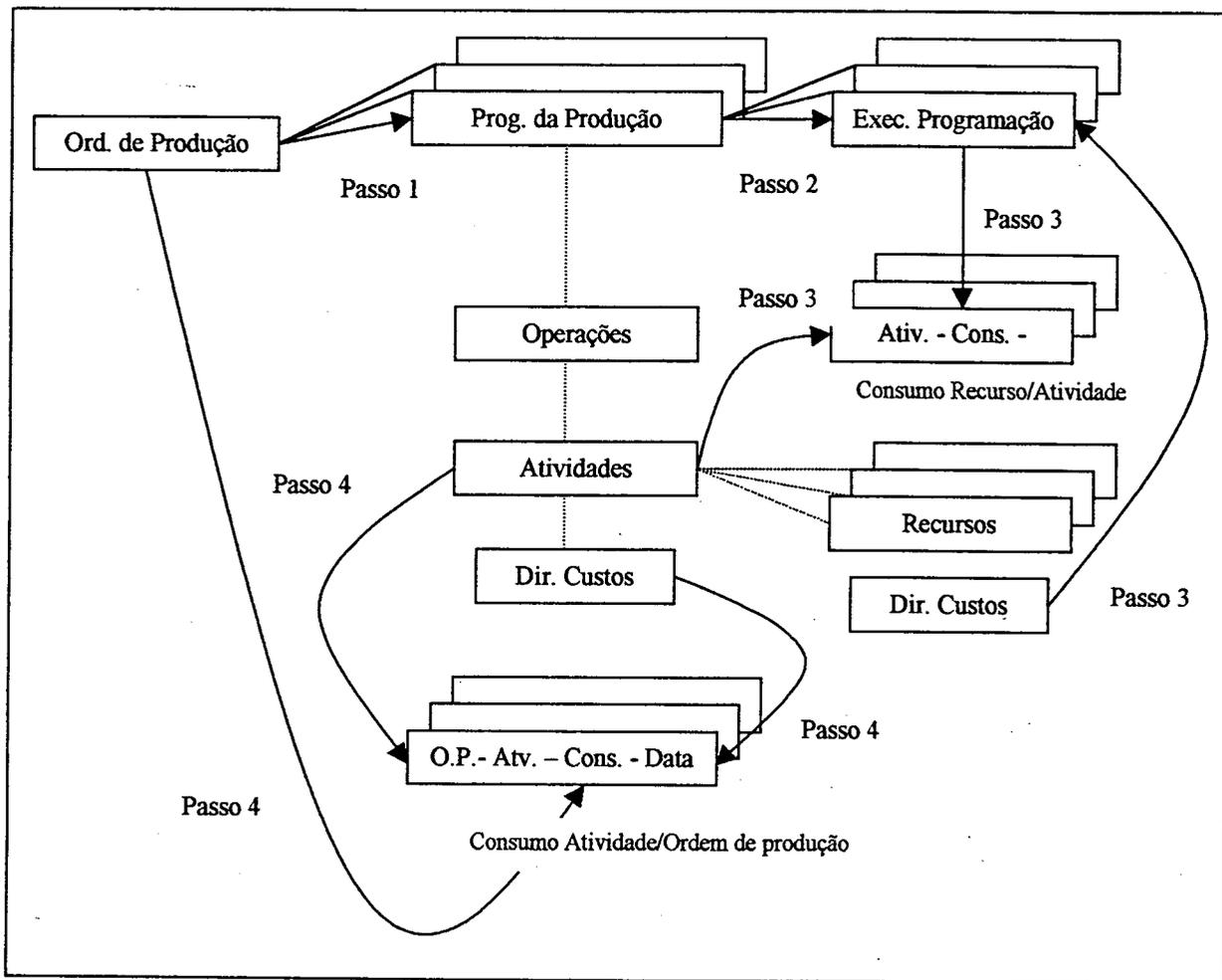


Figura 29: Lógica de funcionamento do objeto de custos industriais

De acordo com o esquema, uma ordem de produção é relacionada, com diversas programações de produção. Cada programação de produção é relacionada com uma operação produtiva e toda operação produtiva, por sua vez, é relacionada com uma atividade que possui um direcionador de custos apropriado além de estar relacionada com diversos recursos necessários para a sua execução, estas informações estão disponíveis nos objetos gerenciadores de programação da produção e fluxograma de processo.

No momento da execução das programações de produção, para cada reporte de execução da produção, é armazenado o consumo de recursos por atividade. Isto é feito, de acordo com a atividade envolvida com a operação executada, gerando um reporte de consumo de recursos, para cada recurso relacionado com a atividade em questão, segundo

o direcionador de custos de cada recurso específico, e a data na qual o recurso foi consumido.

Da mesma forma, para reportar o consumo de atividades por ordem de produção, para cada reporte de execução de operação, sabe-se a programação de operação que gerou aquele reporte e seguindo o relacionamento consegue-se saber a ordem de produção responsável. De posse destas informações, realiza-se o reporte de consumo de atividades pelas ordens de produção, segundo o direcionador de custos de cada atividade e a data na qual aquela atividade foi consumida.

Quanto ao gerenciamento de custos indiretos, o consumo de recursos pelas atividades não estão relacionados com uma execução programada (ex. treinamento, inspeção de qualidade, contato com fornecedores, entre outros). Nesta situação o reporte de consumo de recursos é realizado pelos próprios recursos ou responsáveis pelos mesmos, segundo o direcionador deste recurso e a atividade que o mesmo está executando. Quanto ao consumo das atividades pelas ordens de produção, é realizado da mesma forma, uma vez que as atividades indiretas de produção também estão relacionadas com as ordens de produção.

Apesar da complexidade do modelo, estas informações, como foi visto, estão disponíveis nas interfaces dos outros objetos modelados, podendo-se automatizar todo este processo para se alcançar as funcionalidades necessárias, ou seja, conhecer o custo total de uma atividade produtiva, para que a mesma possa ser avaliada convenientemente quanto ao nível de valor que agrega ao produto final, e também o custo total de uma ordem de produção, para a composição do preço do produto.

Esta automação foi modelada no objeto de acordo com o seguinte algoritmo:

Seja:

OP = Conjunto de Ordens de Produção em aberto

A = Conjunto de Atividades mapeadas em todo o processo produtivo

R = Conjunto de recursos diretos e indiretos

VDR(r) = Valor de um direcionador de custos de um recurso

VDA(a) = Valor de um direcionador de custos de uma atividade

CR(r, a, Δt) = Consumo de um recurso r por uma atividade a no período de tempo Δt

CA(a, o, Δt) = Consumo de uma atividade a r por uma ordem de produção o no período de tempo Δt

CTOP(o) = Custo total de uma ordem de produção o

CTA(a, Δt) = Custo total da atividade a no período Δt

Para se calcular CTA:

1. Para cada atividade a contida em A faça:
2. Para cada recurso produtivo r contido em R faça:
3. $CTA(a, \Delta t) = CTA(a, \Delta t) + CR(r, a, \Delta t) * VDR(r)$

Para se calcular CTOP:

1. Para cada ordem de produção o contido em OP faça:
2. Para cada atividade a contida em A faça:
3. $CTOP(o) = CTOP(o) + CA(a, o, \Delta t) * VDA(a)$

Desta forma, o objeto gerenciador de custos industriais disponibiliza em sua interface os custos totais das atividades de produção “CTA” e os custos totais das ordens de produção “CTOP”. Uma vez de posse destas informações os sub-sistemas podem usá-la para diversos fins como: análise da eficiência da produção, análise de valor agregado, variações do processo produtivo, entre outros.

4.5. Modelagem da camada de banco de dados

Por fim, a camada de banco de dados será responsável por manter de forma eficiente todos os dados gerados pelo sistema, assim como permitir o acesso e manutenção destes dados, para isto é utilizado o modelo de banco de dados relacional. Esta camada se comunica com a camada de objetos via “*drives*” de acesso, que são disponibilizados pelo fabricante do gerenciador de bancos de dados relacional que a indústria optar.

Como foi discutido, os objetos gerenciadores devem acessar as informações necessárias para a realização dos cálculos e os objetos servidores de dados devem, por sua vez, acessar e aplicar informações requisitadas pelos sub-sistemas. Para alcançar estas funcionalidades, as ferramentas de gerenciamento de banco de dados relacional apresentam a característica cliente/servidor, se adequando à arquitetura proposta, e suportam a modelagem do banco de dados de acordo com a lógica do sistema, disponibilizando aos objetos, procedimentos convenientes para o acesso e manutenção destes dados.

Gerenciadores de banco de dados relacionais, utilizam tabelas bidimensionais para armazenar todos os dados do sistema, nestas tabelas os dados estão distribuídos em colunas ou campos, no qual ao menos um campo é definido como campo chave, os dados deste campo são unicamente definidos, não permitindo repetições. À partir dos campos chaves, definem-se os relacionamentos entre as tabelas para representar a modelagem do sistema, sendo que todos os campos de uma tabela dependem apenas do campo chave. Esta característica é conhecida como normalização, somente os dados armazenados no formato normal garantem que atualizações e cadastro de informações serão consistentes.

Acessos aos dados armazenados em bancos de dados relacionais, utilizam a padronização da linguagem SQL (Structured Query Language). Sendo assim, a camada de objetos utilizará a linguagem SQL para implementar a modelagem dos algoritmos, atualizar e cadastrar informações no banco de dados.

Para que a modelagem do banco de dados reflita a modelagem do sistema, os dados são agrupados nas tabelas de acordo com a estrutura dos objetos e dos sub-sistemas, seguindo a forma normal de dados. Visando gerar um modelo específico de sistema para PMI's, a modelagem do banco de dados, assim como o dicionário de dados⁵⁸ estão descritos no apêndice A.

⁵⁸ Documentação de todas as tabelas, relacionamentos e restrições do banco de dados

Capítulo 5

Implantação e Operacionalização do Sistema distribuído de Gestão da Produção

5.1. Introdução

Para que o sistema distribuído de gestão seja aplicável, é necessário que utilize técnicas flexíveis o suficiente, para se adaptar à grande maioria do universo de produção das PMI's; além de possuir requisitos de tecnologia de informação que esteja ao alcance deste setor.

Duas ações principais foram tomadas visando atingir estes objetivos. No que tange à flexibilidade, as técnicas de gestão foram utilizadas de maneira integrada visando unificar as variáveis de produção e generalizar sua obtenção. Já no que se refere à tecnologia da informação, o uso de objetos distribuídos procura dar agilidade e interoperação ao sistema, integrando elementos, ganhando performance e independência da plataforma computacional.

Sendo assim, uma vez realizado a modelagem do sistema distribuído de gestão da produção, para que uma indústria possa usá-lo efetivamente, é necessário que se agrupe as diferentes áreas industriais em sub-sistemas especializados, de forma que possa ser implantado de acordo com a estrutura produtiva industrial, e operacionalizado segundo seu processo de produção. Este capítulo, à partir do ambiente industrial das PMI's, propõe os diferentes sub-sistemas de acordo com a área de atuação industrial, seguido do seu processo de implantação e operacionalização.

5.2. Processo de implantação do sistema

Um dos grandes desafios na utilização de um sistema informático de gestão da produção, se encontra justamente no seu processo de implantação; exigindo grande investimentos em consultoria, tornando muitas vezes inviáveis às PMI's. Para sanar esta limitação, este trabalho pretende racionalizar o processo de implantação, através da unificação das variáveis de produção no sentido de agilizar e simplificar este processo.

Resumidamente, o processo de implantação se inicia com o levantamento dos artigos utilizados e produzidos pela indústria assim como suas estruturas; em seguida é realizado o levantamento de todos os recursos produtivos diretos e indiretos e mapeado todas as atividades que compõe o processo produtivo e os seus respectivos direcionadores de custos. O próximo passo é identificar os fluxogramas de fabricação, seus sub-processos, rotas e operações sendo que para estas últimas serão estudadas as variáveis de processamento, como tempo de execução e de preparo e a atividade que a operação executa. O último passo na implantação é mapear e caracterizar todos estoques que compõe a estrutura de produção industrial. Visando agilizar este esquema, todas estas ações são agrupadas nos sub-sistemas tratados à seguir.

5.2.1. Cadastro e manutenção de listas de materiais

Ao implantar o sistema de gestão a primeira ação a ser feita, é informar todos os artigos usados e fabricados no processo de produção industrial. Estas informações devem ser cadastradas⁵⁹ nas tabelas correspondentes do banco de dados relacional (conforme definido no Apêndice A), tornando estes artigos aptos a serem incluídos nos processos de fabricação. Para facilitar esta tarefa, no ambiente de produção segue-se os seguintes passos:

- Definição de uma metodologia para a classificação dos artigos e matéria-primas⁶⁰;
- Identificação de todos os artigos que a indústria utiliza ou fabrica;
- Separação dos artigos em produtos, sub-conjuntos e componentes, de acordo com sua estrutura;
- Definição de informações complementares (ex. identificador, descrição, código);
- Cadastro do artigo.

Tão importante quanto cadastrar os artigos usados no processo de fabricação industrial, é realizar o cadastro de sua estrutura (lista de materiais), estas ações são realizadas pelo sub-sistema de lista de materiais. O suporte a lista de materiais foi modelado no banco de dados, e este sub-sistema deve prover interfaces com o usuário intuitivas, para que se possa realizar o cadastro das estruturas de maneira simplificada, como definido no esquema à seguir:

⁵⁹ Armazenadas convenientemente no banco de dados do sistema

⁶⁰ Não existe para o sistema de gestão da produção, uma distinção entre artigos comprados ou fabricados e matéria-prima. Matéria-prima para o sistema, é qualquer artigo que não possui artigos filhos e que é adquirido de terceiros, necessitando executar todo o processo de aquisição

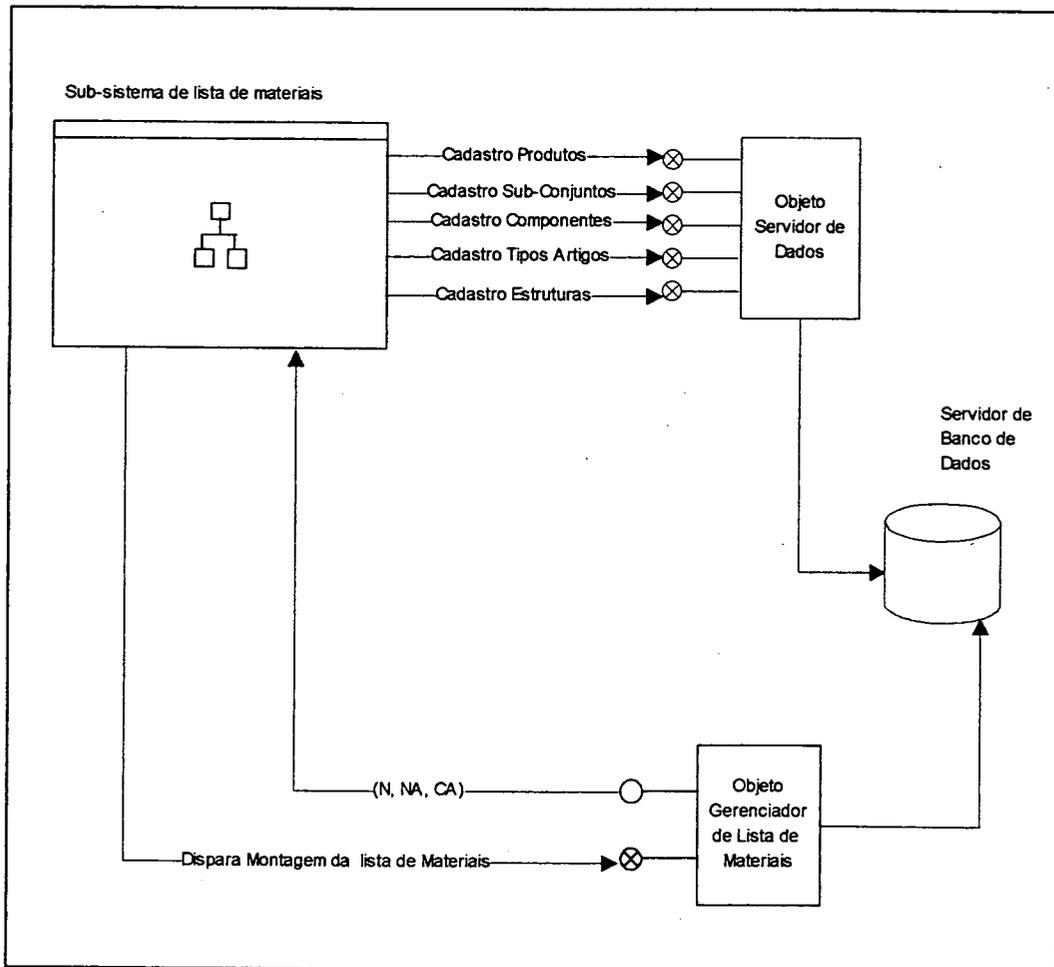


Figura 30: Sub-sistema de listas de materiais

No esquema, o sub-sistema de lista de materiais, usa os serviços do objeto gerenciador de listas de materiais para reconstruir a estrutura do artigo, e disponibilizar esta estrutura para interação com o usuário, além de cadastrar via os objetos servidores de dados as informações no gerenciador de banco de dados. Ao convocar os serviços do objeto gerenciador de listas de materiais (via sua interface), o sub-sistema recebe as seguintes informações:

- N = Número de níveis da lista;
- NA(n) = Número de artigos no nível n;

- CA(n) = Conjunto de artigos no nível n.

Estas informações são suficientes para reconstruir a lista de materiais e facilitar ao usuário cadastrar as estruturas. Como pode-se perceber na figura, o objeto gerenciador de listas de materiais consegue estes dados acessando o servidor de banco de dados. Na aplicação prática deste modelo, pode-se usar computadores separados tanto para o servidor de banco de dados, como para os objetos gerenciadores e o sub-sistema.

5.2.2. Cadastro e manutenção dos tipos de recursos diretos, recursos indiretos e atividades

O segundo passo na implantação do sistema, é realizar um levantamento de todos os recursos diretos⁶¹ e os recursos indiretos⁶² que compõe o processo produtivo; este levantamento é necessário para operacionalizar a técnica de custeio ABC. Como visto no capítulo três o custeio ABC envolve todo o processo de produção e consiste principalmente em rastrear o consumo de recursos pelas atividades produtivas.

Nesta etapa todos os recursos diretos e os recursos indiretos que incorrem em custos devem ser cadastrados, além de cadastrar o tipo ou grupo que o recurso pertence⁶³. Para facilitar esta tarefa pode-se seguir a seguinte metodologia:

- Identificação dos recursos por departamento ou seção;
- Nos departamentos/seções identificação de todos os recursos que resultam em custos (esses recursos podem ser constituídos por materiais, pessoas, instalações, equipamentos entre outros);
- Classificação destes recursos em diretos e indiretos;

⁶¹ Os recursos diretos possuem a característica de serem alocados em uma atividade no momento da programação de produção, enquanto os indiretos não necessitam ser alocados para a realização de uma atividade (ex. energia elétrica)

⁶² Desde mão-de-obra indireta até recursos indiretos como aluguel de prédio e depreciação

⁶³ É importante o cadastro dos tipos de recursos para a posterior alocação destes para as atividades (ex. uma atividade só necessita saber que para ser executada é necessário uma máquina do tipo x, no momento da programação da produção é que será definido qual máquina disponível do tipo x será utilizada)

- Classificação destes recursos por tipos ou grupos;
- Definição de informações complementares (ex. identificador, descrição, código);
- Cadastro dos tipos dos recursos;
- Cadastro dos recursos diretos;
- Cadastro dos recursos indiretos.

