

André Schalch
Dilson Canovas Campos

Informatização e Gerenciamento da Fabricação Mecânica
utilizando a Sistemografia.

Estudo de Caso: Processo de Retífica e Lapidação.

10 (Dez) parabéns!
São Paulo 6 de abril de 2001
TUNSTUT

OK
São Paulo
2000

Trabalho de formatura apresentado
à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para
obtenção da graduação em
Engenharia Mecânica com ênfase
em Projeto e Fabricação

Nota média
final 5.1 / 6.0

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

PMC 581
PROJETO MECÂNICO II

**Informatização e Gerenciamento da
Fabricação Mecânica utilizando a
Sistemografia.
Estudo de Caso:
Processo de Retífica e Lapidação.**

Alunos: André Schalch

Dilson Canovas Campos

Prof. Coordenador: Edson Gomes

Prof. Orientador: Gilmar Ferreira Batalha

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABELAS	11
1.Introdução	12
1.1 Contexto.....	12
1.2 Objetivos	14
2. Organização	15
3. Planejamento Estratégico.....	16
4. Processos de Reestruturação.....	19
4.1 Introdução	19
4.2 Controle da Qualidade Total.....	20
4.3 Modelagem Organizacional	22
4.4 Reengenharia.....	23
4.5 Análise Comparativa dos Processos de Reestruturação	24
5.Métodos de Modelagem Organizacional.....	27
5.1. Método de Estudo de Sistemas – Sistemografia.....	27
5.1.1 Introdução.....	27
5.1.2 Definições do método.....	28
5.1.3 Redes de Processadores e Matriz Estrutural do Sistema Geral.....	31
5.1.4 Etapas para Modelagem de Sistemas através da Sistemografia	32
5.1.5 Exemplo de Utilização da Sistemografia.....	34
5.2 Fluxo de Trabalho (Workflow).....	36
5.2.1 Introdução.....	36
5.2.2 Classificação de Fluxos de Trabalho	36
5.2.3 Definições do Método.....	37
5.2.4 Representação de Fluxos de Trabalho	43
5.2.5 Considerações sobre Fluxo de Trabalho	45
5.3 Comparação entre os Métodos Propostos	46
6. Conceitos Gerais de Administração da Produção.....	47
6.1 Introdução	47
6.2 Atividades do sistema de administração da produção (SAP).....	48
6.3 Planejamento da Capacidade.....	51
6.3.1 Introdução.....	51
6.3.2 Planejamento da Capacidade	53
6.3.3 Planos de necessidades de capacidades	55
6.3.4 Carregamento Finito.....	56
6.3.5 Medição da Capacidade.....	57
6.3.6 Fatores que influenciam a capacidade	58

6.4	Previsão e Gerenciamento da Demanda.....	60
6.4.1	Introdução.....	60
6.4.2	Descrição dos métodos.....	61
6.4.2.1	Métodos Causais.....	63
6.4.2.1.1	Regressão Simples.....	63
6.4.2.1.1.1	Regressão Linear Simples.....	64
6.4.2.1.1.2	Coeficientes de Correlação e de Determinação.....	65
6.4.2.1.1.3	Intervalo de confiança.....	66
6.4.2.2	Séries temporais.....	68
6.4.2.2.1	Médias Móveis.....	70
6.4.3	Análise Prática dos Métodos Anteriores.....	73
6.5	Planejamento agregado da produção.....	74
6.5.1	Introdução.....	74
6.5.2	Políticas de Balanceamento.....	75
6.6	Programa mestre de produção.....	78
6.6.1	Introdução.....	78
6.6.2	Relacionamento com a demanda.....	78
6.7	MRP I (Material Requirements Planning) e MRP II (Material Resource Planning).....	81
6.7.1	O contexto do MRP no Sistema de Administração da Produção.....	81
6.7.2	Diferenças entre o MRP I e MRP II.....	83
6.7.3	Requisitos do MRP I.....	84
6.7.4	Metodologia para cálculos do MRP.....	86
6.7.4.1	Registro Básico do MRP.....	86
6.7.4.2	Processo de cálculo das necessidades líquidas.....	88
6.7.4.3	Conclusão sobre o sistema MRP.....	89
6.8	JIT (Just in Time).....	90
6.8.1	O contexto do JIT no Sistema de Administração da Produção.....	90
6.8.2	A filosofia de produção e o conjunto de técnicas JIT.....	93
6.8.3	Planejamento, programação e controle da produção JIT.....	95
6.8.4	JIT e MRP.....	97
6.8.4.1	Resumo das principais características do MRP e JIT.....	97
6.8.4.2	Diferenças e semelhanças entre JIT e MRP.....	98
6.9	Planejamento e Controle de Estoques.....	100
6.9.1	Conceito geral de Estoques.....	100
6.9.2	Tipos de estoque.....	100
6.9.3	Custos de estoque.....	101
6.10	Planejamento e Controle do Chão de Fábrica.....	103
6.10.1	Balanceamento de Linha.....	106
6.11	Planejamento do Layout do Chão de Fábrica.....	108
6.11.1	Importância do Planejamento de Layout.....	108
6.11.2	Metodologia para planejamento do Layout do Chão de Fábrica.....	110
6.11.2.1	Determinação do tipo de fluxo padrão.....	110
6.11.2.2	Determinação do tipo de processo.....	113
6.11.2.3	Determinação do tipo de Arranjo físico (Layout).....	114
6.11.2.4	Ferramentas de análise do fluxo e do processo.....	118
6.11.3	Considerações finais sobre o planejamento de arranjo físico.....	120
7.	Processos de Fabricação e Acabamento Superficial Abrasivos.....	121
7.1	Processos de Fabricação Abrasivos.....	121
7.1.1	Retificação.....	123
7.1.1.1	Características importantes para seleção do rebolo.....	125
7.1.1.2	Fatores de Influência na Seleção das Características do Rebolo.....	126
7.1.1.3	Vida, Desgaste e Agressividade do Rebolo.....	128
7.1.2	Brunimento.....	130
7.1.3	Lapidação.....	131