Deve ser cadastrado também os direcionadores de custos, que são as unidades de consumo de recursos mensuradas pelas atividades quando em execução.

O próximo passo é cadastrar as atividades. Cada atividade pode possuir um tipo de recurso principal e um conjunto de tipos de recursos de apoio. Esta abordagem é conveniente em indústrias onde geralmente uma atividade produtiva envolve um conjunto de recursos produtivos. Para levantar e cadastrar cada atividade pode-se agir da seguinte forma:

- Identificação das atividades por departamento ou seção;
- Nos departamentos/seções estas atividades são caracterizadas por todas as ações que possuem uma entrada e uma saída e que consomem algum recurso;
- Uma vez definido uma atividade, realiza-se identificação do tipo de recurso principal desta atividade;
- Identificação dos tipos de recursos de apoio usados pela atividade;
- Identificação dos fatores que geram a demanda para esta atividade (ex. número de peças fabricadas, número de lotes inspecionados, tempo de execução), para encontrar o direcionador de custos apropriados;
- Definição de informações complementares (ex. identificador, descrição, código);
- Cadastro da atividade.

O sub-sistema responsável por gerenciar todos os recursos produtivos e as atividades de produção, é o sub-sistema de custos industriais. Para executar eficientemente

estas atividades, este sub-sistema deve fornecer subsídios para que todas estas informações sejam cadastradas e mantidas de maneira ágil, com no esquema a seguir:

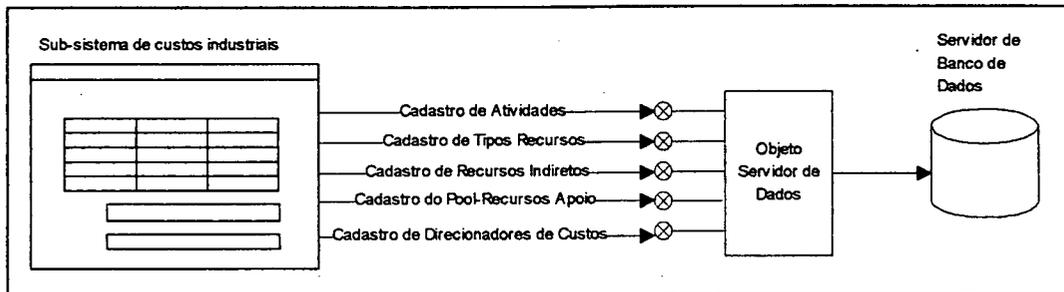


Figura 31: Implantação do sub-sistema de cadastro e manutenção dos tipos de recursos diretos, recursos indiretos e atividades

5.2.3. Cadastro e manutenção do fluxograma de fabricação

Uma vez que exista artigos e suas estruturas, e que estes estejam cadastrados no banco de dados, para que se possa realizar uma programação de produção, é necessário estar de posse do fluxograma de fabricação destes artigos, fornecendo meios para o que se realize o planejamento e controle da produção.

O Fluxograma de fabricação de cada artigo é composto por uma seqüência de sub-processos, estes sub-processos são executados em uma ordem específica e cada sub-processo pode ser constituído de diversas rotas de produção, cada rota é formada por sua vez de uma ou mais operações produtivas sendo que estas operações realizam uma atividade que agrega ou não valor ao artigo⁶⁴.

Ao acoplar diversos sub-processos de artigos isolados em uma estrutura⁶⁵ se obtém o fluxograma de fabricação destes artigos. Para cadastrar estes fluxogramas, só é necessário se preocupar com os sub-processos de cada artigo isolado; os sub-processos dos

⁶⁴ Estas características foram tratadas com detalhes no capítulo anterior

⁶⁵ Lista de materiais

artigos que compõe a estrutura de um produto ou sub-conjunto são acoplados pelo objeto gerenciador de fluxograma de produção, na montagem do fluxograma.

Para se cadastrar os sub-processos de fabricação de um artigo, pode-se usar a seguinte metodologia:

- Agrupamento do processo produtivo de um artigo em uma seqüência ordenada de sub-processos de fabricação⁶⁶;
- Definição de informações complementares para cada sub-processo (ex. identificador, descrição, código);
- Cadastro do sub-processo.

Para cada sub-processo cadastrado faça:

- Identificação de todas as rotas de produção que um artigo neste sub-processo pode percorrer para concluir o seu processamento⁶⁷;
- Definição de informações complementares para cada rota identificada (ex. identificador, descrição, código);
- Cadastro da rota.

Para cada rota cadastrada faça:

- Identificação da seqüência de todas as operações produtivas para a rota em questão;
- Definição da ordem na qual esta operação é executada;
- Levantamento do tempo de preparo para se iniciar a operação;
- Levantamento do tempo de execução da operação;
- Definição do lote de transporte dos artigos processados por esta operação;

⁶⁶ O agrupamento dos sub-processos dependerá das características de cada indústria (ex. tipos de recursos usados, disposição das máquinas, entre outros fatores)

- Identificação da atividade que esta operação executa⁶⁸;
- Definição de informações complementares para esta operação (ex. identificador, descrição, código);
- Cadastro da operação.

O fluxograma de fabricação de um artigo, pode ser complexo caso este artigo possua diversos níveis de montagem em sua estrutura. O desenvolvimento de interfaces com o usuário que simplifique o cadastro destas informações (principalmente de forma gráfica) representa grande fator de sucesso na implantação deste sub-sistema, o uso das informações disponibilizadas pelo objeto gerenciador de fluxograma de processo, é de grande utilidade para sua construção, como no esquema a seguir:

⁶⁷ É importante ressaltar que estas rotas de produção se referem somente ao artigo em questão, não considerando a sua estrutura (lista de materiais)

⁶⁸ Quando se define a atividade correspondente a uma operação, está se definindo também os tipos de recursos diretos que esta operação utiliza

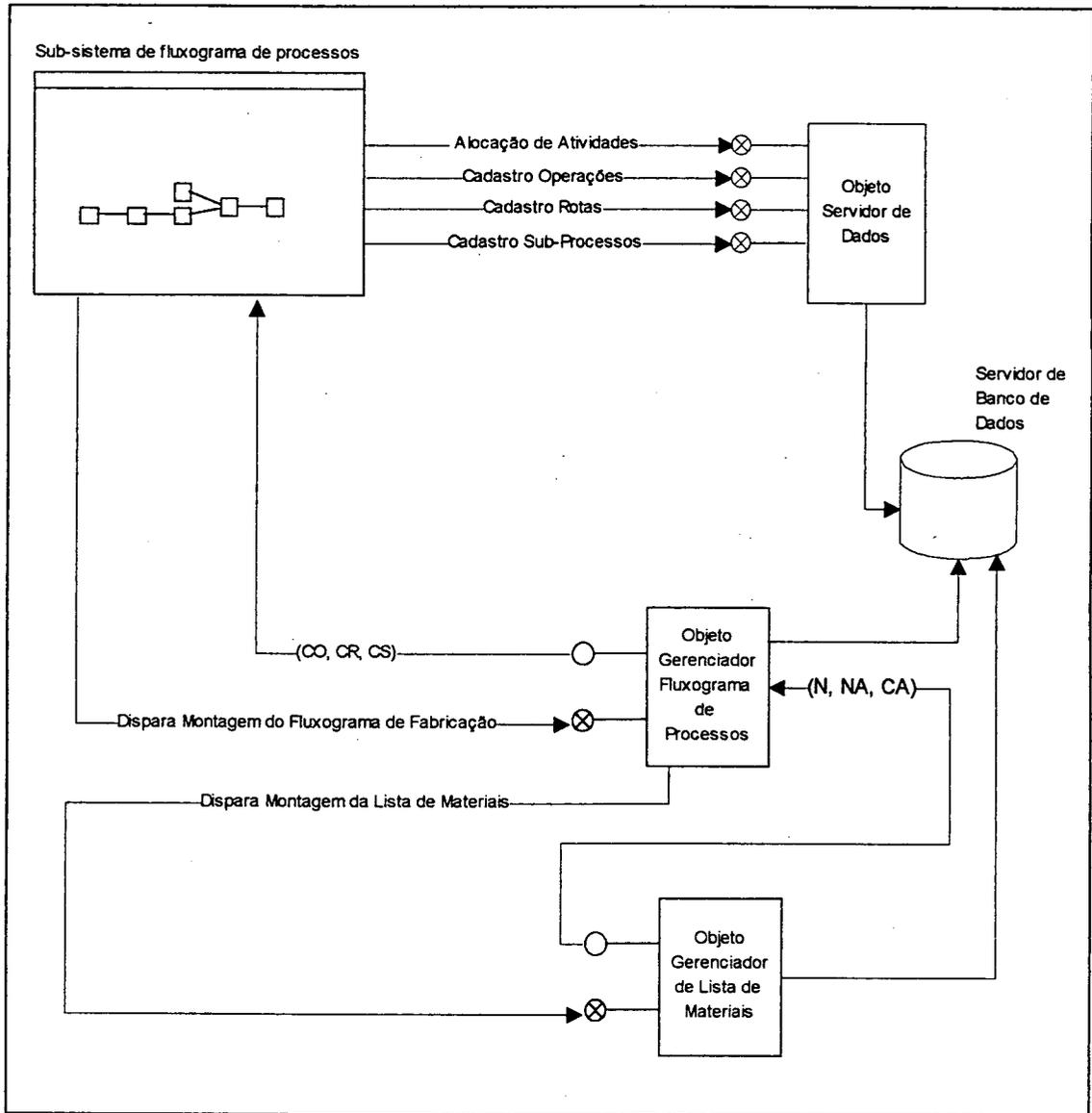


Figura 32: Implantação do sub-sistema de fluxograma de fabricação

No esquema, o sub-sistema de fluxograma de fabricação usa os serviços do objeto gerenciador de fluxograma de processos, que por sua vez usa os serviços do objeto gerenciador de lista de materiais, para montar a estrutura do artigo. Ao requisitar os serviços do objeto gerenciador de fluxograma de processos, o sub-sistema tem acesso às seguintes informações:

- N, NA e CA: provenientes do objeto gerenciador de listas de materiais⁶⁹;
- CS(a): Conjunto de subprocessos de um artigo a;
- CR(s): Conjunto de rotas de um sub-processo s;
- CO(r): Conjunto de operações de uma rota r.

Com estas informações, o sub-sistema de fluxograma de fabricação, pode disponibilizar para o usuário toda a estrutura do fluxograma de fabricação de um artigo.

5.2.4. Cadastro e manutenção dos estoques de produção

Os estoques de artigos, tanto em estoques específicos como em estoques em processo, possuem grande importância na gestão da produção. Como visto no capítulo anterior, para se alcançar a eficiência produtiva deve-se procurar diminuir o nível de artigos armazenados, e um sistema de gestão pretende dar subsídios para que se consiga efetivar estes objetivos, visando o nível mínimo requerido.

A gestão de estoques está associada diretamente à produção, uma vez que controla as entradas e saídas de artigos e matéria-prima, tanto para a produção como também para a distribuição⁷⁰.

Para que o sistema de gestão possa emitir ordens de entrada e saída em estoques, antes é necessário que estes estejam cadastrados no banco de dados, assim como todas as informações necessárias para seu controle no momento da operacionalização. Estas ações são realizadas no sub-sistema de controle de estoques.

Como foi visto no capítulo anterior, existem no ambiente produtivo industrial dois tipos de estoques, os específicos⁷¹ e em processos⁷²; mas somente os estoques específicos

⁶⁹ O significado destas variáveis foi descrita nos tópicos anteriores

⁷⁰ Vendas ou outras saídas

devem ser cadastrados⁷³. Estoques em processo no qual se deseja gerenciar manualmente a entrada e saída de artigos⁷⁴, devem ser cadastrados como estoques específicos.

Para cadastrar os estoques específicos, é necessário os seguintes passos:

- Identificação de todos os pontos de estocagem de artigos ou matérias-primas, na qual é necessário gerenciar manualmente;
- Definição de informações complementares (ex. identificador, descrição, código, características gerais, tamanho);
- Cadastro do estoque.

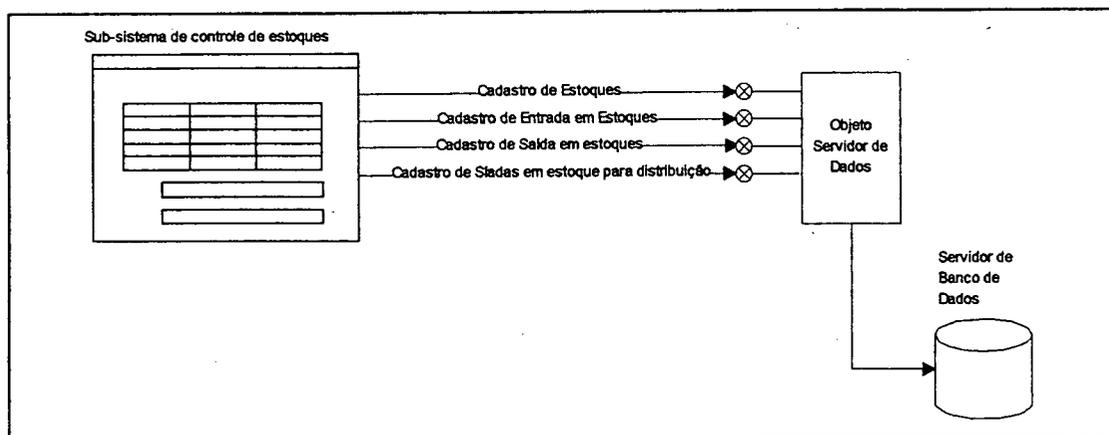


Figura 33: Implantação do sub-sistema de controle de estoques

5.3. Processo de operacionalização do sistema

Operacionalizar o sistema integrado de gestão da produção, significa usar efetivamente o sistema para programar e controlar todo o processo de produção,

⁷¹ Estoques usados para armazenar artigos ou matérias-primas e que são controlados manualmente

⁷² Estes estoques se localizam no próprio processo de produção e são gerenciados e movimentados automaticamente pelo objeto de controle de produção

⁷³ Os estoques em processo é suposto que se encontrem antes de suas respectivas operações

⁷⁴ Como os supermercados no caso do sistema Kanban

movimentação em estoques específicos e em processos além do gerenciamento e alocação dos custos.

É nesta etapa que se emite as ordens de produção, e se reporta a eficiência na execução das atividades produtivas para uma referida ordem de produção, o consumo de recursos e os custos de cada recurso produtivo. Para tanto, é utilizado as informações cadastradas no processo de implantação do sistema e também cadastro periódico das ações realizadas na produção, provenientes do controle de produção. Estes pontos serão tratados nos sub-sistemas descritos à seguir.

5.3.1. Programação da produção

Em uma indústria de produção, como foi visto no capítulo três, à partir das metas de produção, vendas ou outros fatores, define-se o planejamento da produção para um período.

A programação da produção se relaciona diretamente com o planejamento de produção no nível operacional enquanto este último se encontra no nível tático do processo de produção, ou seja, o planejamento da produção diz “o que” e “quanto” produzir enquanto a programação da produção diz “quando” e “como”. Estas decisões devem ser fornecidas pela programação da produção de maneira detalhada, a ponto de identificar os recursos que serão usados considerando a sua disponibilidade, o roteiro de produção e as datas de início e fim de cada operação produtiva.

O processo detalhado de programação da produção em indústrias de produção variada, apresenta grande nível de dificuldade; produtos distintos incluindo artigos comuns e quantidades variadas em sua estrutura, roteiros e tempos de operação diferenciados para cada artigo, competição por recursos, consideração de lotes de transporte, entre outros fatores contribuem para elevar o nível de complexidade.

A solução apresentada para procurar minimizar esta complexidade, foi a construção do sub-sistema de programação da produção, utilizando interfaces com o usuário simplificadas, gerando automaticamente informações sobre a viabilização ou não de um plano-produtivo, e as melhores programações para se atingir um determinado plano de produção, para isto este sub-sistema acessa os serviços do objeto gerenciador de programação da produção, como mostra o esquema à seguir.

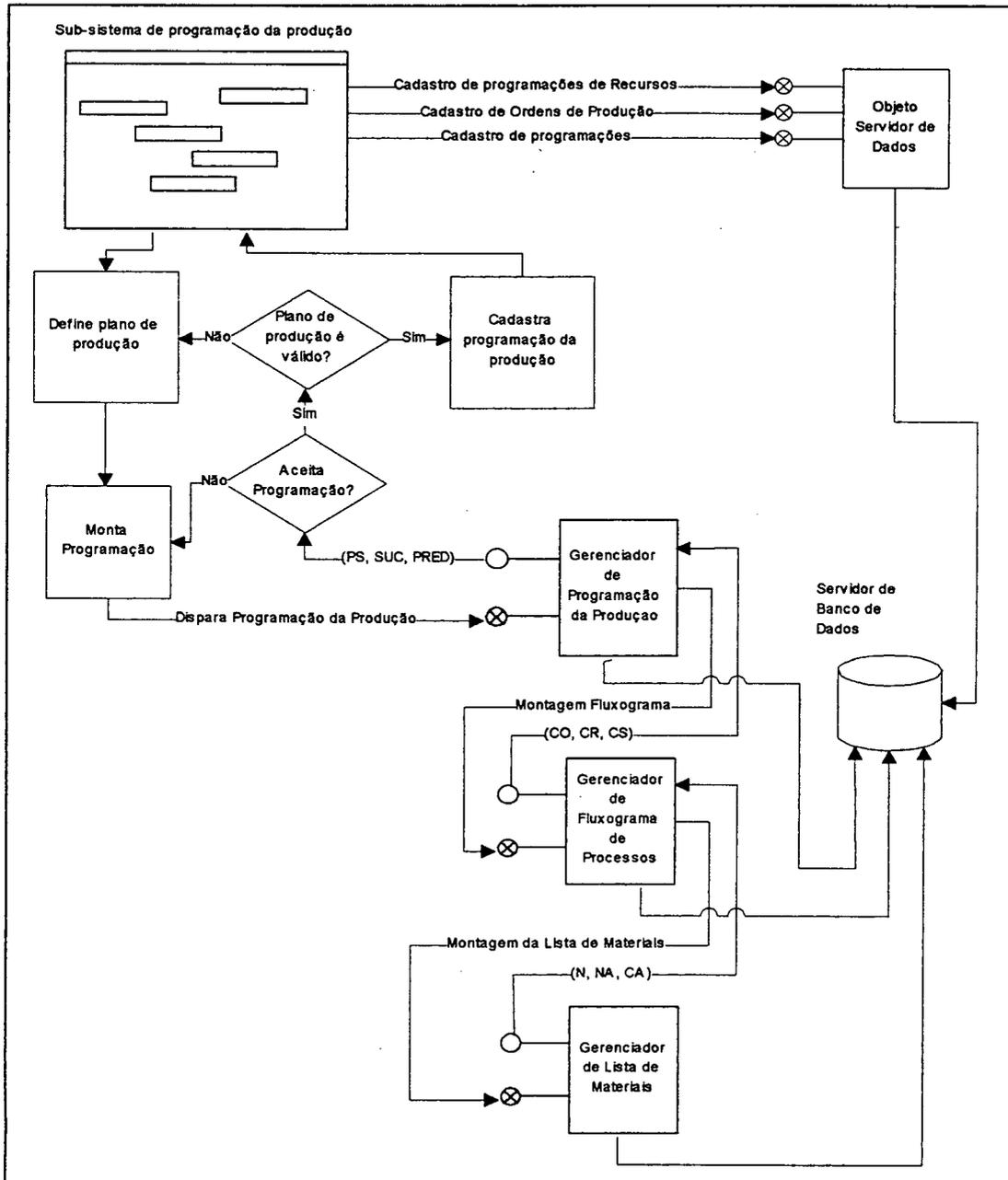


Figura 34: Operacionalização do sub-sistema de programação da produção

De acordo com a figura, pode-se perceber que o sub-sistema de programação da produção, depois de conhecer os planos de produção, acessa os serviços do objeto gerenciador de programação da produção, que convoca o objeto gerenciador de fluxograma de fabricação para disponibilizar todos os sub-processos de fabricação da estrutura do artigo a ser produzido. O objeto gerenciador de fluxograma de fabricação conhece a estrutura dos artigos requisitando os serviços do objeto gerenciador de lista de materiais. Todas estas ações são desencadeadas automaticamente em cascata.