7.1.4 Polimento.....	132
7.1.5 Comparação entre os diversos processos abrasivos	132
7.2 <i>Processos de Tratamento Superficial e Acabamento Abrasivos</i>	133
7.2.1 Limpeza por Jato de Areia	133
7.2.2 Limpeza por Ultra-som.....	133
7.2.3 Acabamento através do processos de tamboreamento	134
8. Metodologia de Desenvolvimento de Projeto de Software	136
8.1 <i>Introdução</i>	136
8.2 <i>O Ciclo de Vida Clássico</i>	137
8.3 <i>Prototipagem</i>	139
8.4 <i>Modelo Espiral</i>	142
8.5 <i>Técnicas de Quarta Geração (4GT)</i>	144
8.6 <i>Abordagem a ser utilizada no desenvolvimento de software</i>	145
9. Estudo de Caso : Processo de Retificação e Lapidção	146
9.1 <i>Introdução</i>	146
9.2 <i>Processo de fabricação da placa lisa</i>	146
9.3 <i>Processo de fabricação da placa de saída</i>	152
9.4 <i>Processo de fabricação do excêntrico</i>	157
9.5 <i>Processo de fabricação do rotor e bucha</i>	162
9.6 <i>Processo de Fabricação da Família de peças de lapidação</i>	167
9.6.1 Fluxo de Trabalho do Dispositivo Pneumático de Montagem	169
9.6.2 Fluxo de Trabalho da Retífica Dupla Face.....	170
9.6.3 Fluxo de Trabalho da Brunidora.....	171
9.6.4 Fluxo de Trabalho da Retífica	173
9.6.5 Fluxo de Trabalho da Lapidadora Dupla Face 38"	174
9.6.6 Fluxo de Trabalho dos Tambores de Rotação.....	175
9.6.7 Fluxo de Trabalho da Retífica-Blanchard.....	176
9.6.8 Fluxo de Trabalho da Lapidadora 15"	177
9.6.9 Fluxo de Trabalho da Lapidadora Automática 36"	178
9.6.10 Fluxo de Trabalho da Jateadora	180
9.6.11 Fluxo de Trabalho da Máquina de Limpeza por Ultra-som.....	181
9.7 <i>Mapeamento de Erros do Processo de Fabricação</i>	183
9.8 <i>Otimização do arranjo físico (layout)</i>	187
9.8.1 Situação Atual	187
9.8.2 Situação desejada.....	188
9.9 <i>Dados sobre o processo de fabricação e capacidade da fábrica</i>	191
9.10 <i>Mapeamento dos processos de Gerenciamento de Demanda e Estoques</i>	196
9.11 <i>PROJETO DE SOFTWARE</i>	198
9.11.1 Proposta de Projeto.....	199
9.11.2 Especificação Funcional.....	201
9.11.2.1 Escopo	201
9.11.2.2 Descrição Geral.....	201
9.11.2.2.1 Objetivos	201
9.11.2.2.2 Perspectiva Histórica	201
9.11.2.2.3 Perspectiva de Usuários, Produtos e Funções.....	202
9.11.2.2.4 Perspectiva de Sistemas	203
9.11.3 Manual de Utilização do Software "DILSON & ANDRE SYSTEMS"	204

9.11.3.1 Gerenciamento do Sistema	205
9.11.3.2 PCP	205
10. CONCLUSÕES	216
10.1 CONCLUSÃO	216
11. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	217
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	218

Resumo

O processo de planejamento estratégico é um fator essencial para o sucesso de uma empresa, principalmente no panorama de competitividade e alta tecnologia do mundo atual. Como forma de implementar o planejamento estratégico foi feito um estudo das principais técnicas de reestruturação: TQC, Reengenharia e Modelagem Organizacional, dando maior enfoque à esta última, pois é nela onde é inserido o trabalho proposto. Isto porque, este trabalho busca a otimização de processos de fabricação e de gerenciamento de uma indústria de lapidação, através da modelagem organizacional, propondo para isto mudanças descontínuas para os mesmos. Com este objetivo, foram estudadas duas ferramentas de modelagem organizacional: Fluxo de Trabalho (Workflow) e Sistemografia, das quais optou-se pela última, já que esta adequa-se melhor aos processos de otimização. Além disso, foram estudados conceitos de Administração Industrial e do processo de fabricação pelo uso de máquinas de retífica e lapidação. Por fim, o conceito de sistemografia foi utilizado para a otimização e mapeamento dos processos estudados, e os seus resultados foram utilizados na implementação de um sistema de informação com auxílio das ferramentas de Engenharia de Software.

Palavras-chaves: Tecnologia de Informação, Sistemografia, Workflow, Retífica, Lapidação.

Abstract

The process of Strategic Planning is a essential factor for the success of an organization, especially in the context of competitiveness and high technology of nowadays. As a way to implement the Strategic Planning, a study of the principal restructuring processes was made: TQC (Total Quality Control), Reengineering and Organizational Modeling. A special attention was given to the study of the Organization Modeling due the fact that it is the central theme of this study. It is because, through Organization Modeling, this project search the optimization in production and management processes of a lapping industry. This optimization will be made with discontinuous changes. For this objective, two different tools was analyzed: Sistemography and Workflow. Finally, a comparison of these two tools was made and in conclusion, the sistemography should be considered more appropriate in this optimization context. To make this study more complete, it was analyzed the concepts of Production Administration and Factory Processes of Grinding and Lapping. Finally, in the last part of this project, the Sistemography was used to optimize and map the processes for the implementation of an Information System this industry (with the help of Software Engineering).