Uma vez requisitado a programação da produção de um artigo ao objeto gerenciador de programação da produção, este retorna as seguintes informações:

- PS = Conjunto de operações programadas em ordem para toda a estrutura do artigo a ser fabricado, incluindo a data de início e de término de cada operação;
- R(u) = Conjunto de recursos alocados para cada operação programada u;
- PREC(u) = Conjunto de operações predecessoras a operação programada u;
- SUC(u) = Conjunto de operações sucessoras a operação programada u.

De posse destas informações, o sub-sistema de programação da produção pode aceitar ou rejeitar a solução, uma vez que o algoritmo MASGA utilizado pelo objeto gerenciador de programação da produção é aleatório, caso a solução seja rejeitada é disparado novamente o objeto gerenciador de programação da produção, até que a programação resultante seja satisfatória, então é verificado se a programação viabiliza o plano de produção, em caso afirmativo, cadastra-se a programação no banco de dados, caso contrário realiza-se todo o processo novamente.

Para cadastrar a programação no banco de dados é necessário os seguintes passos:

- Cadastrar uma ordem de produção para a programação;
- Cadastrar cada operação programada, incluindo as datas de início, fim e quantidade produzida do artigo na referida operação;

- Para cada operação deve se cadastrar uma programação de uso dos recursos necessários.

Depois de realizado todos estes passos, o sub-sistema de controle de produção irá desencadear o início e o fim de cada ordem de produção programada.

5.3.2. Controle da produção

Uma vez definido as programações da produção, a posta em marcha da programação é realizada pelo sub-sistema de controle da produção, este tem por objetivo controlar as variáveis essenciais do processo de gestão industrial.

A operacionalização do controle de produção pretende ser flexível no que tange à coleta de informações, podendo-se usar tanto ferramentas automatizadas para coleta de dados de produção⁷⁵, como também a digitação manual destas informações em terminais de apontamentos.

O sub-sistema de controle de produção é a mola mestra da operacionalização do sistema de gestão, para que este sistema seja de fácil operacionalização, procurou-se unificar as informações que deverão ser coletadas, ganhando em simplicidade e aplicabilidade para as PMI's, como será visto à seguir.

As principais ações realizadas pelo sub-sistema de controle de produção são:

- Abertura e término de ordens de produção;
- Apontamentos da execução de operações;
- Reporte de consumo de recursos indiretos pelas operações;
- Entrada e saída de artigos em estoques específicos;

⁷⁵ Ex. sensores automáticos, contadores entre outros

- Movimentação automática de artigos em estoques entre processos;
- Ações de correção de desvios.

Estas ações são executadas de acordo com o diagrama à seguir:

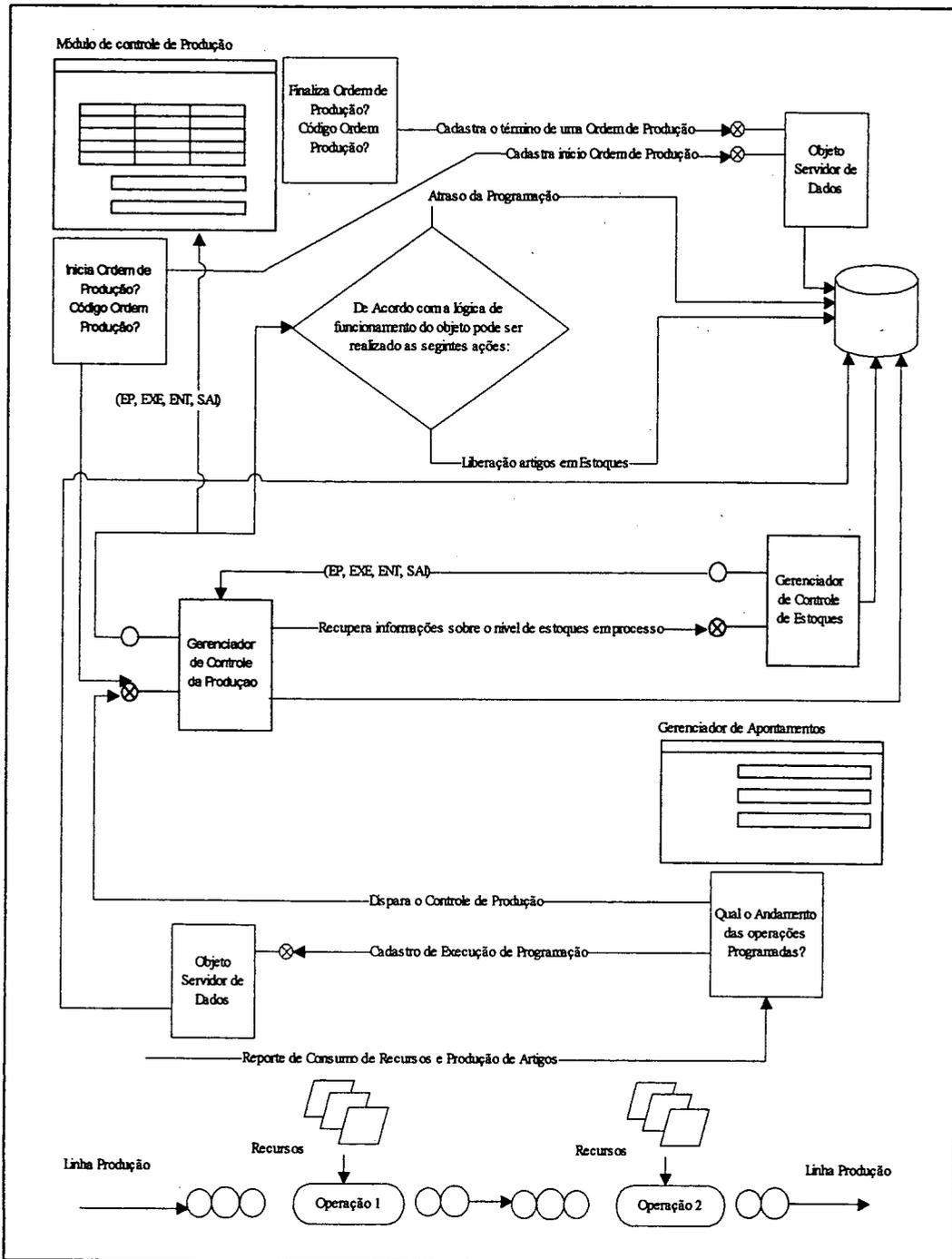


Figura 35: Operacionalização do sub-sistema de controle de produção

De acordo com o esquema, o sub-sistema de controle de produção ao disparar o início de uma ordem de produção cadastrada previamente, dispara os serviços do objeto gerenciador de controle da produção; seguindo a lógica de funcionamento deste objeto, ele requisita os serviços do objeto gerenciador de estoques para saber a situação dos estoques em processo e específicos para a ordem de produção, e em seguida emite uma requisição para liberação em estoques específicos dos artigos correspondentes para que se inicie a ordem de produção⁷⁶.

Ao se executar no chão de fábrica, as primeiras operações produtivas da referida ordem, é realizado através de um aplicativo gerenciador de apontamentos⁷⁷ o reporte do andamento destas operações, ou seja a quantidade que foi executado do programado. A cada apontamento realizado e cadastrado no banco de dados, o aplicativo gerenciador de apontamentos, dispara o objeto gerenciador de controle de produção que acessa o objeto gerenciador de controle de estoques, para emitir as ordens de movimentação dos artigos entre os estoques específicos e de processos. Caso exista alguma anormalidade no apontamento (ex. o aplicativo de apontamento reporta que durante toda a duração da operação, tenha se produzido apenas 50% do programado), o objeto gerenciador de controle de produção procura sugerir iniciativas a serem tomadas, como requisitar a liberação de estoques específicos de segurança do artigo que se atrasou, ou até mesmo atrasar toda a programação da produção⁷⁸.

O cadastro do reporte de apontamentos de operações, deve conter também, caso necessário, o consumo de recursos indiretos, de acordo com o direcionador de custos do recursos indireto. Esta informação será usada para levantar os custos de produção do artigo pelo sub-sistema de custos industriais, visto à seguir.

⁷⁶ É importante ressaltar que a seqüência de operações produtivas, alocações de recursos e datas para a referida ordem de produção, é emitido pelo sub-sistema de programação de produção

⁷⁷ Ou qualquer outro meio de registrar o andamento das operações programadas

⁷⁸ Estes tópicos foram tratados com detalhes no capítulo quatro

Por último, no término das execuções de todas as operações, o sub-sistema de controle de produção pode cadastrar o término a ordem de produção.

O objeto de controle de produção disponibiliza para o sub-sistema de controle, quando acessado por este, todas as informações provenientes do objeto gerenciador de controle de estoques:

- $Exe(t, u, o)$ = Somatória de artigos p processados pela operação u no tempo t , correspondente a ordem de produção o ;
- $Ent(t, u, o)$ = Somatória de artigos p processados pela operação u e que deram entrada em estoques no tempo t , correspondente a ordem de produção o ;
- $Sai(t, p, u, o)$ = Somatória de artigos p que saíram do estoque para uma operação u no tempo t , correspondente a ordem de produção o ;
- $EP(t, p, u, o)$ = Somatória de artigos p em estoques em processo de uma operação u no tempo t , correspondente a ordem de produção o .

Á partir destas informações, o sub-sistema de controle pode dar a posição de todo o andamento da produção no chão de fábrica, para que o usuário tome as decisões necessárias.

5.3.3. Sub-sistema de controle de estoques

Como definido no terceiro capítulo, o sistema de gestão da produção proposto utiliza o método provisional para a gestão de estoques específicos. Se baseando para tal na programação da produção quanto às datas e quantidades de artigos necessárias para se realizar cada operação do fluxograma de fabricação. A adoção irrestrita de controle de estoques pelo método provisional, incorre em grande complexidade operacional. Mas a operacionalização de um sub-sistema que auxilie no controle de estoques de forma

integrada com a programação da produção, irá criar grandes benefícios para as PMI's no tocante à redução dos níveis de estoques.

O sub-sistema de controle de estoques específicos é usado nas seguintes situações:

- Entradas de artigos provenientes de terceiros em estoques específicos;
- Entrada de artigos de estoques de processo para estoques específicos, aguardando o início da próxima operação programada;
- Saída de artigos de estoques específicos para uma operação programada;
- Saída de artigos de estoques específicos para distribuição.

O sub-sistema de controle de estoques irá disponibilizar a necessidade de artigos em estoques específicos, à partir de informações provenientes do objeto gerenciador de programação da produção sobre o início das operações programadas.

Este sub-sistema, deve possibilitar também ao usuário, o cadastro de entradas e saídas manuais em estoques específicos, dirigidos a operações produtivas, e visualizar de maneira eficiente as posições de todos os estoques em processo do sistema. Estas tarefas são realizadas, com o uso dos serviços do objeto gerenciador de estoques.

Desta forma, a todo instante é possível disponibilizar a posição de qualquer estoque específico ou entre processos, fornecendo informações para sua gestão eficiente e movimentação dos artigos, como no esquema.

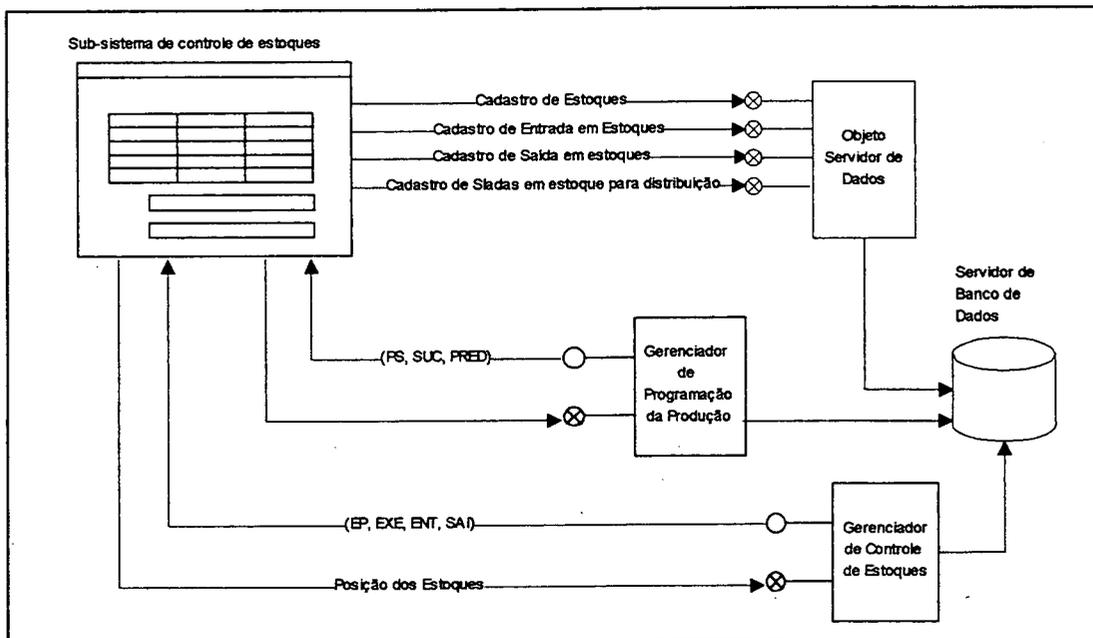


Figura 36: Operacionalização do sub-sistema de controle de estoques

Ao requisitar os serviços do objeto gerenciador de estoques, o sub-sistema de controle de estoques tem acesso às seguintes informações:

- Exe, Ent, Sai, EP = O significado destas informações foi descrito anteriormente no sub-sistema de controle de produção

Podendo disponibilizar para o usuário uma visão completa da posição de todos os estoques, assim como todas as saídas e entradas em estoques para um determinado período.

Para realizar uma entrada em um estoque específico, é necessário gravar no banco de dados as seguintes informações:

- Identificação do estoque no qual vai ser dado a entrada;
- Identificação da programação de produção na qual originou os artigos que irão ser estocados;
- Quantidade de artigos;

- Data e hora que ocorreu a entrada.

No caso de uma saída de estoques, deve-se informar⁷⁹:

- Identificação do estoque no qual os artigos são provenientes;
- Identificação da programação de produção na qual os artigos irão se destinar;
- Quantidade de artigos;
- Data e hora que ocorreu a saída.

5.3.4. Sub-sistema de controle dos custos industriais

A operacionalização do sistema de gestão, termina com o levantamento de todos os custos dos artigos produzidos, além da determinação dos custos das atividades produtivas, e a análise do quanto cada atividade agrega de valor a artigo específico, revelando seu potencial custo/benefício.

A operacionalização do controle de custos industriais, deve seu sucesso a uma boa implantação da técnica de custeio ABC na indústria, como tratado anteriormente. Este sistema de gestão, procura integrar e unificar as variáveis de produção visando a simplificação da coleta e obtenção destas informações, sendo assim, o reporte de consumo de recursos será coletado junto com o reporte de execução de operações.

O sub-sistema de custos industriais, deve prover meios para que se aloquem os custos do período para todos os recursos, tanto diretos como indiretos, além de disponibilizar todas as informações à respeito das atividades produtivas.

Isto é possível usando os serviços do objeto gerenciador de custos industriais, este objeto à partir das informações cadastradas no banco de dados sobre o consumo de

recursos e apontamentos para cada atividade, retorna o custo total de uma ordem de produção e o custo total de todas as atividades produtivas do sistema. Como pode-se perceber no esquema.

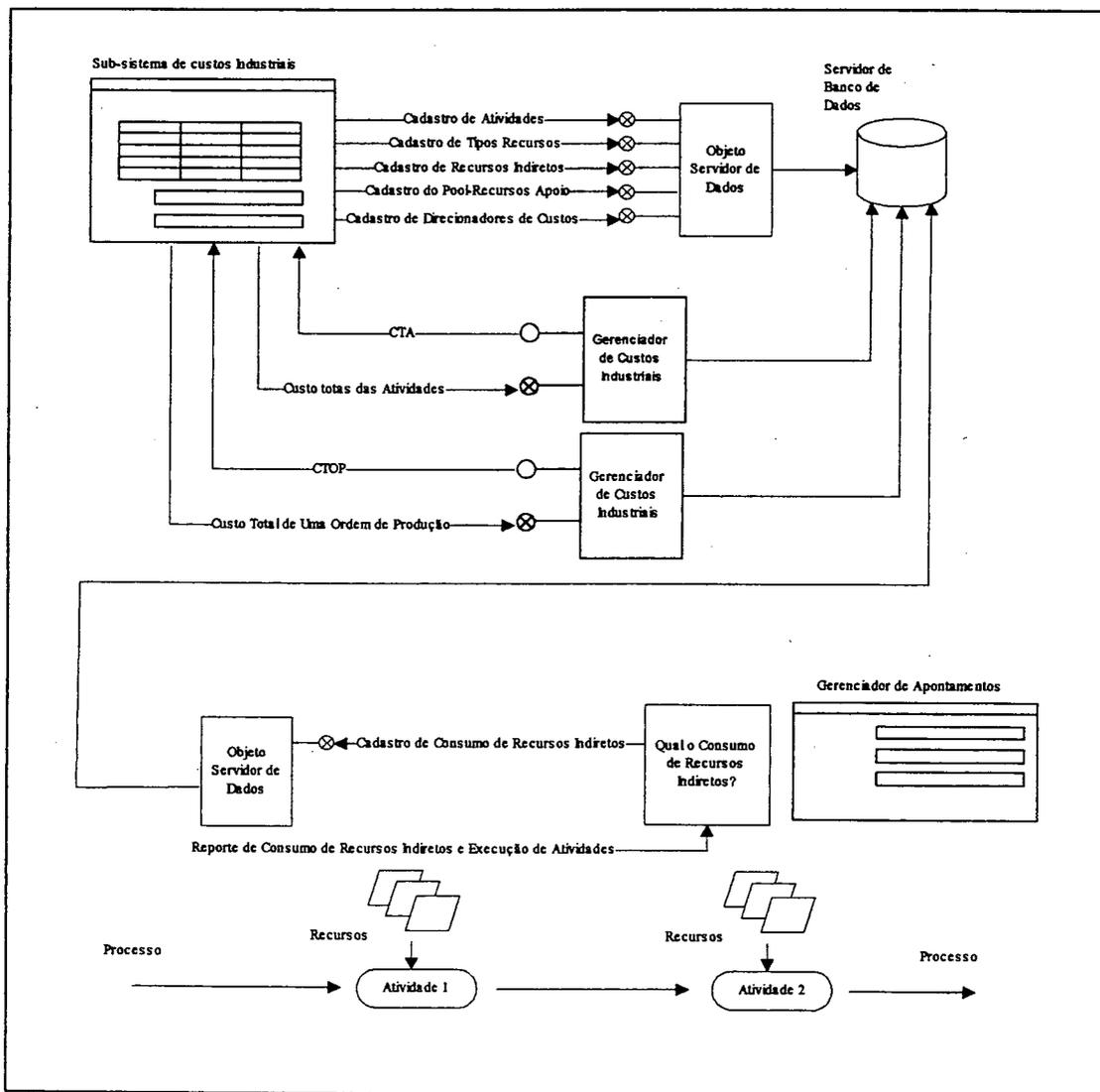


Figura 37: Operacionalização do sub-sistema de controle de custos industriais

⁷⁹ No caso de uma saída para distribuição, as informações são as mesmas, menos a identificação da programação da produção a que se destina a saída

Capítulo 6

Aplicação

6.1. Introdução

Este capítulo possui por objetivo avaliar os aspectos da aplicação do sistema distribuído de gestão da produção em PMI's, assim como validar o modelamento algorítmico das técnicas utilizadas, via implementação computacional do sistema. Para garantir a adequação da aplicação às PMI's, será utilizado tecnologia da informação disponível comercialmente e acessível às PMI's, assim como a aplicação em um estudo de caso característico deste segmento industrial.

6.2. Implementação computacional do sistema

No momento da implementação do sistema, existem vários aspectos que se devem considerar no que diz respeito a tecnologias computacionais. Em primeiro lugar deve-se escolher o sistema operacional, pois este fornece as bases para que as plataformas

computacionais funcionem e, por consequência, o sistema opere. Esta decisão não deve ser decorrente apenas de características técnicas, mas deve considerar aspectos econômicos e de continuidade. De acordo com Mayer (Mayer 1997), diretor responsável pela publicação do relatório “*Brasil Software*” e também do relatório “*Brasil Infocorp*”, existe hoje um grande potencial do sistema operacional da empresa *Microsoft* o “*Windows NT*” em se tornar padrão em sistemas empresariais. Impulsionado principalmente por seu baixo custo e facilidade de uso, estes fatores contribuem para a grande utilização em PMI’s. O concorrente direto do “*Windows NT*” é o sistema operacional “*UNIX*”, que no segmento das PMI’s apresenta algumas deficiências como a administração complexa quando comparada às facilidades do NT e o custo de manutenção relativamente mais alto.

Seguindo as tendências do mercado para as PMI’s, a opção pelo sistema operacional foi o “*Windows NT*”; quanto ao uso de objetos distribuídos, a tecnologia que mais se adapta ao sistema operacional escolhido é a tecnologia DCOM, uma vez que esta também é da empresa *Microsoft*.

A ferramenta de desenvolvimento usada foi o “*Borland Delphi 3.0*” para a implementação dos objetos e dos sub-sistemas, esta ferramenta apresenta os recursos de objetos distribuídos e suporta a tecnologia DCOM. Existem outras ferramentas com estas características no mercado, entre elas pode-se citar o “*Visual Basic 5.0*” da *Microsoft*, o “*Power Builder 5.0*” da *Sybase* entre outros, em geral estas ferramentas são de quarta geração⁸⁰ e dispõem de recursos de desenvolvimento rápido de aplicações (Rapid Application Development – RAD).

Quanto ao sistema gerenciador de banco de dados, existem no mercado diversas soluções acessíveis às PMI’s, variando de acordo com níveis de recursos e funcionalidades apresentadas. Quase todas as soluções possuem interface para uma vasta gama de aplicativos, e de ferramentas de desenvolvimento, tornando apto ao uso no sistema. Dentre as diversas soluções, o sistema gerenciador de banco de dados escolhido foi o “*Borland*

⁸⁰ Possibilitam entre outros, que se criem visualmente aplicações, além de construir automaticamente parte do código fonte

Interbase 4.2” por este já vir disponível na ferramenta *“Borland Delphi 3.0”* adquirida com os recursos deste trabalho. Dentre outros sistemas gerenciadores de banco de dados pode-se citar o *“Microsoft SQL Server”*, *“Microsoft Access”*, *“Sybase SQL Server”*, *“Oracle”* e *“IBM DB2”*.

6.3. Ambiente de implementação

Para que o sistema se aproxime o máximo possível da realidade de uma industria, o ambiente de implementação e testes computacionais procurou refletir as principais características de uma PMI no que diz respeito ao sistema físico e lógico. Para se conseguir estes objetivos, foi montado no Laboratório de Sistema de Apoio à Decisão (LSAD) no Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, a seguinte arquitetura computacional.

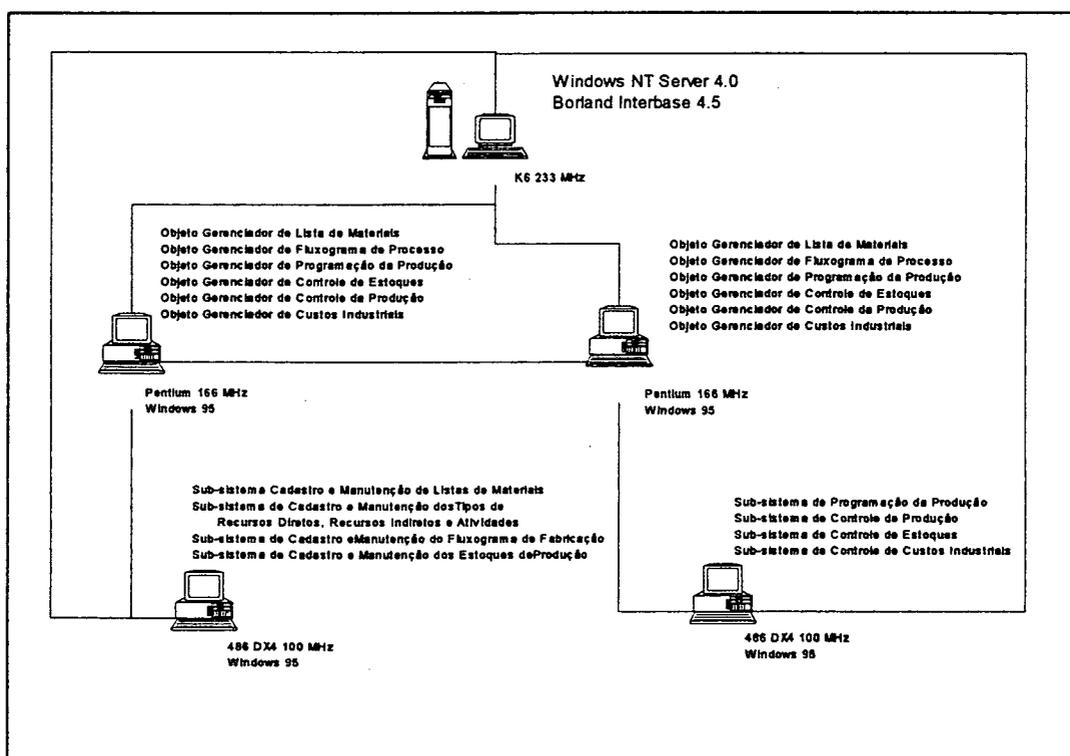


Figura 38: Arquitetura de ambiente de aplicação do sistema

Como pode-se perceber no esquema, os objetos servidores de aplicação ficaram em um nível intermediário, centralizando os servidores de regras de negócio. Os sub-sistemas podem acessar os serviços de qualquer um dos dois micro-computadores no qual os objetos estão implementados, a máquina será escolhida de acordo com o nível de processamento no momento da requisição, esta arquitetura utilizada reflete tipicamente um ambiente de três níveis.

6.4. Estudo de caso

Para se avaliar a implementação do sistema distribuído de gestão da produção, e validar o modelamento das técnicas utilizadas, foi feito uso de um estudo de caso de um ambiente industrial retirado da literatura, e adaptado para que se possa abranger as principais características da realidade de uma industria de produção.

O presente caso foi adaptado, no que se refere aos dados, à formatação e à própria concepção do exemplo utilizado por Cogan (Cogan 1997). A industria em questão é fabricante de poltronas para ônibus, a seguir será descrito todo o processo produtivo desta empresa.

Será envolvido neste estudo o departamento de almoxarifado, e o departamento de produção, incluindo todas as suas divisões.

A implantação e operacionalização do sistema neste estudo de caso, irá discorrer como previsto no capítulo anterior, sendo assim o primeiro passo é levantar a lista de materiais do produto final, o resultado se encontra no quadro a seguir:

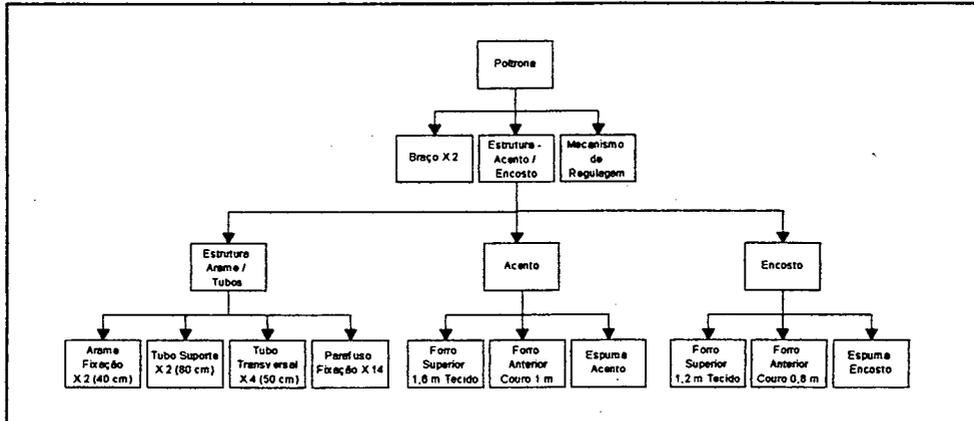


Figura 39: Estrutura do produto final poltrona (lista de materiais)

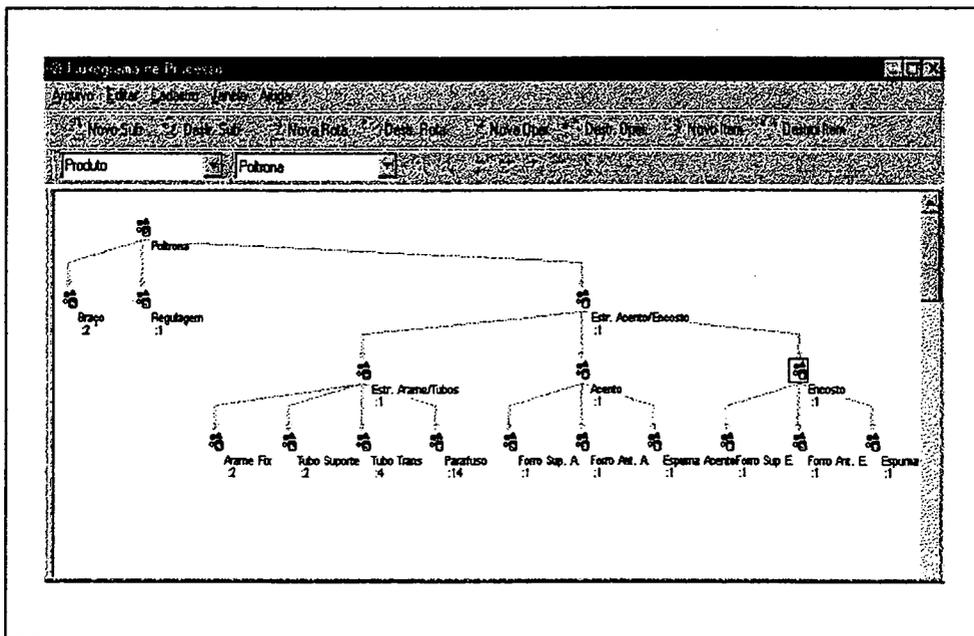


Figura 40: Interface com o usuário do sub-sistema de lista de materiais

A seguir o levantamento de todas os recursos dos departamentos de Almoxarifado e Produção e os respectivos direcionadores de custos é apresentado.

Recursos	Direcionadores de Custo	Custo Direcionador (R\$)
Recursos Humanos + Encargos		
Func. Alm. Qualidade	Lotes Recebidos	1,20
Gerente Qualidade Alm.	Lotes Recebidos	2,00

Gerente Almoarifado	Lotes Comprados	1,20
Operador X 6	Tempo Execução	0,07
Operador Costura X 2	Tempo Execução	0,07
Operador Espumas	Tempo Execução	0,07
Func. Movimentação Artigos X 4	Lotes Movimentados	0,5
Gerente Produção	Lotes Produzidos	0,5
Func. Qualidade	Unidades Testadas	0,25
Gerente Qualidade	Lotes Produzidos	0,25
Func. Estoques	Lotes Médios Estocados	1,00
Recursos Materiais + Despesas		
Cortadeira Arame	Tempo Execução	0,09
Cortadeira Tubo	Tempo Execução	0,12
Cortadeira/Dobradeira Arame	Tempo Execução	0,15
Dobradeira Arame	Tempo Execução	0,10
Dobradeira Tubo	Tempo Execução	0,32
Máquina Soldagem	Tempo Execução	0,13
Furadeira Fixa	Tempo Execução	0,09
Lixadeira Móvel	Tempo Execução	0,05
Furadeira/Lixadeira Compacta	Tempo Execução	0,08
Parafusadora	Tempo Execução	0,06
Câmara Montagem	Tempo Execução	0,17
Câmara Montagem Final	Tempo Execução	0,18
Câmara Pintura	Tempo Execução	0,25
Máquina Costuradora	Tempo Execução	0,07
Cortadora Moldes	Tempo Execução	0,06
Costuradora Automática	Tempo Execução	0,15
Costuradora Móvel	Tempo Execução	0,12
Expansor	Tempo Execução	0,37
Recursos Indiretos + Despesas		
Sistema de Informações	Direto/Valor	
Telefonia	Direto/Valor	
Mat. Escritório	Direto/Valor	
Mat. Consumo	Direto/Valor	
Viagens	Direto/Valor	
Catálogos	Direto/Valor	
Periódicos	Direto/Valor	
Combustível	Direto/Valor	
Aluguel	Direto/Valor	
Correio	Direto/Valor	
Serv. Terceiros	Direto/Valor	
Outras Despesas	Direto/Valor	

Quadro 3: Recursos produtivos diretos e indiretos e seus respectivos direcionadores de custos

As atividades desenvolvidas nestes departamentos estão no quadro abaixo, de acordo com a seção departamental que realiza a atividade e seus respectivos direcionadores de custos.

Departamento	Seção	Atividades	Direcionador de Custos	Alocação de Recursos	de	Deve ser programada?
Almoxarifado	Controle/Qualidade	Desenvolver Sistema de Qualidade	Lotes Recebidos	Ger. Alm.	Qualidade	Não
Almoxarifado	Controle/Qualidade	Receber/Analisar Arames	Lotes Recebidos	Func. Alm.	Qualidade	Sim
Almoxarifado	Controle/Qualidade	Receber/Analisar Tubos	Lotes Recebidos	Func. Alm.	Qualidade	Sim
Almoxarifado	Controle/Qualidade	Receber/Analisar Tecidos	Lotes Recebidos	Func. Alm.	Qualidade	Sim
Almoxarifado	Controle/Qualidade	Receber/Analisar Insumos Espuma	Lotes Recebidos	Func. Alm.	Qualidade	Sim
Almoxarifado	Controle/Qualidade	Receber/Analisar Braços	Lotes Recebidos	Func. Alm.	Qualidade	Sim
Almoxarifado	Administração	Comprar Arames	Lotes Comprados	Gerente Almoxarifado		Não
Almoxarifado	Administração	Comprar Tubos	Lotes Comprados	Gerente Almoxarifado		Não
Almoxarifado	Administração	Comprar Tecidos	Lotes Comprados	Gerente Almoxarifado		Não
Almoxarifado	Administração	Comprar Insumos Espuma	Lotes Comprados	Gerente Almoxarifado		Não
Almoxarifado	Administração	Comprar Braços	Lotes Comprados	Gerente Almoxarifado		Não
Almoxarifado	Administração	Captar e avaliar novos fornecedores	Lotes Recebidos	Gerente Almoxarifado		Não
Almoxarifado	Estoques	Estocar e Manter Estoques	Lotes Estocados	Func. Alm.	Estoques	Não
Almoxarifado	Movimentação	Movimentar material	Lotes Movimentados	Func. Mov.	Materiais	Não
Produção	Montagem	Cortar Arames	Tempo Exec.	Operador Cortadeira Arame		Sim
Produção	Montagem	Cortar Tubos	Tempo Exec.	Operador Cortadeira Tubo		Sim
Produção	Montagem	Dobrar Arames	Tempo Exec.	Operador X 2 Dobradeira Arame		Sim
Produção	Montagem	Cortar/Dobrar Arames	Tempo Exec.	Operador X 2 Cortadeira/Dobradeira Arame		Sim
Produção	Montagem	Dobrar Tubos	Tempo Exec.	Operador Dobradeira Tubo		Sim
Produção	Montagem	Soldar Estrutura Arame Tubos	Tempo Exec.	Operador X 2 Máquina de Soldagem		Sim
Produção	Montagem	Furar Encaixes de Fixação	Tempo Exec.	Operador Furadeira Fixa		Sim
Produção	Montagem	Lixar Estrutura	Tempo Exec.	Operador Lixadeira Móvel		Sim
Produção	Montagem	Furar e Lixar	Tempo Exec.	Operador		Sim

		Estrutura		Furadeira/Lixadeira Compacta	
Produção	Montagem	Fixação de Parafusos	Tempo Exec.	Operador Parafusadora	Sim
Produção	Montagem	Montar Estrutura com Espuma Encosto	Tempo Exec.	Operador	Sim
Produção	Montagem	Montagem Final	Tempo Exec.	Operador X 2	Sim
Produção	Pintura	Pintura da Estrutura	Tempo Exec.	Operador Câmara Pintura	Sim
Produção	Costura	Cortar Moldes de Tecido	Tempo Exec.	Operador Costura Moldadora	Sim
Produção	Costura	Alinhar Tecido para Costura	Tempo Exec.	Operador Costura Máquina Costuradora	Sim
Produção	Costura	Costurar Moldes	Tempo Exec.	Operador Costura Máquina Costuradora	Sim
Produção	Costura	Cortar Moldes Costurados	Tempo Exec.	Operador Costura Cortadora de Moldes	Sim
Produção	Costura	Costurar e Cortar Moldes	Tempo Exec.	Máquina Costuradora Automática	Sim
Produção	Costura	Forrar Acento Encosto	Tempo Exec.	Operador Costura Costuradora Móvel	Sim
Produção	Espuma	Expandir Espuma	Tempo Exec.	Operador Espumas Expansor	Sim
Produção	Movimentação	Movimentar artigos entre operações e estoques	Lotes Movimentados	Func. Movimentação Artigos	Não
Produção	PCP	Planejar e programar a produção	Ordens de Produção	Gerente de Produção	Não
Produção	PCP	Controlar/analisar dados de reportes de produção	Lotes Reportados	Gerente de Produção	Não
Produção	Qualidade	Realizar testes nas Poltronas	Unidades Testadas	Func. Qualidade	Não
Produção	Qualidade	Executar o CEP	Lotes Reportados	Gerente Qualidade	Não
Produção	Qualidade	Desenvolver Sistema de Qualidade	Lotes Reportados	Gerente Qualidade	Não
Produção	Estoques	Estocar e Manter Estoques	Lotes Estocados	Func. Estoques	Não

Quadro 4: Relação de atividades e direcionadores de custos

O próximo passo na implantação do sistema é definir o fluxograma de fabricação, estas informações estão disponíveis nos quadros seguintes. Abaixo, é ilustrado o fluxograma completo de fabricação do produto “Poltrona”.