Key Words: Information Technology, Systemography, Workflow,
Grinding, Lapping

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Planejamento Estratégico Funcional e sua inter-relação com o Planejamento Estratégico Organizacional, [PIVA, 1996] et al [ALTER, 1992].....	16
Figura 2 – Processos de Mudança [MARTIN, 1996].....	19
Figura 3 – Representação Gráfica da Modelagem Organizacional [PIVA, 1996].....	22
Figura 4 – Estrutura para a reengenharia de processos.....	23
Figura 5 - Tempo necessário para Implementação da Reestruturação	24
Figura 6 - Tempo necessário para Implementação da Reestruturação	25
Figura 7 – Sistemógrafo do Corte da barra [SILVA, 2000]	34
Figura 8 – Matriz Estrutural do Sistema Geral para o Sistemógrafo “Corte da Barra”[SILVA, 2000]	35
Figura 9 – Estrutura de desenvolvimento de um Fluxo de Trabalho (Workflow).....	38
Figura 10 – Representação gráfica de rotas	41
Figura 11 – Estrutura genérica de um Workflow [TELLES, 1997].....	42
Figura 12 – O marcador indica a estação do ano. Quando ocorrer o início da próxima estação, o marcador transita para a próxima estação. [BARTHELMESS,1996] et al. [REISIG,1982].....	43
Figura 13 – Exemplo de simbologia [TELLES,1997].....	44
Figura 14 – Fases e etapas do sistema de administração da produção (SAP) [VOLLMANN, 1997]..	48
Figura 15 – Escopo do Planejamento da Capacidade [VOLLMANN, 1997]	52
Figura 16 – Planejamento de capacidade a longo prazo [VOLLMANN, 1997]	55
Figura 17 – Planejamento de capacidade a médio prazo [VOLLMANN, 1997]	56
Figura 18 - Planejamento de capacidade a curto prazo [VOLLMANN, 1997].....	57
Figura 19 – Determinação da capacidade ótima [MOREIRA, 1996].....	59
Figura 20 – Gerenciamento da demanda [VOLLMANN, 1997]	61
Figura 21 – Modelos de Regressão Simples [MOREIRA,1996]	64
Figura 23 – Processo com componente tendência [MARTINICH, 1997]	69

Figura 24 - Processo com componente sazonalidade [MARTINICH, 1997]	69
Figura 25 - Processo com componentes cíclicos [MARTINICH, 1997]	70
Figura 26 – Balanceamento entre a produção e a demanda [VOLLMANN, 1997]	74
Figura 27 – Os três ambientes da demanda [VOLLMANN, 1997]	79
Figura 28 – Entradas do Programa Mestre de Produção [SLACK, 1996].....	80
Figura 29 – O MRP e o Sistema de Administração da Produção [VOLLMANN, 1997]	82
Figura 30 – Entradas e saídas do MRP I [SLACK, 1996]	84
Figura 31 – Registro Básico do MRP [VOLLMANN, 1997].....	86
Figura 32 – Cálculo da Necessidade de Materiais pelo MRP [SLACK, 1996]	88
Figura 33 – Comparação entre JIT e o sistema tradicional [SLACK, 1996]	90
Figura 34 – Áreas do SAP atingidas pelo JIT [VOLLMANN, 1997]	92
Figura 35 – JIT e MRP [SLACK, 1996]	99
Figura 36 – Fatores que influenciam o Layout [FRANCIS, 1992].....	108
Figura 37 – Os 5 tipos básicos de fluxo [FRANCIS, 1992]	110
Figura 38 – Os seis fluxos padrão verticais [FRANCIS, 1992].....	111
Figura 39 – Comparação dos vários tipos de processo [SLACK, 1996]	114
Figura 40 – Comparação entre o tipo de processo e o arranjo físico [SLACK, 1996]	115
Figura 41 – Vantagens e desvantagens dos tipos de arranjo físico [SLACK, 1996].....	117
Figura 42 – Tipo de layout e o volume de produção [SLACK, 1996].....	118
Figura 43 - Exemplo de digrama cruzado	119
Figura 44 – Quatro tipos de retificação superficial [AMSTEAD, 1977].....	124
Figura 45 – Exemplo de máquina para retificação [AMSTEAD, 1977].....	124
Figura 46 – Retificação Abrasiva Cilíndrica [AMSTEAD, 1977]	125
Figura 47 – Processo de brunimento [AMSTEAD, 1977].....	130

Figura 48 – Exemplo de processo de lapidação (de lentes) [AMSTEAD, 1977]	131
Figura 49 – Comparação entre os diversos processos abrasivos[AMSTEAD, 1977]	132
Figura 50 – Processo de tamboreamento [DEGARMO, 1988]	135
Figura 51 – O ciclo de vida clássico [PRESSMAN, 1992]	138
Figura 52 – Paradigma de prototipagem [PRESSMAN, 1992]	140
Figura 53 – O modelo espiral [PRESSMAN, 1992]	143
Figura 54 – Técnicas de quarta geração [PRESSMAN, 1992]	144
Figura 55 – Desenho de fabricação da placa lisa	147
Figura 56 – Diagrama de fluxo de processo para a placa lisa	148
Figura 57 – Sistemógrafo do processo de fabricação da placa lisa	150
Figura 58 – Desenho de fabricação da placa de saída	152
Figura 59 – Diagrama de fluxo de processo para a placa de saída	153
Figura 60 – Sistemógrafo do processo de fabricação da placa de saída	155
Figura 61 – Desenho de fabricação do excêntrico	157
Figura 62 – Diagrama de fluxo de processo para o excêntrico	158
Figura 63 – Sistemógrafo do processo de fabricação do excêntrico	160
Figura 64 – Desenho de fabricação do rotor	162
Figura 65 – Diagrama de fluxo de processo para o rotor	163
Figura 66 – Sistemógrafo do processo de fabricação do rotor	165
Figura 67 – Sistemógrafo do processo de fabricação da família de lapidação	167
Figura 68 – Fluxo de Trabalho do dispositivo pneumático de montagem	169
Figura 69 - Fluxo de Trabalho da Retífica Dupla Face	170
Figura 70 - Fluxo de Trabalho da Brunidora	171
Figura 71 - Fluxo de Trabalho da Retífica	173