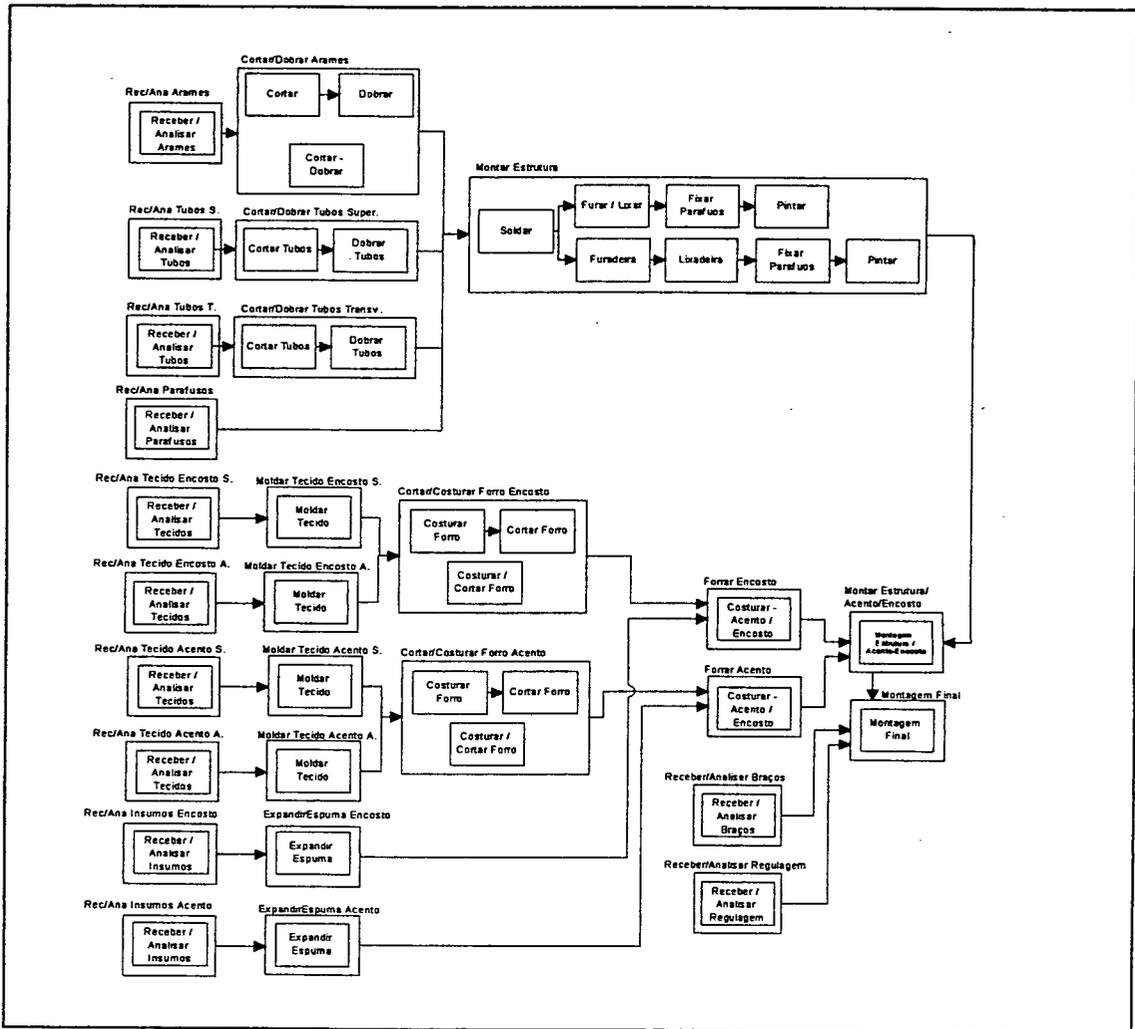


Figura 41: Fluxograma de fabricação do produto final poltrona

A seguir os dados sobre os recursos que devem ser programados são apresentados.

Departamento	Seção	Recurso	Descrição
Almoxarifado	Controle Qualidade	FAQ	Funcionário do Almoxarifado Qualidade
Produção	Montagem	O1	Operador
Produção	Montagem	O2	Operador
Produção	Montagem	O3	Operador

Produção	Montagem	O4	Operador
Produção	Montagem	O5	Operador
Produção	Montagem	O6	Operador
Produção	Montagem	CA	Cortadeira Arame
Produção	Montagem	CT	Cortadeira Tubo
Produção	Montagem	CDA	Cortadeira/Dobradeira Arame
Produção	Montagem	DA	Dobradeira Arame
Produção	Montagem	DT	Dobradeira Tubo
Produção	Montagem	MS	Maquina Soldagem
Produção	Montagem	FF	Furadeira Fixa
Produção	Montagem	LM	Lixadeira Móvel
Produção	Montagem	FLC	Furadeira/Lixadeira Compacta
Produção	Montagem	P	Parafusadora
Produção	Montagem	CM	Câmara Montagem
Produção	Montagem	CMF	Câmara Montagem Final
Produção	Pintura	CP	Camara Pintura
Produção	Costura	OC1	Operador Costura
Produção	Costura	OC2	Operador Costura
Produção	Costura	MC	Maquina Costuradora
Produção	Costura	COM	Cortadora de Moldes
Produção	Costura	COSA	Costuradora Automática
Produção	Costura	COSM	Costura Móvel
Produção	Espumas	OE	Operador Espumas
Produção	Espumas	E	Expansor

Quadro 5: Recursos produtivos que devem ser programados

O próximo quadro relaciona todas as variáveis do fluxograma de produção.

Artigo	Sub-Processo	Rota	Operação	Código Operação	Tempo de Setup (min)	Tempo de Execução (min)	Lote de Transporte (uni)
Estrutura	Receber/Analisar	R1	Receber/Analisar Arames	190	60	0,5	50
Arames	Cortar/Dobrar Arames	R2	Cortar Arames	191	120	2,5	15
			Dobrar Arames	192	180	1	15
		R3	Cortar/Dobrar Arames	193	200	2	20

Estrutura	Receber Analisar	R4	Receber/Analisar Tubos	194	60	0,5	20
Tubos Superior	Cortar/Dobrar Tubos	R5	Cortar Tubos	195	60	5,5	10
			Dobrar Tubos	196	120	4	10
Estrutura	Receber Analisar	R6	Receber/Analisar Tubos	197	60	0,5	20
Tubos Transversal	Cortar/Dobrar Tubos	R7	Cortar Tubos	198	60	5,5	10
			Dobrar Tubos	200	120	4	10
Estrutura	Receber/Analisar	R8	Receber Analisar Parafusos	201	30	0,2	100
Arame/Tubos	Montar Estrutura Arame Tubos	R9	Soldar	202	60	20	1
			Furar/Lixar	203	30	10	1
			Fixar parafusos	204	0	15	1
			Pintar	206	180	15	1
		R10	Soldar	207	60	20	1
			Furar	208	30	7	1
			Lixar	209	40	8	1
			Fixar Parafusos	210	0	15	1
Pintar	211	180	15	1			
Forro Superior	Receber/Analisar	R11	Receber/Analisar Tecidos	212	20	0,5	20
	Moldar Tecidos Forro Superior	R12	Moldar	218	60	2	10
Forro Anterior	Receber/Analisar	R15	Receber/Analisar Tecidos	213	20	0,5	20
	Moldar Tecidos Forro Anterior	R16	Moldar	219	60	2	10
Costurar Cortar Forro Acento	Cortar/Costurar Forro Anterior	R17	Costurar Forro Anterior	224	30	3	10
			Cortar Forro Anterior	226	15	1	10
		R18	Costurar/Cortar Forro Anterior	228	40	2	10
Forro Superior Encosto	Receber/Analisar Tecidos Forro Superior	R19	Receber/Analisar Tecidos	215	20	0,5	20
	Moldar Tecidos Forro Superior	R20	Moldar	221	60	2	10
Forro Anterior Encosto	Receber/Analisar Tecidos Forro Anterior	R23	Receber/Analisar Tecidos	216	20	0,5	20
	Moldar Tecidos Forro Anterior	R24	Moldar	222	60	2	10
Costurar Cortar Forro Encosto	Cortar/Costurar Forro	R25	Costurar Forro	225	30	3	10
			Cortar Forro	227	15	1	10
		R26	Costurar/Cortar	229	40	2	10
Espuma Acento	Receber/Analisar Insumos	R27	Receber/Analisar Insumos	214	20	0,2	100
	Expandir Espuma	R28	Expandir Espuma	220	240	2	10
Espuma Encosto	Receber/Analisar Insumos	R29	Receber/Analisar Insumos	217	20	0,2	100
	Expandir Espuma	R30	Expandir Espuma	223	240	2	10
Acento	Forrar Acento	R31	Forrar Acento	230	120	5	5
Encosto	Forrar Encosto	R32	Forrar Encosto	231	120	5	5

Estrutura/ Acento/ Encosto	Montar Estrutura Acento/Encosto	R33	Montagem Estrutura/Acento/Encosto	232	180	20	5
Braços	Receber/Analisar Braços	R34	Receber/Analisar Braços	199	20	0,5	50
Mecanismo Regulagem	Receber/Analisar Mecanismo Regulagem	R35	Receber/Analisar Mecanismo Regulagem	233	20	0,5	50
Poltrona	Montagem Final	R36	Montagem Final	189	180	20	1

Quadro 6: Variáveis do fluxograma de fabricação

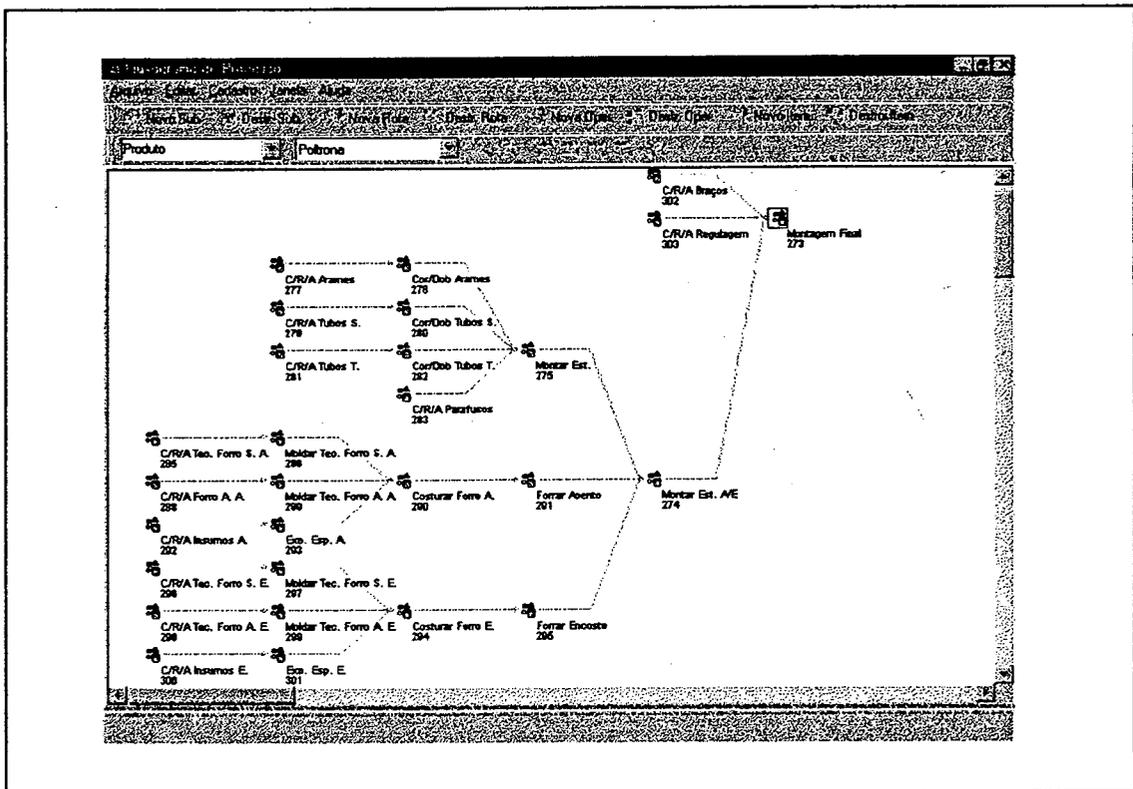


Figura 42: Interface com o usuário do sub-sistema de fluxograma de processos

Uma vez cadastrado todas estas informações, o próximo passo é operacionalizar o sistema. Para simular uma ordem de produção, será disparado a fabricação de um lote de 100 unidades de poltronas, iniciando no dia 24 de agosto de 1998.

O objeto gerenciador de programação da produção é disparado pelo “Sub-sistema de Programação da Produção”, e seguindo a lógica deste sub-sistema, realizou-se 20

programações para avaliação, sendo que os resultados destas programações se encontram resumidos na tabela à seguir:

<i>Programação</i>	<i>Duração Total (min)</i>	<i>Estoque entre processos total (unidades)</i>	<i>Taxa média de utilização de recursos (%)</i>
1	7614	3530,03	22,05
2	7333	3337,04	21,76
3	7614	3487,61	21,79
3	7333	3408,75	21,76
4	7614	3410,72	21,69
5	7614	3410,77	21,61
6	7333	3473,88	22,21
7	7333	3445,58	22,21
8	7614	3399,18	21,69
9	7614	3418,39	21,69
10	7333	3410,32	21,95
11	7614	3483,22	21,69
12	7333	3487,42	22,21
13	7333	3433,68	22,03
14	7614	3394,90	21,61
15	7333	3424,10	21,95
16	7333	3377,60	21,95
17	7614	3436,45	21,69
18	7614	3483,83	21,80
19	7333	3494,56	22,40
20	7333	3410,33	21,95

Quadro 7: Resultado das programações de produção

PS. O cálculo do estoque entre processos não leva em conta a característica do item (pesos diferentes para os artigos). Para se escolher a programação, usou-se o critério de menor duração e menor estoques entre processos, sendo escolhida a programação 2. Esta programação é detalhada na tabela à seguir:

<i>Código Operação</i>	<i>Operação</i>	<i>Operação Sucessora</i>	<i>Operações Antecessoras</i>	<i>Início (min)</i>	<i>Duração (min)</i>	<i>Estoque Processos (unidades)</i>	<i>Quantidade Produzida</i>
201	Rec. Anal. Parafusos	202	-	0	44	1124	1400 uni
214	Rec. Anal. Ins.	220	-	45	40	75,28	100 uni

	Acento						(15 litros Rg. 1 5 litros Rg. 2)
199	Rec. Anal. Braços	189	-	86	120	170,95	200 uni
213	Rec. Anal. Tecidos Forro Anterior Acento	219	-	207	70	53,87	100 uni
219	Moldar Tecidos Forro Anterior Acento	228	213	238	260	78,38	100 uni.
220	Expandir Espuma Acento	228	214	70	440	78,09	100 uni.
197	Rec. Anal. Tubos Transversais	198	-	278	260	101	400 uni
233	Rec. Anal. Regulagem	189	-	539	70	84,87	100 uni
215	Rec. Anal. Tecidos Forro Sup. Encosto	221	-	610	70	53,87	100 uni (1,2 m)
198	Cortar Tubos Transversais	200	197	379	2260	55,55	400 uni
216	Rec. Anal. Tec. Forro Ant. Encosto	222	-	681	70	82,69	100 uni (0,8 m)
221	Moldar Tec. Forro Sup. Encosto	229	216	641	260	79,38	100 uni
212	Rec. Anal. Tec. Forro Sup. Acento	218	-	752	70	67,95	100 uni (1,6 m)
194	Rec. Anal. Tubos Superiores	195	-	823	160	158,86	200 uni
218	Moldar Tec. Forro Sup. Acento	228	212	902	260	15,25	100 uni
228	Costurar/Cortar Forro Acento	230	218 219 220	983	240	57,37	100 uni
190	Rec. Anal. Arames	193	-	984	160	123,20	200 uni (80 m)
217	Rec. Anal. Insumos Encosto	223	-	1145	40	75,28	100 uni (27 litros Rg. 1 9 litros Rg. 2)
193	Cortar/Dobrar Arames	202	190	1095	600	137,78	200 uni

200	Dobrar Tubos Transversais	202	198	930	1720	224,48	400 uni
222	Moldar Tec. Forro Forro Ant. Encosto	229	216	1163	260	55,36	100 uni
230	Forrar Acento	232	228	1224	620	76,02	100 uni
223	Expandir Espuma Encosto	229	217	1170	440	15,25	100 uni
229	Costurar/Cortar Forro Encosto	231	221 222 223	1431	240	64,79	100 uni
231	Forrar Encosto	232	229	1845	620	72,79	100 uni
195	Cortar Tubos Superiores	196	194	2640	1160	28,27	200 uni
196	Dobrar Tubos Superiores	202	195	2891	920	17,63	200 uni
202	Soldar estrutura Arame/Tubos	203	193 196 200 201	3092	2060	25,05	100 uni
203	Furar / Lixar Estrutura	204	202	4124	1030	6,0	100 uni
204	Fixar Parafusos	206	203	4165	1501	6,53	100 uni
206	Pintar Estrutura	232	204	4182	1680	6,53	100 uni
232	Montar Estrutura/Acento /Encosto	189	206 230 231	4378	2180	19,37	100 uni
189	Montagem Final	-	199 232 233	5153	2180	50	100 uni

Quadro 8: Detalhes das variáveis de processo para a programação de produção escolhida

Ps. Para facilitar a visualização dos resultados, os dados referentes a datas estão descritos de forma absoluta em relação ao início da ordem de produção.

No próximo quadro encontra-se informações sobre as taxas médias de utilização de recursos resultantes da programação escolhida.

<i>Departamento</i>	<i>Seção</i>	<i>Recurso</i>	<i>Descrição</i>	<i>Taxa média Utilização (%)</i>
Almoxarifado	Controle Qualidade	FAQ	Funcionário do Almoxarifado	16,00

			Qualidade	
Produção	Montagem	O1	Operador	60,69
Produção	Montagem	O2	Operador	41,20
Produção	Montagem	O3	Operador	66,00
Produção	Montagem	O4	Operador	81,27
Produção	Montagem	O5	Operador	22,91
Produção	Montagem	O6	Operador	29,73
Produção	Montagem	CA	Cortadeira Arame	0
Produção	Montagem	CT	Cortadeira Tubo	46,64
Produção	Montagem	CDA	Cortadeira/Dobradeira Arame	8,18
Produção	Montagem	DA	Dobradeira Arame	0
Produção	Montagem	DT	Dobradeira Tubo	36,00
Produção	Montagem	MS	Maquina Soldagem	28,09
Produção	Montagem	FF	Furadeira Fixa	0
Produção	Montagem	LM	Lixadeira Móvel	0
Produção	Montagem	FLC	Furadeira/Lixadeira Compacta	14,05
Produção	Montagem	P	Parafusadora	20,47
Produção	Montagem	CM	Câmara Montagem	29,73
Produção	Montagem	CMF	Câmara Montagem Final	29,73
Produção	Pintura	CP	Camara Pintura	22,91
Produção	Costura	OC1	Operador Costura	25,91
Produção	Costura	OC2	Operador Costura	11,73
Produção	Costura	MC	Maquina Costuradora	6,55
Produção	Costura	CORM	Cortadora de Moldes	14,18
Produção	Costura	COSA	Costuradora Automática	0
Produção	Costura	COSM	Costuradora Móvel	16,91
Produção	Espumas	OE	Operador Espumas	12,00
Produção	Espumas	E	Expansor	12

Quadro 9: Taxa média de utilização de recursos

Nos quadros a seguir pode-se visualizar toda a programação escolhida, disponível no “Sub-sistema de programação da produção”.

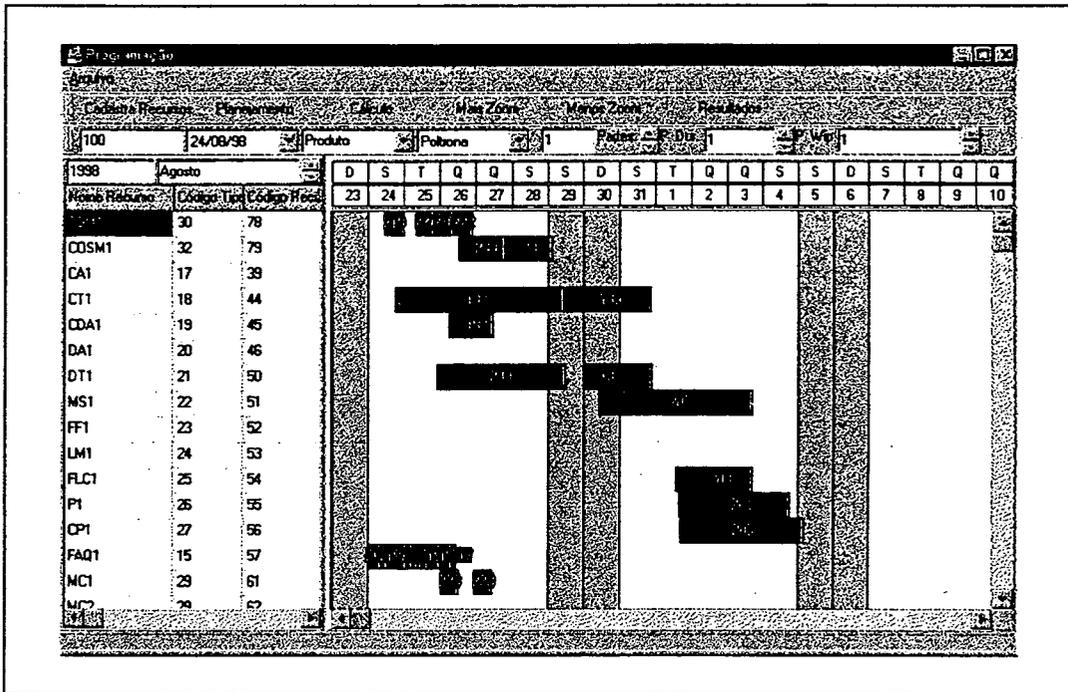


Figura 43: Visualização da programação da produção no sub-sistema de programação da produção

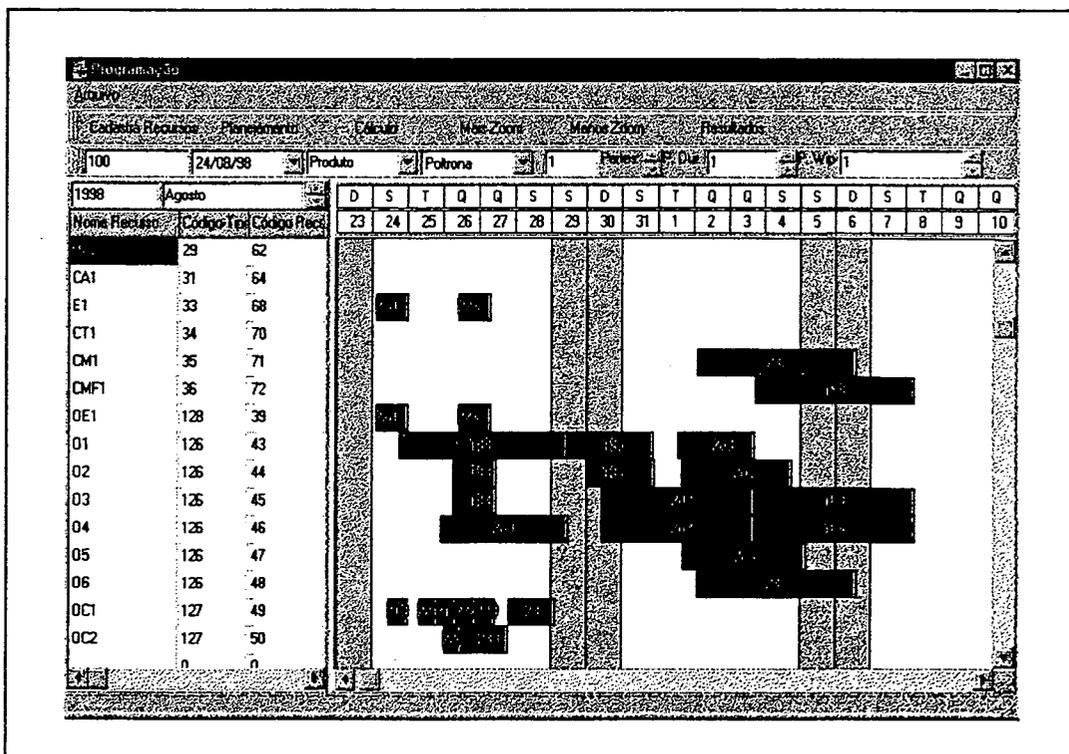


Figura 44: Continuação da visualização da programação da produção

A seguir é apresentado as informações sobre o controle da produção.

Para que se possa avaliar a operacionalização dos objetos de controle de produção, controle de estoques e de custos industriais, foi gerado o resultado do que seria a posta em marcha desta programação, para se conseguir estes dados foi aplicado aleatoriamente um desvio de 10% sobre os resultados da programação. É importante frisar que estes resultados não possuem a finalidade de caracterizar a industria objeto deste caso, mais sim possibilitar dados práticos para se aplicar os próximos objetos do sistema.

<i>Código Operação</i>	<i>Operação</i>	<i>Início (min)</i>	<i>Duração (min)</i>	<i>Recursos</i>	<i>Numero Lotes Produzidos</i>	<i>Unidades/ Lote</i>	<i>Refugo</i>	<i>Total Produzido</i>
201	Rec. Anal. Parafusos	0	50	FAQ	14,5	100	0	1450 uni
214	Rec. Anal. Ins. Acento	80	45	FAQ	1	100	0	100 uni
199	Rec. Anal. Braços	150	60	FAQ	10,5	20	0	210 uni
213	Rec. Anal. Tecidos Forro Anterior Acento	250	60	FAQ	6	20	0	120 uni
219	Moldar Tecidos Forro Anterior Acento	320	240	COM OC1	10	10	0	100 uni
220	Expandir Espuma Acento	130	420	E1 OE1	10	10	1	99 uni
197	Rec. Anal. Tubos Transversais	350	220	FAQ	21,5	20	0	430 uni
233	Rec. Anal. Regulagem	620	50	FAQ	2	50	0	100 uni
215	Rec. Anal. Tecidos Forro Sup. Encosto	700	80	FAQ	6	20	0	120 uni
198	Cortar Tubos Transversais	480	2110	CT O1	40	10	2	398 uni
216	Rec. Anal. Tec. Forro Ant. Encosto	800	75	FAQ	5	20	0	100 uni
221	Moldar Tec. Forro Sup.	600	280	COM OC1	10	10	0	100 uni

	Encosto							
212	Rec. Anal. Tec. Forro Sup. Acento	880	70	FAQ	5,5	20	0	110 uni
194	Rec. Anal. Tubos Superiores	960	170	FAQ	10,5	20	0	210 uni
218	Moldar Tec. Forro Sup. Acento	950	230	COM OC1	10	10	1	99 uni
228	Costurar/Cortar Forro Acento	1040	215	MC OC2	10	10	0	100 uni
190	Rec. Anal. Arames	1150	120	FAQ	4,5	50	0	225 uni
217	Rec. Anal. Insumos Encosto	1300	30	FAQ	1	100	0	100 uni
193	Cortar/Dobrar Arames	1280	550	CDA O2 O3	10	20	3	197 uni
200	Dobrar Tubos Transversais	1050	1700	DT O4	40	10	4	196 uni
222	Moldar Tec. Forro Forro Ant. Encosto	1250	280	COM OC1	10	10	0	100 uni
230	Forrar Acento	1280	650	COSM OC2	20	5	2	98 uni
223	Expandir Espuma Encosto	1350	400	E OE1	10	10	1	99 uni
229	Costurar/Cortar Forro Encosto	1800	210	MC OC1	10	10	2	98 uni
231	Forrar Encosto	2020	550	COSM OC1	20	5	1	99 uni
195	Cortar Tubos Superiores	2700	1100	CT O1	20	10	3	197 uni
196	Dobrar Tubos Superiores	2950	980	DT O2	20	10	2	198 uni
202	Soldar estrutura Arame/Tubos	3150	2000	MS O3 O4	100	1	1	99 uni
203	Furar / Lixar Estrutura	4200	1050	FLC O1	100	1	0	100 uni
204	Fixar Parafusos	4260	1400	P O2	100	1	0	100 uni
206	Pintar Estrutura	4290	1580	CP O5	100	1	0	100 uni
232	Montar	4480	2120	CM	20	5	0	100 uni

	Estrutura/Acento /Encosto			O6				
189	Montagem Final	5250	2120	CMF O3 O4	100	1	0	100 uni

Quadro 10: Variáveis de controle de produção

Frente a estes resultados, o gerente de produção tomou as seguintes determinações quanto ao armazenamento intermediário de artigos em estoques específicos. Estes dados também se referem a supostas alternativas possíveis, e em uma aplicação real dependeria do gerente de produção tomar estas atitudes, como foi definido no capítulo 4 referente ao objeto de controle de estoques.

<i>Programação Operação</i>	<i>Entrada (min)</i>	<i>Numero Lotes</i>	<i>Total (unidades)</i>
201	60	14,5	1450
199	250	10,5	210
213	315	0,5	10
197	500	1	20
233	800	2	100
215	780	0,75	15
216	950	5	100
212	930	0,25	5
194	1200	10,5	210
219	450	10	100
220	410	9,9	99
221	1025	10	100
193	1550	9,7	197
190	1270	0,2	10
231	2190	4,95	99
189	5700	100	100

Quadro 11: Entrada de artigos em estoques específicos

Os. Os valores de entrada para efeito de resumo, referem-se às datas de entradas do primeiro lote de produção

<i>Programação Operação</i>	<i>Artigo</i>	<i>Saída (min)</i>	<i>Numero Lotes</i>	<i>Total (unidades)</i>
202	Parafusos	3000	14,2	1420
200	Tubos Transversais	2500	0,05	2
202	Tubos Transversais	4800	0,1	4
189	Braços	5150	10,25	205
228	Tecido Forro Ant. Acento	5010	10	100
228	Espuma Acento	1150	10	100
229	Espuma Encosto	1720	0,1	1
189	Mecanismo Regulagem	2600	2	100
222	Tecido Forro Ant. Enc.	1010	5	100
231	Forro Encosto	2000	0,2	2
195	Tubos Superiores	950	10,25	100
196	Tubos Superiores	3650	0,15	3
202	Tubos Superiores	3800	0,1	2
202	Arames	1780	10	100
203	Estrutura Arame Tubos	5000	1	1
239	Tecidos Forro Sup. Enc.	3050	10	200
232	Acento	1800	0,4	2
232	Encosto	4200	20	100

Quadro 12: Saída de artigos de estoques específicos

Os valores de saída para efeito de resumo, referem-se às datas de saída do primeiro lote de produção

De posse destas informações é possível definir a movimentação de artigos na linha de produção, de acordo com a tabela a seguir.

<i>Artigo</i>	<i>Da Operação</i>	<i>Para a Operação</i>	<i>Numero Lotes</i>	<i>Recurso</i>
Parafusos	201	Estoque	14,5	Funcionário Movimentação Artigos
Insumos Acento	214	220	1	Funcionário Movimentação Artigos
Braços	199	Estoque	10,5	Funcionário Movimentação Artigos

Tecidos Forro Anterior Acento	213	219	5,5	Funcionário Movimentação Artigos
Tecidos Forro Anterior Acento	213	Estoque	0,5	Funcionário Movimentação Artigos
Tecidos Forro Anterior Acento	219	Estoque	10	Funcionário Movimentação Artigos
Espuma Acento	220	Estoque	9,9	Funcionário Movimentação Artigos
Tubos Transversais	197	198	20,5	Funcionário Movimentação Artigos
Tubos Transversais	197	Estoque	1	Funcionário Movimentação Artigos
Mecanismo de Regulagem	233	Estoque	2	Funcionário Movimentação Artigos
Tecidos Forro Superior do Encosto	215	221	5,25	Funcionário Movimentação Artigos
Tecidos Forro Superior do Encosto	215	Estoque	0,75	Funcionário Movimentação Artigos
Tubos Transversais	198	200	39,95	Funcionário Movimentação Artigos
Tubos Transversais	Estoque	200	0,05	Funcionário Movimentação Artigos
Tecidos Forro Anterior Encosto	216	Estoque	5	Funcionário Movimentação Artigos
Tecido Forro Anterior Encosto	222	229	10	Funcionário Movimentação Artigos
Tecido Forro Superior Acento	212	218	5,25	Funcionário Movimentação Artigos
Tecido Forro Superior Acento	212	Estoque	0,25	Funcionário Movimentação Artigos
Tubos Superiores	194	Estoque	10,5	Funcionário Movimentação Artigos
Tecido Forro Superior Acento	218	228	10	Funcionário Movimentação Artigos
Forro Acento	228	230	10	Funcionário Movimentação Artigos
Arame	190	193	4,3	Funcionário Movimentação Artigos
Arame	190	Estoque	0,2	Funcionário Movimentação Artigos
Insumos	217	223	1	Funcionário Movimentação Artigos
Arame	193	Estoque	9,7	Funcionário Movimentação Artigos
Tubos Transversais	200	202	39,9	Funcionário

				Movimentação Artigos
Tubos Transversais	Estoque	202	0,1	Funcionário Movimentação Artigos
Tecido Forro Superior Encosto	221	Estoque	10	Funcionário Movimentação Artigos
Acento	230	232	19,6	Funcionário Movimentação Artigos
Acento	Estoque	232	0,4	Funcionário Movimentação Artigos
Espuma Encosto	223	229	9,9	Funcionário Movimentação Artigos
Espuma Encosto	Estoque	229	0,1	Funcionário Movimentação Artigos
Forro Encosto	229	231	9,8	Funcionário Movimentação Artigos
Forro Encosto	Estoque	231	0,2	Funcionário Movimentação Artigos
Encosto	231	Estoque	4,95	Funcionário Movimentação Artigos
Tubos Superiores	195	196	19,85	Funcionário Movimentação Artigos
Tubos Superiores	Estoque	196	0,15	Funcionário Movimentação Artigos
Tubos Superiores	196	202	19,90	Funcionário Movimentação Artigos
Tubos Superiores	Estoque	202	0,1	Funcionário Movimentação Artigos
Estrutura Arame Tubos	202	203	99	Funcionário Movimentação Artigos
Estrutura Arame Tubos	Estoque	203	1	Funcionário Movimentação Artigos
Estrutura Arame Tubos	203	204	100	Funcionário Movimentação Artigos
Estrutura Arame Tubos	204	206	100	Funcionário Movimentação Artigos
Estrutura Acento/Encosto	232	189	100	Funcionário Movimentação Artigos
Poltrona	189	Estoque	100	Funcionário Movimentação Artigos
Parafusos	Estoque	202	14,2	Funcionário Movimentação Artigos
Braços	Estoque	189	10,25	Funcionário Movimentação Artigos
Tecidos Forro Anterior Acento	Estoque	228	10	Funcionário Movimentação Artigos

Espuma Acento	Estoque	228	10	Funcionário Movimentação Artigos
Mecanismo Regulagem	Estoque	189	2	Funcionário Movimentação Artigos
Tecido Forro Anterior Encosto	Estoque	222	5	Funcionário Movimentação Artigos
Tubos Superiores	Estoque	195	10,25	Funcionário Movimentação Artigos
Arames	Estoque	202	10	Funcionário Movimentação Artigos
Tecidos Forro Superior Encosto	Estoque	229	10	Funcionário Movimentação Artigos
Encosto	Estoque	232	20	Funcionário Movimentação Artigos

Quadro 13: Movimentação de artigos na linha de produção

À partir dos reportes de execução de atividades por recursos, é possível definir o consumo de recursos por atividades, de acordo com o quadro a seguir.