Figura 73 - Fluxo de Trabalho dos Tambores de Rotação	175
Figura 74 - Fluxo de Trabalho da retífica blanchard.....	176
Figura 75 - Fluxo de Trabalho da Lapidadora 15"	177
Figura 76 – Fluxo de Trabalho da Lapidadora Automática 36"	178
Figura 77 - Fluxo de Trabalho da Jateadora.....	180
Figura 78 - Fluxo de Trabalho da Máquina de Limpeza por Ultra-som	181
Figura 79 – Espinha de Peixe do Processo de Lapidação	183
Figura 80 – Arranjo Físico atual da fábrica	188
Figura 81 – Diagrama cruzado dos processadores da família de lapidação.....	189
Figura 82 – Arranjo físico desejado da fábrica	190
Figura 83 – Fluxo de Trabalho para projeto do Software	198
Figura 84 – Opções de acesso ao sistema.....	204
Figura 85 – Tela de login para o usuário de compras	205
Figura 86 – Opções disponíveis para o usuário de PCP.....	206
Figura 87 – Interface para controle de estoques	207
Figura 88 – Tela de controle de funcionários ao selecionar uma máquina e clicar no botão “mostrar funcionários”	208
Figura 89 – Tela de atualização de informações de processo de um lote de peças da placa de saída	209
Figura 90 – Tela de atualização de informações de processo de um lote de peças de excêntrico.	210
Figura 91 – Tela de atualização de informações de processo de um lote de peças de rotor	211
Figura 92 – Tela de atualização de informações de processo de um lote de peças da placa lisa ..	212
Figura 93 – Tela de controle e previsão da demanda.....	213
Figura 94 – Tela para inserção de registros de pedidos e compra de matéria prima.....	214
Figura 95 – Tela para verificação das Peças da Família de Lapidação pelo usuário de gerência...	215

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estudo comparativo entre os processos de reestruturação [MARTIN , 1996] .	26
Tabela 2 – Dureza e aplicação de materiais abrasivos.....	122
Tabela 3 – Característica do sistemógrafo do processo de fabricação da placa lisa.....	151
Tabela 4 – Característica do sistemógrafo do processo de fabricação placa de saída..	156
Tabela 5 – Característica do sistemógrafo do processo de fabricação do excêntrico....	161
Tabela 6 – Característica do sistemógrafo do processo de fabricação do rotor	166
Tabela 7 – Capacidade do Brunimento	191
Tabela 8 – Capacidade do Dispositivo Pneumático de Montagem	192
Tabela 9 – Capacidade da Retífica Dupla Face	192
Tabela 10 – Capacidade da Retífica.....	192
Tabela 11 – Capacidade da Retífica – Blanchard	193
Tabela 12 – Capacidade da Lapidadora Dupla Face 38”	193
Tabela 13 – Capacidade da Lapidadora 15”	193
Tabela 14 – Capacidade da Lapidadora Automática 36”	194
Tabela 15 – Capacidade da Jateadora.....	194
Tabela 16 – Capacidade dos Tambores de Rotação.....	194
Tabela 17 – Capacidade da Máquina de Limpeza por Ultra-som.....	194
Tabela 18 – Capacidade do Processo de Inspeção Final	195

1.Introdução

1.1 Contexto

Uma organização é definida neste capítulo 1 como a associação de pessoas que busca produzir bens, prestar serviços à sociedade e atender às necessidades de seus próprios participantes. Para isto, esta é organizada em processos que visam aumentar a satisfação do consumidor, melhorar a eficiência das operações do negócio, aumentar a qualidade do produto, reduzir os custos e enfrentar novos desafios decorrentes de mudança de mercado.

Com isso, o processo de planejamento estratégico (ver capítulo 3) continua a ocupar a primeira posição das questões chave para o sucesso das principais organizações [WARD & GRIFFITHS & WHITMORE, 1990]. Neste contexto, a partir desta visão do processo de negócios, os processos de reestruturação (ver capítulo 4) buscam realizar os objetivos estabelecidos pelo mesmo.

Como ferramentas destes processos de reestruturação, pode-se citar a Sistemografia (ver item 5.1) e Fluxo de Trabalho (ver item 5.2), que fazem uso de suas metodologias para otimizar e gerenciar as atividades das organizações.

As atividades de uma organização podem ser divididas em operacionais e gerenciais, sendo que neste caso, a primeira trata dos processos de fabricação (ver capítulo 7) e a segunda de processos de administração industrial (ver capítulo 6). Para o estudo operacional, foram analisados os processos de fabricação de uma família de peças que compõem uma bomba

de combustível, sendo que componentes desta família são: Placa Lisa, Placa de Saída, Excêntrico e Rotor.

Além disso, um outro fator importante neste escopo é a tecnologia de informação, que exerce uma “força fundamental na remodelagem de empresas” [ALMEIDA,1996]. Esta tecnologia possui como principal ferramenta a engenharia de software, que desenvolve e implementa os sistemas de informação.

Assim, este trabalho busca, através da visão do planejamento estratégico, uma melhor utilização dos recursos de uma indústria de lapidação. Visando este objetivo, foram utilizadas ferramentas que auxiliaram a modelagem, otimização e uma maior integração das atividades desta indústria , buscando vantagens competitivas no mercado em que está .

1.2 Objetivos

Este trabalho visa a modelagem dos processos de fabricação e da administração da produção de uma indústria de lapidação que leve a uma melhoria de seus indicadores de desempenho (eficiência e eficácia), utilizando os modelos de representação concebidos pela Teoria do Sistema Geral e de forma complementar com auxílio das técnicas de Fluxo de Trabalho.

Propõe-se a utilização destas ferramentas conjuntamente com o desenvolvimento de sistemas de informação, lembrando que a utilização do sistemógrafo independe da metodologia de desenvolvimento deste sistema.

Como parte disso, fazem parte dos objetivos deste trabalho:

- Revisão dos conceitos gerais de administração da produção;
- Revisão dos conceitos de sistemografia e fluxos de trabalho;
- Revisão dos processos abrasivos de retífica e lapidação;
- Estudo de caso de uma empresa baseada nos processos de fabricação estudados;
- Implementação e desenvolvimento de um sistema de informação baseados nos conceitos de Engenharia de Software e nos resultados deste estudo de caso.

2. Organização

Uma organização pode ser definida como uma associação de pessoas que têm como objetivo a produção de bens, prestação de serviços à sociedade e atendimento das necessidades de seus próprios participantes. Além disso, possui uma estrutura formada por pessoas que se relacionam colaborando e dividindo o trabalho para transformar insumos em bens e serviços. [BERNAR, 1988]. Esta definição abrange tanto a abordagem Clássica, caracterizada pelo padrão de ordem da administração, quanto a das Relações Humanas, determinada pelas relações interpessoais.

Sob um outro ponto de vista, começa-se a reconhecer a organização como um sistema marcado por sua capacidade de auto-renovação. Com isso, as organizações começam a ser tratadas como estruturas mais fluidas e concebidas como “organizações de aprendizagem”, caracterizadas por mudanças, caos e comportamentos cíclicos.[WHITLEY, 1992]

Assim, o reconhecimento da organização como uma entidade consciente torna-se fundamental para qualquer planejamento, na medida que uma vez compreendida a organização, os processos de mudanças serão mais fluidos e compatíveis com a mesma.

3. Planejamento Estratégico

O conjunto de medidas da organização, para alcançar seu objetivo frente às mudanças de mercado, é definido por planejamento estratégico organizacional. Este conjunto de medidas é tomado, para que a organização, a médio e longo prazo, desenvolva e mantenha uma adequação razoável entre seus os objetivos e recursos.[KOTLER, 1993]

O Planejamento Estratégico Organizacional é composto por Planejamentos Estratégicos Funcionais, os quais preocupam-se com as disposições de recursos que correspondem àquela função na organização. Assim, a coerência entre o Planejamento Estratégico Funcional e o Planejamento Estratégico Organizacional torna-se imprescindível para o cumprimento dos objetivos da organização. A figura abaixo (fig. 1) ilustra o conceito do Planejamento Estratégico Funcional como sendo uma parte do Planejamento Estratégico Organizacional .

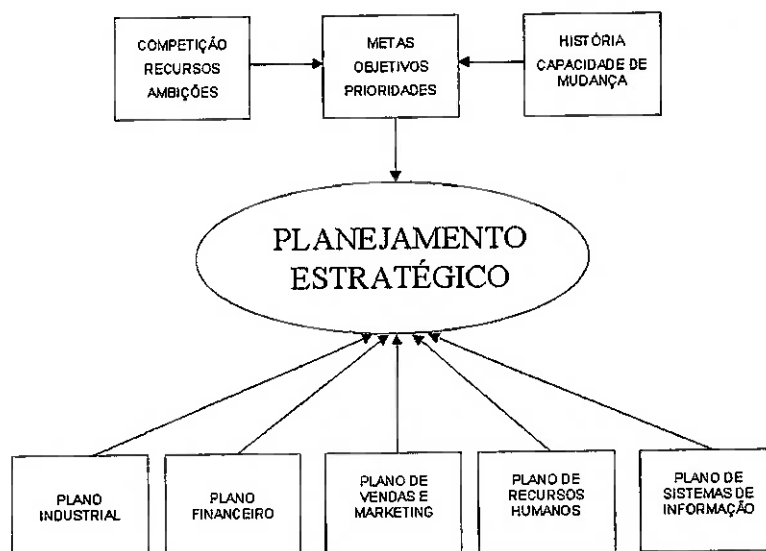


Figura 1 – Planejamento Estratégico Funcional e sua inter-relação com o Planejamento Estratégico Organizacional, [PIVA, 1996] et al [ALTER, 1992]

A partir disto, como o enfoque deste trabalho está sob apenas dois Planejamentos Estratégicos Funcionais, sendo estes os Planejamentos Estratégicos Industriais e de Sistema de Informação. O primeiro é a soma total de decisões relacionadas com a produção, armazenamento e distribuição de bens e serviços, envolvendo desde localização de fábricas, projeto de plantas, automação de processos até que tipo de empregados contratar. O segundo deve refletir as funções e dados necessários para suportar o negócio, os objetivos, fatores críticos de sucesso e as necessidades de informação da alta administração. Além disso, ambos devem retratar como a tecnologia pode ser utilizada para criar novas oportunidades e/ou vantagens competitivas.

Isto porque , a afirmação que a tecnologia gera vantagens competitivas e torna uma organização mais produtiva e lucrativa, pode não ser uma afirmação um tanto óbvia, já que investimentos em tecnologia devem ser justificados com relação aos indicadores de desempenho:

- produtividade (“Os investimentos em tecnologia aumentam a produtividade?”),
- competitividade (“Os investimentos em tecnologia agregam valor para os consumidores?”)
- lucratividade (“Os investimentos em tecnologia melhoram a performance do negócio?”).

Mesmo sem possuir respostas para estas perguntas algumas organizações continuam a investir enormes somas de dinheiro em tecnologia, esperando um retorno considerável, apesar da existência, em alguns casos, de contradições quanto aos benefícios esperados [BRYNJOLFSSON, 1994].

Na maioria dos casos em que existem estas contradições, as organizações não estão levando em conta o fato que o grande potencial da tecnologia é a substituição do que já existe por algo diferente e fundamentalmente melhor, e não como a solução dos problemas que possuem hoje.

Enfim, as organizações, através do Planejamento Estratégico Organizacional, devem buscar a reestruturação de seus processos para tirarem um melhor proveito da tecnologia e equalizá-la de forma a “transformar a tecnologia em uma arma competitiva” [PORTER, 1992], para que no futuro estas sejam bem sucedidas.

4. Processos de Reestruturação

4.1 Introdução

Os métodos utilizados para reestruturar uma empresa devem ser focados em dois pontos: nos recursos humanos e na tecnologia de informação, uma vez que os recursos humanos desenvolvem e mantêm a estrutura e a organização necessárias para sustentar os processos de reestruturação, e a tecnologia de informação desenvolve e mantém a infra-estrutura do conhecimento.