<i>Recurso</i>	<i>Início (min)</i>	<i>Duração (min)</i>	<i>Atividade</i>	<i>Valor Direcionador</i>
FAQ	0	50	Rec. Analisar Parafusos	14,5
FAQ	80	45	Rec. Analisar Insumos	1
FAQ	150	60	Rec. Analisar Braços	10,5
FAQ	250	60	Rec. Analisar Tecido Forro Anterior Acento	6
COM OC1	320	240	Moldar Tecidos Forro Anterior Acento	240
E OE1	130	420	Expandir Espuma Acento	420
FAQ	350	220	Rec. Analisar Tubos Transversais	21,5
FAQ	620	50	Rec. Analisar Mecanismo Regulagem	2
FAQ	700	80	Rec. Analisar Tecidos Forro Superior Encosto	6
CT OI	480	2110	Cortar Tubos Transversais	2110
FAQ	800	75	Rec. Analisar Tecidos Forro Anterior Encosto	5

COM OC1	900	280	Moldar Tecido Forro Anterior do Encosto	280
FAQ	880	70	Rec. Analisar Tecidos Forro Superior Acento	5,5
FAQ	960	170	Rec. Analisar Tubos Superiores	10,5
COM OC1	950	230	Moldar Tecidos Forro Superior Acento	230
MC OC2	1040	215	Costurar/Cortar Forro Acento	215
FAQ	1150	120	Rec. Analisar Arames	4,5
FAQ	1300	30	Rec. Analisar Insumos Encosto	1
CDA O2 O3	1280	550	Cortar Dobrar Arames	550
DT O4	1050	1700	Dobrar Tubos Transversais	1700
COM OC1	1250	250	Moldar Tecidos Forro Superior Encosto	250
COSM OC2	1280	650	Forrar Acento	650
E OE	1350	400	Expandir Espuma Encosto	400
MC OC1	1800	210	Costurar/Cortar Forro Encosto	210
COSM OC1	2020	550	Forrar Encosto	550
CT O1	2700	1100	Cortar Tubos Superiores	1100
DT O2	2950	980	Dobrar Tubos Superiores	980
MS O3 O4	3150	2000	Soldar Estrutura Arame Tubos	2000
FLC O1	4200	1050	Furar/Lixar Estrutura	4200
P	4260	1400	Fixar Parafusos	1400

O2				
CP	4290	1580	Pintar Estrutura	1580
OS				
CM	4480	2120	Montar Estrutura Acento/Encosto	2120
O6				
CMF	5250	2120	Montagem Final	2120
O3				
O4				
Gerente Almoxarifado	0	1200	Comprar Parafusos	14,5
Gerente Almoxarifado	0	1200	Comprar Arames	4,5
Gerente Almoxarifado	0	1200	Comprar Tubos	40
Gerente Almoxarifado	0	1200	Comprar Tecidos	80
Gerente Almoxarifado	0	1200	Comprar Insumos	2
Gerente Almoxarifado	0	1200	Comprar Braços	20
Gerente Almoxarifado	0	1200	Comprar Regulagem	2
Gerente Almoxarifado	0	1800	Captar e Avaliar Novos Fornecedores	163
Funcionário do Almoxarifado Estoques	0	3000	Estocar e Manter Estoques	42,5
Gerente Produção	0	7500	Planejar e Programar a Produção	1
Gerente Produção	0	7500	Controlar e Analisar Dados de Reporte de Produção	858
Funcionário Qualidade	6000	1000	Realizar Testes nas Poltronas	100
Gerente Qualidade	0	7500	Executar o CEP	858
Gerente Qualidade	0	8000	Desenvolver Sistema de Qualidade	858
Funcionário Estoques	0	8000	Estocar e Manter Estoques	60
Funcionário de	0	7500	Movimentação de Artigos	901

Movimentação de Artigos				
Sistema de Informações	0	8000	Gerenciamento Interno e de Produção	300
Telefonia	0	8000	Geral	50
Material Escritório	0	8000	Geral	40
Material Consumo	0	8000	Geral	80
Viagens	0	8000	Geral	150
Catálogos	0	8000	Geral	-
Periódicos	0	8000	Geral	-
Combustível	0	8000	Geral	200
Aluguel	0	8000	Geral	300
Correio	0	8000	Geral	20
Serv. Terceiros	0	8000	Geral	350
Outras Despesas	0	8000	Geral	120

Quadro 14: Consumo de recursos por atividades

As atividades gerais, são atividades realizadas para contribuir para a fabricação da ordem de produção.

Como foi isto no capítulo 4, para o custeio ABC de duas dimensões, uma vez realizado o reporte de consumo de recursos pelas atividades, realiza-se então o reporte de consumos de atividades por ordem de produção.

<i>Atividade</i>	<i>Início (min)</i>	<i>Duração (min)</i>	<i>Ordem de Produção</i>	<i>Valor Direcionador</i>	<i>Custo Total R\$</i>
Rec. Analisar Parafusos	0	50	1	14,5	17,4
Rec. Analisar Insumos	80	45	1	1	1,2
Rec. Analisar Braços	150	60	1	10,5	12,6
Rec. Analisar Tecido Forro Anterior Acento	250	60	1	6	7,2
Moldar Tecidos Forro Anterior Acento	320	240	1	240	14,4
Expandir Espuma Acento	130	420	1	420	155,4

					29,4
Rec. Analisar Tubos Transversais	350	220	1	21,5	25,8
Rec. Analisar Mecanismo Regulagem	620	50	1	2	2,4
Rec. Analisar Tecidos Forro Superior Encosto	700	80	1	6	7,2
Cortar Tubos Transversais	480	2110	1	2110	253,2 147,7
Rec. Analisar Tecidos Forro Anterior Encosto	800	75	1	5	6
Moldar Tecido Forro Anterior do Encosto	900	280	1	280	16,8 19,6
Rec. Analisar Tecidos Forro Superior Acento	880	70	1	5,5	6,6
Rec. Analisar Tubos Superiores	960	170	1	10,5	12,6
Moldar Tecidos Forro Superior Acento	950	230	1	230	13,8 16,1
Costurar/Cortar Forro Acento	1040	215	1	215	32,25 15,05
Rec. Analisar Arames	1150	120	1	4,5	5,4
Rec. Analisar Insumos Encosto	1300	30	1	1	1,2
Cortar Dobrar Arames	1280	550	1	550	82,5 38,5 38,5
Dobrar Tubos Transversais	1050	1700	1	1700	170 119
Moldar Tecidos Forro Superior Encosto	1250	250	1	250	15 17,5
Forrar Acento	1280	650	1	650	78 45,5
Expandir Espuma Encosto	1350	400	1	400	148 28
Costurar/Cortar Forro Encosto	1800	210	1	210	14,7

					14,7
Forrar Encosto	2020	550	1	550	66 38,5
Cortar Tubos Superiores	2700	1100	1	1100	132 77
Dobrar Tubos Superiores	2950	980	1	980	313,6 68,6
Soldar Estrutura Arame Tubos	3150	2000	1	2000	260 140 140
Furar/Lixar Estrutura	4200	1050	1	1050	84 73,5
Fixar Parafusos	4260	1400	1	1400	84 98
Pintar Estrutura	4290	1580	1	1580	395 110,6
Montar Estrutura Acento/Encosto	4480	2120	1	2120	360,4 148,4
Montagem Final	5250	2120	1	2120	381,6 148,4
Comprar Parafusos	0	1200	1	14,5	17,4
Comprar Arames	0	1200	1	4,5	5,4
Comprar Tubos	0	1200	1	40	48
Comprar Tecidos	0	1200	1	80	96
Comprar Insumos	0	1200	1	2	2,4
Comprar Braços	0	1200	1	20	24
Comprar Regulagem	0	1200	1	2	2,4
Captar e Avaliar Novos Fornecedores	0	1800	1	163	195,6
Estocar e Manter Estoques	0	3000	1	42,5	42,5
Planejar e Programar a Produção	0	7500	1	1	0,5
Controlar e Analisar Dados de Reporte de Produção	0	7500	1	858	429
Realizar Testes nas Poltronas	6000	1000	1	100	25
Executar o CEP	0	7500	1	858	215,4

Desenvolver Sistema de Qualidade	0	8000	1	858	214,5
Estocar e Manter Estoques	0	8000	1	60	60
Movimentação de Artigos	0	7500	1	901	450,5
Gerenciamento Interno e de Produção	0	8000	1	300	300
Geral	0	8000	1	1310	1310

Quadro 15: Consumo de atividades por ordem de produção

De posse destas informações, o objeto gerenciador de custos industriais, pode fornecer o custo total da ordem de produção, que para este caso foi de R\$ 8.203,00. Somando com o valor das matérias primas, tem-se:

<i>Artigo</i>	<i>Custo Unitário (R\$)</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Valor Total (R\$)</i>
Parafusos	0,04	1450	60
Insumos Acento	0,28	100	28
Insumos Encosto	0,25	100	25
Braços	3,25	200	650
Mecanismo Regulagem	3,20	100	320
Tecido Forro Anterior Acento	0,28	100	28
Tecido Forro Superior Acento	0,30	100	30
Tecido Forro Anterior Encosto	0,30	100	30
Tecido Forro Superior Encosto	0,35	100	35
Tubos Superiores	0,71	210	150
Tubos Transversais	0,51	430	220
Arames	0,51	225	115

Quadro 16: Custo de matéria-prima

Algumas operações não terminaram com êxito o planejamento, devido a ocorrência de refugos de produção, sendo que os artigos refugados foram repostos pelo estoque de

segurança. O custo destes artigos, deve ser obtido da programação da produção que os gerou; para efeito de ilustração será usados valores fictícios.

<i>Operação que gerou o refugo</i>	<i>Total de unidades substituídas</i>	<i>Custo unitário</i>	<i>Custo total</i>
220	1	0,8	0,8
198	2	1,2	2,4
193	3	0,2	0,6
200	4	0,7	2,8
230	2	1,9	3,8
223	1	0,6	0,6
229	2	0,3	0,9
231	1	2,5	2,5
195	3	0,7	2,1
196	2	0,8	1,6
202	1	10,2	10,2

Quadro 17: Custos dos artigos refugados

Deve-se considerar também os artigos que sobraram, devido principalmente ao fator de segurança no momento da compra dos componentes. Estes artigos ficarão armazenados nos estoques específicos e podem ser usados por outras programações de produção, sendo assim, não devem entrar nos custos desta programação de produção.

<i>Operação que gerou a sobra</i>	<i>Total de unidades</i>	<i>Custo unitário</i>	<i>Valor Direcionador Custos R\$</i>	<i>Custo total</i>
201	30	0,04	0,36	0,4
199	5	3,25	0,3	3,55
213	10	0,28	0,12	0,4
197	20	0,51	1,29	1,8
215	15	0,35	0,9	1,25
212	5	0,30	0,3	0,6
194	5	0,71	0,16	0,87
190	10	0,51	0,24	0,75

Quadro 18: Custo das sobras

Sendo assim o custo unitário de uma poltrona neste lote de produção será: R\$ 100,03.

6.5. Conclusão

Todos os resultados obtidos nos quadros, são derivados da execução dos algoritmos definidos no capítulo 4. Fica claro que seguindo a metodologia definida no capítulo 5, a implantação e operacionalização do sistema é linear e os resultados obtidos na execução de um algoritmo específico, servem como entrada para o seguinte, dentro da lógica do sistema.

Apesar do caso estudado anteriormente ser fictício, é possível que se construa um bom parâmetro da adaptabilidade do sistema em PMI's; além da possibilidade do uso deste estudo de caso como um guia específico de implantação e operacionalização em PMI's.

Pode-se afirmar que os resultados obtidos com este estudo de caso reflete a sinergia das técnicas utilizadas, visualizando a unificação e simplificação da gestão da produção. Quanto à tecnologia da informação, o uso de objetos distribuídos adicionou flexibilidade ao sistema⁸¹ e possibilitou a criação de interfaces com o usuário mais intuitivas sem exigir grande poder de processamento.

⁸¹ Como exemplo de flexibilidade, os sub-sistemas podem ser executados à partir de Browser's Internet

Capítulo 7

Conclusões e Recomendações para Futuras Pesquisas

7.1. Conclusões

Este trabalho teve como linha básica dois objetivos específicos: O uso de técnicas integradas de gestão de produção, visando unificar as variáveis do sistema e facilitar sua implantação e operacionalização; e também a integração destas técnicas de produção via uma rede eficiente de informações, usando tecnologia da informação disponível para o segmento industrial das PMI's, de baixo custo de manutenção e operacionalização.

À partir destes dois objetivos pode-se afirmar:

O estudo de trabalhos recentes na área de gerenciamento da produção, mostrou um elevado número de técnicas e estudos com grande aplicabilidade de forma integrada. Dentre as técnicas estudadas, este trabalho procurou se fixar nas que apresentaram um maior grau de automação e também de aplicação prática no segmento das PMI's.

As técnicas de produção utilizadas possibilitaram a aplicação deste sistema em estudos reais do ambiente de produção das PMI's, considerando lista de materiais com diversos níveis, rotas e recursos alternativos de produção, uso de múltiplos recursos por operação produtiva, lotes de transporte e de produção, calendário de recursos e tempo de preparo para operações. O gerenciamento de estoques específicos pelo método provisional possibilitou um maior controle dos artigos armazenados e também gera uma economia nos custos de armazenamento, ao mesmo tempo que, em conjunto com o controle de produção, fornece subsídios para coordenar e controlar as etapas produtivas de uma ordem de produção.

O algoritmo gerador de programações ativas, usado para gerar a programação da produção, pode ser usado para criar diversos cenários de produção, auxiliando na tomada de decisões e possibilitando que se encontre os gargalos produtivos e as maiores concentrações de estoques em processo. A natureza aleatória das soluções geradas por este algoritmo, foi facilmente contornada com o uso de uma função de avaliação, uma vez que o seu tempo de processamento computacional foi razoavelmente baixo, em diversos testes realizados.

O sistema de custeio pelo método ABC de duas dimensões, permitiu visualizar e gerenciar adequadamente a demanda e o fornecimento de recursos disponíveis por parte da empresa, e mostra claramente o consumo destes recursos pelas atividades possibilitando uma análise imediata do seu nível de eficiência; permitindo que se chegue a conclusões sobre o potencial de valor que estas atividades agregam no produto/serviço que estão gerando. Estes parâmetros podem ser aplicados diretamente em sistemas de controle de qualidade e também para a tomada de decisão, refletindo de maneira mais acurada as oscilações do processo produtivo.

Por outro lado, o uso da tecnologia de objetos distribuídos foi fator decisivo para garantir a integração e automação do sistema, além de tornar possível a reutilização de soluções existentes e de necessitar de menor poder de processamento, tornando a tecnologia mais adaptável às PMI's. Os aplicativos gerados estão aptos a serem usados via

Internet, ou então em computadores provisoriamente desconectados da rede de informações, diminuindo desta maneira o tráfego de dados na rede interna e exigindo menos investimentos nesta área.

O encapsulamento das técnicas de produção em objetos distintos e independentes, facilitou a cooperação para modelar a integração do sistema, ao mesmo tempo em que diminuiu a manutenção e investimentos em desenvolvimento, possibilitando que se distribua estes objetos por diferentes computadores ou somente naqueles onde o uso for requerido.

O processo de implantação e operacionalização do sistema, particiona as informações necessárias de acordo com as diferentes áreas de produção industriais, simplificando e unificando a coleta de dados. O fluxo interno de informações, para se operacionalizar as técnicas de produção é, gerado pelo próprio sistema e armazenado em banco de dados, para a confecção de gráficos e relatórios e para o auxílio à tomada de decisão.

Finalmente, a implementação computacional e a aplicação prática do sistema em um estudo de caso, possibilita que se tenha um modelo específico de implantação e operacionalização do mesmo em PMI's, ao mesmo tempo, gera uma solução imediata de aplicação prática, na área de gestão da produção para este segmento industrial.

7.2. Recomendações

No que se refere às técnicas de produção, este trabalho pode ser estendido nas seguintes direções:

- Melhoria da performance do método de programação da produção: O método gerador de soluções ativas modificado pode ser usado em conjunto com outras técnicas e

heurísticas para elevar a performance de cálculo, representando uma promissora área de pesquisas;

- Uso de restrições de produção adicionais: Outras limitações de produção podem ser incluídas no sistema, como: Estoques limitados em processo, divisão e agrupamento de lotes de transporte, tempo de movimentação de lotes, entre outros;
- Introdução da grandeza de perdas em processo no sistema de custeio: A perda no processo de produção é um importante fator gerador de custos e, já vem sendo estudada por diversos autores, inclusive sobre a ótica de custeio ABC; [Bornia 1995]
- Outros setores industriais: Deve ser considerado também esforços em outros setores industriais, como: administrativo, comercial e financeiro, além de garantia e controle de qualidade, leiaute, entre outros.

Quanto à tecnologia da informação, a aplicação do sistema em diferentes plataformas computacionais e diferentes arquiteturas de redes e ambientes industriais, fornecerão subsídios importantes para a tomada de decisão sobre qual plataforma adotar no momento da implantação do sistema.

Finalmente a robustez do sistema deve ser confirmada no estudo da aplicação real em PMI's.

Referências Bibliográficas

ANTUNES J. A. V. J., “Fundamentação do Método das Unidades de Esforço de Produção”, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1988.

BASTOS, R. M. , “Sistemas de planejamento das necessidades de materiais e dos recursos de manufatura: MRP e MRP II” , Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

BATALHA M. O., DEMORI F., “A Pequena e Média Indústria de Santa Catarina”, Ed. da UFSC, Florianópolis 1990.

BERNSTEIN P. A., “Middleware: A Model for Distributed System Services”, *Communications of the ACM Magazine* 39(2): 87-98, fevereiro 1996.

BERSON A., “Client/Server Architecture”, Ed. McGraw Hill 1996.

BORNIA, A. C., “Análise dos Princípios do Método das Unidades de Esforço de Produção”, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1988.

BORNIA, A. C., "Mensuração das perdas dos processos produtivos: uma abordagem metodológica de controle interno", Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

BOYLE W., "Real Manufacturing Within a Distributed Object Framework", Sematech Inc. Collaborative Manufacturing System, January 1997.

BUCK-EMDEN R. and GALIMOW J. "SAP R/3 System A Client/Server Tecnology" Ed. Addison Wesley, Endinburgh-England 1996.

CAMPOS D. F., "Planificacion de Necesidades de Materiales Com Recursos de Fabricacion Limitados: Diseño de Un Sistema Aplicable a Pequeñas Empresas", Tesis Doctoral, Escuela Tecnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politecnica de Madrid, Madrid 1989.

CÂNDIDO M. A. B., "A Hybrid Genetic Approach to Solve Real Make-To-Order Job Shop Scheduling Problems", Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

CHING, H. Y., "Gestão Baseada em Custeio por Atividades", Ed. Atlas 1995.

CORREA, H L.; GIANESI I. G. N., "Just-in-Time, MRP II e OPT: Um Enfoque Estratégico", Ed. Atlas, 1993.

COGAN S., "Modelos de Custeio Baseado em Atividades Aplicado à Manufatura Celular", Tese de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Coppe, Rio de Janeiro 1994.

COGAN S., "Modelos ABC/ABM", Ed. Qualitymark, Rio de Janeiro, Janeiro 1997.

COOPER R., "Implementing as Activity-Based Cost System", *Journal of Cost Management*, pp.32-42, (spring).

COOPER R. and KAPLAN R. S., "The Design of Cost Management Systems: Text, Cases and Readings", Ed. Prentice-Hall Inc. 1991.

DEMORI F., "Sistema Integrado de Gestão da Produção para Pequenas e Médias Indústrias", Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1991.

EDWARDS J., "3-Tier Client/Server at Work", Ed. John Wiley & Sons 1997.

ERDMANN, R. H., "Modelo Organizativo Para Sistemas de Planejamento e Controle da Produção", Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1994.

ERDMANN, R. H. et Al., "Avaliação dos Softwares de PCP no Mercado Nacional", Artigo publicado no Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGP 1996.

EVANS C. et Al., "Client Server: A Handbook of Modern Computer System Design", Ed. Prentice Hall 1996.

FALCONI V. C., "Controle da Qualidade Total – No Estilo Japonês", Bloch Editores S. A., Rio de Janeiro 1992.

FINGAR et Al., "Next Generation Computing: Distributed Objects for Business", Ed. SIGS Books & Multimedia 1996.

FRIEDRICH L. F., "Uma abordagem Distribuída no Desenvolvimento e Implementação do Software de Controle de Chão-de-Fábrica em Sistemas de Manufatura Celular",

Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

GANZHORN et Al., " Bridging the Information Gap: For Small and Medium Enterprises: Proceedings of the Seminar 'Distributed Databases Systems for Small and Medium Enterprises'", Ed. Springer Verlag 1991.

GIFFLER B. and THOMPSON G. L., "Algorithms for Solving Production-Scheduling Problems", Operation Research, v.8, n.4 1960.