A figura abaixo (fig. 2) introduz alguns métodos, ressaltando a importância dos recursos humanos e da tecnologia de informação:

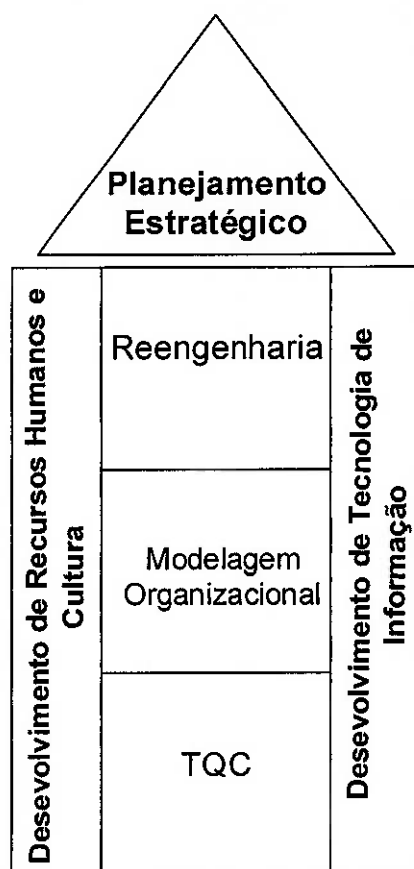


Figura 2 – Processos de Mudança [MARTIN, 1996]

Nesta figura, normalmente, quanto mais próximo da cabeça da seta, maior a mudança contemplada, sendo que estes métodos seguem por grau de mudança: TQC (Controle da Qualidade Total), Modelagem Organizacional e Reengenharia.

O principal objetivo destes processos de reestruturação é a mudança dos processos atuais em processos mais eficazes com relação aos indicadores de desempenho, em termos de custo e satisfação do cliente. Além de fazer uma transição multidirecional, onde haja aprendizado contínuo em todos os níveis da organização.

4.2 Controle da Qualidade Total

Este sistema é conhecido pela sigla TQC (Total Quality Control), que se baseia na participação de todos os setores da empresa, principalmente dos empregados, no estudo e na condução do controle da qualidade.

Qualidade possui diferentes significados para os mais variados contextos. Segundo [FALCONI, 1994], "um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo às necessidades do cliente". Já, especificamente, no contexto de manufatura de bens, "um produto de qualidade é aquele que tem a performance para o qual foi projetado".[NAHMIAS, 1997]

Este método está preocupado com a criação de uma cultura de melhoria contínua da qualidade. Os mestres japoneses desse método chamam-no "*kaizen*", sendo que tradução deste termo é "todos melhoram tudo, o tempo

todo". Com isso, o "*kaizen*" é um modo de aprendizado vital para a empresa moderna, uma vez que os resultados de todos aprenderem a fazer melhor seu trabalho o tempo todo são registrados, para que outros possam ser treinados e habilitados a usar estas técnicas.

O controle de qualidade utiliza uma linha de técnicas que inclui círculos da qualidade, esquemas de sugestões, controle estatístico da qualidade e diagramas utilizados na análise de problemas.

A seguir segue os princípios básicos do controle da qualidade total, de acordo com [FALCONI, 1994]:

- O cliente é o rei. Assim, deve-se produzir e fornecer produtos ou serviços que atendam concretamente às necessidades do cliente;
- Garantir a sobrevivência da empresa através do lucro contínuo adquirido pelo domínio da qualidade;
- Identificar o problema mais crítico e solucioná-lo pela mais alta prioridade;
- Falar, raciocinar e decidir com dados e com base em fatos;
- Gerenciar a empresa ao longo do processo e não de resultados;
- Procurar prevenir a origem de problemas de implantação cada vez mais a montante;
- Nunca permitir que o mesmo problema se repita pela mesma causa;
- Definir e garantir a execução do planejamento estratégico da empresa.

4.3 Modelagem Organizacional

A modelagem organizacional é uma abordagem que se utiliza um conjunto de princípios da engenharia, para modelá-la, identificando pontos fortes e fracos, para que, assim, se elimine os pontos fracos da empresa. Este redesenho promove uma mudança descontínua, diferente da melhoria contínua característica do “*kaizen*” ou da TQC, embora não seja uma substituição fundamental das atividades de trabalho e da estrutura gerencial geradas pela reengenharia. Além disso, ela envolve a agilização do fluxo de trabalho, a automação de atividades ou a introdução de redes de computadores para que se possam obter melhores informações.

O redesenho, na modelagem organizacional, consiste de duas fases: a engenharia reversa e a engenharia evolutiva. A primeira é a modelagem da situação atual do negócio e a segunda é o reprojetado do negócio, através da substituição ou eliminação dos pontos fracos identificados no modelo.



**Figura 3 – Representação Gráfica da Modelagem Organizacional
[PIVA, 1996]**

4.4 Reengenharia

A reengenharia segundo [Hammer & Champy, 1994] é o “repensar fundamental e a reestruturação radical dos processos empresariais que visam alcançar drásticas melhorias em indicadores críticos e contemporâneos de desempenho tais como custos, qualidade, atendimento e velocidade”.

Como o TQC, a reengenharia preocupa-se com a melhoria dos processos de trabalho, visando à satisfação do cliente. Entretanto, enquanto o TQC emprega um fluxo constante de melhorias incrementais, a reengenharia sucateia o processo de trabalho existente, substituindo-o por um processo radicalmente diferente, e exigindo freqüentemente uma grande reestruturação da organização.

A reengenharia deve-se ao fato de que na maioria das organizações, os processos e estruturas foram reunidas antes das demandas atuais, em um período caracterizado pela gerência hierárquica, divisões do trabalho, produções em massa inflexíveis e manuais de procedimentos rígidos; e ,atualmente, exige-se que estes processos sejam rápidos, fluidos e flexíveis [MARTIN, 1996].

Segundo Davenport [DAVENPORT,1994], a estrutura para a reengenharia de processos é, como pode ser visto na figura 4:

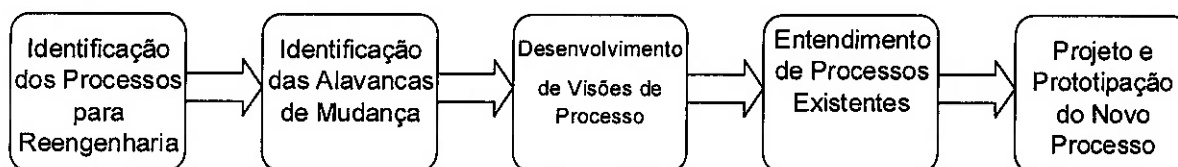


Figura 4 – Estrutura para a reengenharia de processos

4.5 Análise Comparativa dos Processos de Reestruturação

A TQC, a modelagem organizacional e a reengenharia não são processos mutuamente exclusivos [MARTIN, 1996]. Assim, é necessário compreender todo o espectro de processos de reestruturação e os elementos necessários ao seu sucesso, a fim de selecionar e combinar estes processos de forma mais apropriada às circunstâncias.

Assim, os gráficos abaixo (fig. 5) fazem um estudo comparativo disto:

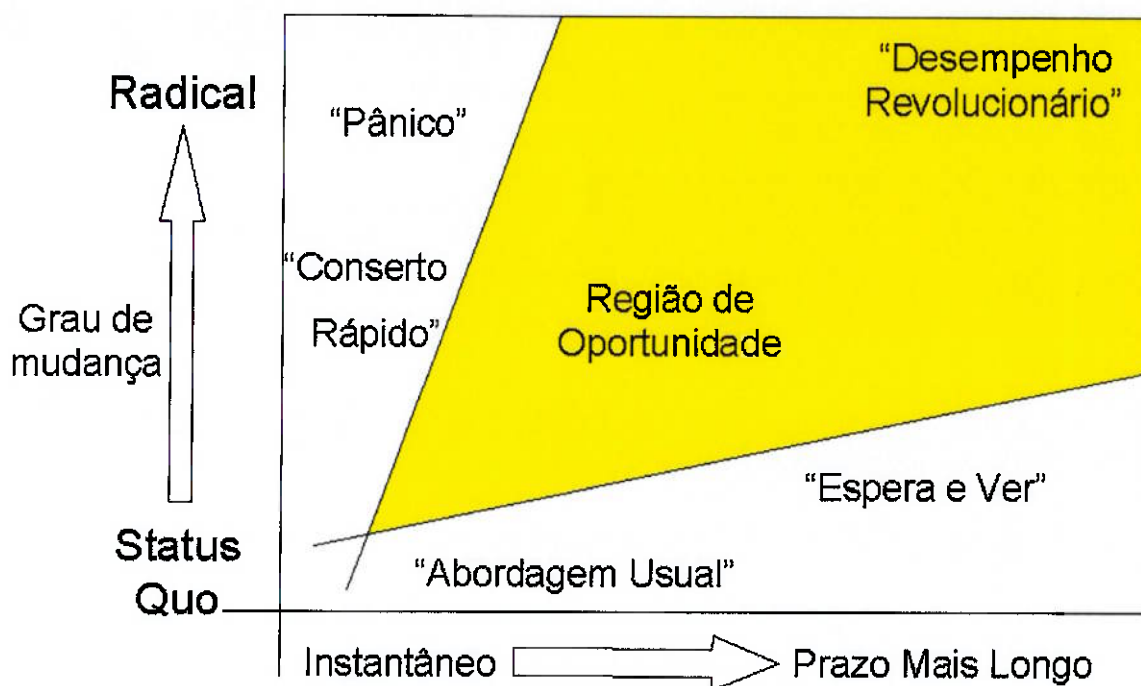


Figura 5 - Tempo necessário para Implementação da Reestruturação

Este quadro mostra os campos dos processos de reestruturação, existindo regiões benéficas e prejudiciais. A manutenção do *status Quo* é uma atitude passiva de esperar o que acontece, ano após ano, adiando a adaptação crucial. Este adiamento na região inferior do campo de jogo acaba resultando

na migração para região superior, de “resultados rápidos”, ou “ modo de pânico”. A área no canto superior direito da “região de oportunidade” oferece a maior promessa de resultados e maior desafio à liderança, uma vez que a decisão de tentar o desempenho revolucionário precisa ser consciente e proposital caso se queira superar grandes barreiras e chegar a esse campo. Portanto, ao fazer uma analogia da figura acima (fig. 5) com processos de reestruturação, tem-se (fig. 6):