GOLDRATT, E. M., "A Corrida", IMAM, São Paulo 1989.

GUIMARÃES R., "Adaptabilidade das Técnicas Integradas de Gestão da Produção às Pequenas e Médias Indústrias", Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1990.

HSU C., Cho J., YEE L. and RATTNER L., "Core Information Model: A Practical Solution To Costly Integration Problems", Computers & Industrial Engineering, Vol. 28, No. 3, pp 523-544, 1995.

IAROZINSK N., "A gestão industrial através do método das unidades de esforço de produção", Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1989.

ISLAM N., "Distributed Objects: Methodologies for Customizing Systems Software", IEE Computer Society 1996.

MARTIN J. e ODELL J. J., "Análise e Projeto Orientados a Objeto", Ed. Makron Books 1995.

MARTINS E., “Contabilidade de Custos”, Ed. Atlas, São Paulo 1990.

MOTAVALLI S., DADASHZADEH M. and TAGHAVI-FARD M., “A Proposed Framework and A Survey Of Research Issues In Manufacturing Information Systems”, *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 28, No. 3, pp. 513-522, 1995.

OMG (1997a), CORBAfacilites Specification – Full Book, OMG formal, 97/06/15.

OMG (1997b), CORBAservices Specification – Full Book, OMG formal, 97/06/01.

OMG (1997c), CORBA 2.0 IIOP Specification, OMG formal, 97/02/25.

OHNO T., “O Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala”, Ed. Bookman, Porto Alegre 1997.

ORFALI R. et Al., “The essential Ditributed Objects – Survival Guide”, Ed. Jonh Wiley & Sons 1996.

PLAYER S. et Al, “Activity Based Management – Lições do Campo de Batalha”, Ed. Makron Books, São Paulo 1997.

PORTER, Michael E., “Estratégia Competitiva: Técnicas para análise de indústrias e da Concorrência”, Ed. Campus, Rio de Janeiro 1991.

PRASAD L. et Al., “Advances in Distributed Sensor Integration: Application and Theory”, Ed. Prentice Hall 1995.

PRESSMAN, R. S., “Engenharia de Software”, Ed. Makron Books, São Paulo-Brasil 1995.

SHAN Y. et Al., "Enterprise Computing With Objects: From Client/Server Enviroment to the Internet", Ed. Addison-Wesley Pub Co 1997.

SHINGO S., "O Sistema Toyota de Produção", Ed. Bookman, Porto Alegre 1996.

SOLEY, R. M., "Object Management Achitecture Guide", Object Management Group, Doc. 90.9.1, november 1990.

SOUZA L. G., "Sistemas de informações para as pequenas e médias empresas" ,
Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção,
Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1987.

SRINIVAS, K. et Al., "Java and Beyind: Executable Content", IEEE Computer, vol 30 –
6, June 1997.

TUBINO, D. F., "Manual de planejamento e controle da produção", Ed. Atlas, São Paulo
1997.

Apêndice A

Modelo Entidade-Relacionamento do banco de dados do sistema distribuído de gestão da produção

Como citado na modelagem da camada de banco de dados no capítulo quatro, este sistema usa o modelo de banco de dados relacional para construir esta camada. A seguir é apresentado o dicionário de dados do banco de dados, assim como o modelo entidade-relacionamento. A nomenclatura utilizada segue os padrões internacionais de modelagem de banco de dados relacional e o modelo apresentado representa as entidades e as relações entre elas, de acordo com o que foi usado para implementar o sistema no estudo de caso descrito no capítulo 6.

Dicionário de dados

Nome Entidade: Produtos		
Descrição: Armazena os produtos fabricados na industria		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_PRODUTO	Chave primária	
COD_TIPOARTIGO	Chave estrangeira	Referente à entidade Tipos_Artigo
DESCRICAÇÃO	Atributo	Descrição resumida do produto
NUMERO_SERIE	Atributo	Número identificador

Nome Entidade: Subconjuntos		
Descrição: Armazena os subconjuntos utilizados na produção		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_SUBCONJUNTO	Chave primária	
COD_TIPOARTIGO	Chave estrangeira	Referente à entidade Tipos_Artigo
DESCRICAÇÃO	Atributo	Descrição resumida do subconjunto
NUMERO_SERIE	Atributo	Número identificador

Nome Entidade: Componentes		
Descrição: Armazena os componentes utilizados na produção		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_COMPONENTE	Chave primária	
COD_TIPOARTIGO	Chave estrangeira	Referente à entidade Tipos_Artigo
DESCRICAÇÃO	Atributo	Descrição resumida do componente
NUMERO_SERIE	Atributo	Número identificador

Nome Entidade: SubConjuntos_Produtos		
Descrição: Entidade de ligação entre subconjuntos e os produtos nos quais pertence, para montar a lista de materiais		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_SUBCONJUNTO	Chave estrangeira	Referente à entidade Subconjuntos
COD_PRODUTO	Chave estrangeira	Referente à entidade Produtos
QUANTIDADE	Atributo	Quantidade do item na lista de materiais

Nome Entidade: Componentes_Produtos		
Descrição: Entidade de ligação entre componentes e os produtos nos quais pertence, para montar a lista de materiais		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_COMPONENTE	Chave estrangeira	Referente à entidade Componentes
COD_PRODUTO	Chave estrangeira	Referente à entidade Produtos
QUANTIDADE	Atributo	Quantidade do item na lista de materiais

Nome Entidade: SubConjuntos_SubConjuntos		
Descrição: Entidade de ligação entre subconjuntos e outros subconjuntos nos quais pertence, para montar a lista de materiais		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_SUBCONJUNTO	Chave estrangeira	Referente à entidade Subconjuntos
COD_SUBCONJUNTO	Chave estrangeira	Referente à entidade Subconjuntos
QUANTIDADE	Atributo	Quantidade do item na lista de materiais

Nome Entidade: Componentes_SubConjuntos		
Descrição: Entidade de ligação entre componentes e os subconjuntos nos quais pertence, para montar a lista de materiais		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_SUBCONJUNTO	Chave estrangeira	Referente à entidade Subconjuntos
COD_COMPONENTE	Chave estrangeira	Referente à entidade Componentes
QUANTIDADE	Atributo	Quantidade do item na lista de materiais

Nome Entidade: Tipos_Artigo		
Descrição: Armazena os tipos de artigos fabricados		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_TIPOARTIGO	Chave primária	
DESCRICAO	Atributo	Descrição resumida do tipo de artigo

Nome Entidade: SubProcessos		
Descrição: Armazena os subprocessos constituintes da linha de produção dos artigos		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_SUBPROCESSO	Chave primária	
DESCRICAO	Atributo	Descrição resumida do subprocesso

Nome Entidade: Rotas		
Descrição: Armazena as rotas de produção constituintes de um subprocesso		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_ROTA	Chave primária	
COD_SUBPROCESSO	Chave estrangeira	Referente à entidade subprocessos
DESCRICAO	Atributo	Descrição resumida da rota

Nome Entidade: Operações		
Descrição: Armazena as operações constituintes de uma rota de produção		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_OPERACAO	Chave primária	
COD_ROTA	Chave estrangeira	Referente à entidade rotas
COD_TIPOOPERACAO	Chave estrangeira	Referente à entidade Tipos_operação
DESCRICAO	Atributo	Descrição resumida da operação
TEMPO_SETUP	Atributo	Valor do tempo de preparo da operação
TEMPO_EXECUCAO	Atributo	Valor do tempo de execução
LOTE_TRANSPORTE	Atributo	Valor do lote de transporte
ORDEM	Atributo	Ordem de execução da operação na rota de produção

Nome Entidade: SubProcessos_Produtos		
Descrição: Entidade de ligação entre os produtos e seus subprocessos de produção		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_SUBPROCESSO	Chave primária	
COD_PRODUTO	Chave estrangeira	Referente à entidade produtos
ORDEM	Atributo	Ordem de execução do subprocesso na fabricação do artigo

Nome Entidade: SubProcessos_SubConjuntos		
Descrição: Entidade de ligação entre os subconjuntos e seus subprocessos de produção		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_SUBPROCESSO	Chave primária	
COD_SUBCONJUNTO	Chave estrangeira	Referente à entidade subconjuntos
ORDEM	Atributo	Ordem de execução do subprocesso na fabricação do artigo

Nome Entidade: SubProcessos_Componentes		
Descrição: Entidade de ligação entre os componentes e seus subprocessos de produção		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_SUBPROCESSO	Chave primária	
COD_COMPONENTE	Chave estrangeira	Referente à entidade componente
ORDEM	Atributo	Ordem de execução do subprocesso na fabricação do artigo

Nome Entidade: OrdemProducao		
Descrição: Armazena as ordens de produção programadas		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_ORDEMPRODUCAO	Chave primária	
DATA_INICIO	Atributo	Data de início programada da ordem de produção
DATA_FIM	Atributo	Data de final programada da ordem de produção

Nome Entidade: OrdensProducao_Produtos		
Descrição: Entidade de ligação entre OrdemProducao e Produtos referentes às ordens de produção de produtos fabricados		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_ORDEMPRODUCAO	Chave estrangeira	Referente à entidade OrdemProducao
COS_PRODUTO	Chave estrangeira	Referente à entidade Produtos
QUANTIDADE	Atributo	Quantidade do artigo que será produzido na referida ordem de produção

Nome Entidade: OrdensProducao_SubConjunto		
Descrição: Entidade de ligação entre OrdemProducao e SubConjunto referentes às ordens de produção de artigos do tipo SubConjunto		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_ORDEMPRODUCAO	Chave estrangeira	Referente à entidade OrdemProducao
COS_SUBCONJUNTO	Chave estrangeira	Referente à entidade SubConjunto
QUANTIDADE	Atributo	Quantidade do artigo que será produzido na referida ordem de produção

Nome Entidade: OrdensProducao_Componentes		
Descrição: Entidade de ligação entre OrdemProducao e Componentes referentes às ordens de produção de artigos do tipo componente		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_ORDEMPRODUCAO	Chave estrangeira	Referente à entidade OrdemProducao
COS_COMPONENTE	Chave estrangeira	Referente à entidade Componente
QUANTIDADE	Atributo	Quantidade do artigo que será produzido na referida ordem de produção

Nome Entidade: Tipos_Recurso		
Descrição: Armazena os tipos de recursos produtivos que a industria dispõe		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_TIPORECURSO	Chave primária	
DESCRICAO	Atributo	Descrição resumida do tipo de recurso

Nome Entidade: Recursos		
Descrição: Armazena os recursos produtivos industriais		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_RECURSO	Chave primária	
COD_ITEMCUSTO	Chave estrangeira	Referente à entidade Itens_Custo
COD_TIPORECURSO	Chave estrangeira	Referente à entidade Tipos_Recurso
DESCRICAO	Atributo	Descrição resumida do recurso

Nome Entidade: Pool_RecursoApoio		
Descrição: Agrupa tipos de recursos para formar conjuntos específicos de apoio que serão usados nas operações produtivas		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_POOLRECURSOSAPOIO	Chave primária	
COD_TIPORECURSO	Chave estrangeira	Referente à entidade TiposRecursos
DESCRICAO	Atributo	Descrição resumida do pool de recursos

Nome Entidade: PoolRecursosApoio_TiposRecursos		
Descrição: Entidade de ligação entre o conjunto de recursos de apoio e os recursos que formam o referido conjunto		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_POOLRECURSOSAPOIO	Chave estrangeira	Referente à entidade PoolRecursosApoio
COD_TIPORECURSO	Chave estrangeira	Referente à entidade TiposRecursos
QUANTIDADE	Atributo	Quantidade do tipo de recurso no pool

Nome Entidade: Programacao_Operacao		
Descrição: Programações efetivadas referente a execução de operações produtivas		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_PROGRAMACAOOPERACAO	Chave primária	
COD_OPERACAO	Chave estrangeira	Referente à entidade Operacoes
COD_ORDEMPRODUCAO	Chave estrangeira	Referente à entidade OrdemProducao
DATA	Atributo	Data de início
PERIODO	Atributo	Hora de início
DURACAO	Atributo	Duração da programação
QUANTIDADE	Atributo	Quantidade a ser produzido do artigo referente a operação programada

Nome Entidade: Programações_Reservadas		
Descrição: Programações efetivadas referente a motivos diversos (ex. parada de recursos para manutenção, licença de funcionários)		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_PROGRAMACAORESERVADA	Chave primária	
COD_TIPOPROGRAMACAORESERVADA	Chave estrangeira	Referente à entidade Tipos_ProgramacoesReservadas
DATA	Atributo	Data de início
PERIODO	Atributo	Hora de início
DURACAO	Atributo	Duração da programação

Nome Entidade: Tipos_ProgramaçõesReservadas		
Descrição: Armazena os tipos possíveis de programações reservadas		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_TIPOPROGRAMACAORESERVADA	Chave primária	
DESCRICAO	Atributo	Descrição resumida do tipo

Nome Entidade: ProgramacaoOperacoes_Recursos		
Descrição: Entidade de ligação entre programações efetivadas referentes à execução de operações produtivas e os recursos produtivos necessários para a execução		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_PROGRAMACAOOPERACAO	Chave estrangeira	Referente à entidade ProgramacaoOperacoes
COD_RECURSO	Chave estrangeira	Referente à entidade Recursos
QUANTIDADE	Atributo	Quantidade de recursos necessários para a programação

Nome Entidade: ProgramacoesReservadas_Recursos		
Descrição: Entidade de ligação entre programações reservadas e os recursos produtivos reservados		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_PROGRAMACAORESERVADA	Chave estrangeira	Referente à entidade ProgramacoesReservadas
COD_RECURSO	Chave estrangeira	Referente à entidade Recursos
QUANTIDADE	Atributo	Quantidade de recursos reservados para a programação

Nome Entidade: ExecuçãoProgramacao		
Descrição: Armazena o reporte de execução de operações produtivas programadas		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_EXECUCAOPROGRAMACAO	Chave primária	
COD_TIPOEXECUCAO	Chave estrangeira	Referente à entidade Tipo_Execucao
COD_PROGRAMACAOOPERACAO	Chave estrangeira	Referente à entidade ProgramacaoOperacoes
DATA	Atributo	Data do reporte
PERIODO	Atributo	Hora do reporte
DURACAO	Atributo	Duração da execução da operação
QUANTIDADE	Atributo	Quantidade de artigos produzidos
E_HORAEXTRA	Atributo	Reporte de hora normal ou hora extra?
NOTA	Atributo	Nota sobre o reporte

Nome Entidade: Tipo_Execucao		
Descrição: Armazena todos os possíveis tipos de execução de uma programação de operação (ex. normal, falha de recurso)		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_TIPOEXECUCAO	Chave primária	
DESCRICAO	Atributo	Descrição resumida do tipo de execução

Nome Entidade: Atividades		
Descrição: Armazena as atividades de produção realizadas na industria		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_ATIVIDADE	Chave primária	
COD_SECAO	Chave estrangeira	Referente à entidade Secao
COD_DIRECIONADORCUSTOS	Chave estrangeira	Referente à entidade Direcionador de custos
COD_TIPORECURSO	Chave estrangeira	Referente à entidade TiposRecurso
COD_POOLRECURSOSAPOIO	Chave estrangeira	Referente à entidade Pool_RecursosApoio
DESCRICAO	Atributo	Descrição resumida da atividade de produção

Nome Entidade: DirecionadorCustos		
Descrição: Armazena os direcionadores de custos usados pelos recursos e as atividades		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_DIRECIONADORCUSTOS	Chave primária	
UNIDADE	Atributo	Unidade usada para a alocação dos custos
DESCRICAO	Atributo	Descrição resumida do direcionador

Nome Entidade: ItensCusto		
Descrição: Entidade de ligação entre o direcionador de custos e o valor monetário deste direcionador		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_ITEMCUSTO	Chave primária	
COD_SECAO	Chave estrangeira	Referente à entidade Secao
COD_DIRECIONADORCUSTOS	Chave estrangeira	Referente à entidade DirecionadorCustos
VALOR	Atributo	Valor monetário do direcionador
DESCRICAO	Atributo	Descrição resumida do item de custo

Nome Entidade: Departamento		
Descrição: Armazenas os departamentos industriais		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_DEPARTAMENTO	Chave primária	
NOME	Atributo	Nome do departamento

Nome Entidade: Secao		
Descrição: Armazenas as seções departamentais		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_SECAO	Chave primária	
COD_DEPARTAMENTO	Chave estrangeira	Referente à entidade Departamento
NOME	Atributo	Nome da seção

Nome Entidade: ExecucaoAtividade		
Descrição: Reporte de execução de atividades		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_EXECUCAOATIVIDADES	Chave primária	
COD_ORDEMPRODUCAO	Chave estrangeira	Referente à entidade ordem de produção
COD_ATIVIDADE	Chave estrangeira	Referente à entidade Atividades
DATA	Atributo	Data da execução
NUMERO_DIRECIONADOR	Atributo	Numero de direcionadores de custos consumidos na execução da atividade
NOTA	Atributo	Nota

Nome Entidade: ConsumoRecursos		
Descrição: Reporte de consumo de recursos pelas atividades		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_CONSUMORECUSROS	Chave primária	
COD_ITEMCUSTO	Chave estrangeira	Referente à entidade ItensCusto
COD_ATIVIDADE	Chave estrangeira	Referente à entidade Atividades
DATA	Atributo	Data da execução
NUMERO_ITENSCUSTO	Atributo	Numero de itens de custos consumidos na execução da atividade
NOTA	Atributo	Nota

Nome Entidade: Estoques		
Descrição: Armazena os estoques específicos de produção		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_ESTOQUE	Chave primária	
DESCRICAO	Atributo	Descrição resumida do estoque

Nome Entidade: Entradas_Estoque		
Descrição: Entidade de ligação entre as programações de produção e os estoques para armazenar as entradas em estoques		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_ESTOQUE	Chave estrangeira	Referente à entidade estoques
COD_PROGRAMACAOOPER ACAO	Chave estrangeira	Referente à entidade ProgramacaoOperacoes
QUANTIDADE	Atributo	Quantidade de artigos provenientes da programação que deram entradas em estoques
DATA	Atributo	Data da entrada
PERIODO	Atributo	Hora da entrada

Nome Entidade: Saidas_Estoque		
Descrição: Entidade de ligação entre as programações de produção e os estoques para armazenar as saídas em estoques		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_ESTOQUE	Chave estrangeira	Referente à entidade estoques
COD_PROGRAMACAOOPER ACAO	Chave estrangeira	Referente à entidade ProgramacaoOperacoes
QUANTIDADE	Atributo	Quantidade de artigos que saíram do estoque para a programação da operação
DATA	Atributo	Data de saída
PERIODO	Atributo	Hora da saída

Nome Entidade: SaídasEstoque_Distribuicao		
Descrição: Entidade de ligação entre as programações de produção e os estoques para armazenar as saídas em estoques para distribuição		
Nome Campo	Tipo	Descrição
COD_ESTOQUE	Chave estrangeira	Referente à entidade estoques
COD_PROGRAMACAOOPER ACAO	Chave estrangeira	Referente à entidade ProgramacaoOperacoes
QUANTIDADE	Atributo	Quantidade de artigos provenientes da programação que saíram do estoque para distribuição
DATA	Atributo	Data da saída
PERIODO	Atributo	Hora da saída

Modelo Entidade-Relacionamento