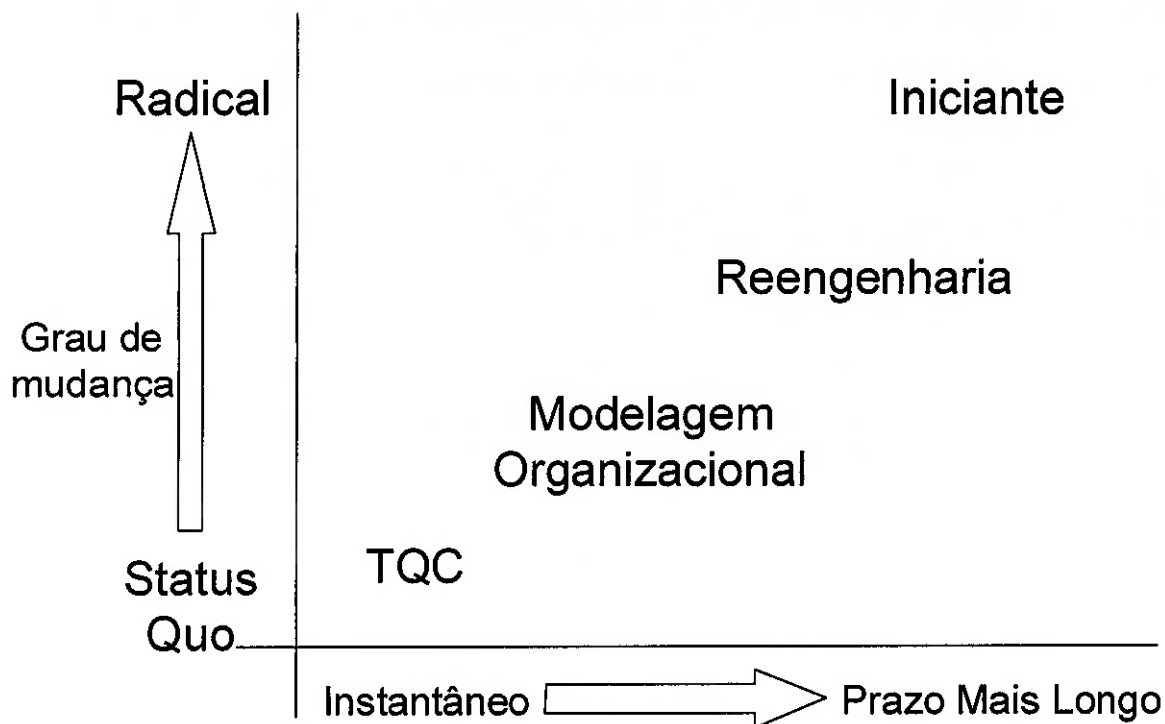


Figura 6 - Tempo necessário para Implementação da Reestruturação

Como forma de complementar esta comparação a tabela 1 mostra a análise dos métodos de reestruturação em termos de prós e contras:

	Prós	Contras
TQC	Implementação simples Custo de Investimento Mínimo Solução Segura	Não resolve problemas de larga escala Apenas pequenas melhorias de desempenho Não reduz o tempo de resposta aos clientes Não gerencia todo fluxo de trabalho
Modelagem Organizacional	Solução Técnica mais simples Menos Risco Custo de Implementação menor ao da Reengenharia Solução a curto prazo	Menos Flexibilidade Satisfação limitada do cliente Possível criação de redundância Problemas de Rede e Conectividade Dificuldade de fornecer dados integrados
Reengenharia	Eliminação de Redundância Custos Operacionais Inferiores Banco de Dados Integrados Redução de Reconciliação	Custo de desenvolvimento mais elevado Custos adicionais de implementação Recursos humanos Mudança da política de procedimentos Despesas de Reorganização Demissões Necessárias

**Tabela 1 – Estudo comparativo entre os processos de reestruturação
[MARTIN , 1996]**

5.Métodos de Modelagem Organizacional

A partir das análises feitas com relação aos processos organizacionais, conclui-se que este trabalho se insere nos contextos da modelagem organizacional. Isto porque, este estudo tem como o enfoque os processos industriais e de sistema de informação e não a organização como um todo, propondo mudanças descontínuas para os mesmos.

A seguir, um estudo das principais ferramentas para o estudo da engenharia reversa (modelagem do processo) e engenharia evolutiva (otimização do processo) será feito.

5.1. Método de Estudo de Sistemas – Sistemografia

5.1.1 Introdução

A sistemografia é um método de estudo e modelagem de sistemas complexos, que se baseia, fundamentalmente, na Teoria do Sistema Geral e no conceito de Visão Sistêmica [BRESCIANI,1999].

Este tipo de modelagem é uma maneira bem eficaz na obtenção de informações sobre o sistema a ser estudado, proporcionando uma maior capacidade de se entendê-lo (assim como seus problemas) e otimizá-lo de forma conveniente. Esta modelagem fundamenta-se preferencialmente na visão das empresas e das organizações sobre o enfoque de processos (operacional), e não mais sobre o enfoque de funções (funcional).

Segundo [Davenport, 1994], processo pode ser definido como: "Uma ordenação específica de atividades e trabalho no tempo e no espaço, com começo, meio e fim, insumos e saídas claramente identificadas, resultando num produto especificado para determinado cliente ou mercado". Com isso, o processo se constitui de uma seqüência de atividades interligadas por um fluxo material e/ou de informações, com saídas comuns e bem definidas.

5.1.2 Definições do método

O Sistemógrafo é o modelo sistêmico representativo do processo, constituído de um conjunto de processadores interligados entre si que recebem dados (entrada) e fornecem resultados (saídas). Com este modelo é possível entender a dinâmica do objeto processado ao longo do tempo.

Na sistemografia, os objetos são classificados de acordo com a sua família em dois tipos: os objetos modificados (processados) e os objetos modificadores (processadores). Os objetos processados têm a sua situação modificada no tempo pelos objetos processadores. Os processadores são considerados "caixas pretas", ou seja, é irrelevante o seu conteúdo, sendo necessário apenas conhecer a relação entre as suas entradas e suas saídas. Assim sendo, as características relevantes aos processadores são: capacidade de armazenagem, transporte e produção; intensidade do nível de consumo próprio; eficiência; e eficácia.

As classificações dos objetos de acordo com sua categoria do sistemógrafo são três: operacional (que visa as atividades desenvolvidas), informacional (que utiliza as informações para desenvolver as atividades) e decisional

(constituído pelo conjunto de decisões tomadas a partir das informações para realização das atividades).

Além disso, estes objetos podem ser classificados quanto ao seu tipo (tempo, espaço e forma). Esta classificação é feita quanto às alterações no comportamento do objeto em relação aos referenciais de tempo (tempo para realizar o processo relevante), espaço (deslocamento relevante do objeto no processo) e forma (se o processo alterou ou converteu o objeto).

Por fim, os objetos podem ser classificados quanto aos níveis progressivos de complexidade [BRESCIANI, 1999]:

1º Nível - Objeto Passivo: o objeto é inerte e não exerce qualquer processamento. Exemplo: uma pedra, uma galáxia, etc.... A representação gráfica é simples.

2º Nível - Objeto Ativo: o objeto processa, realiza e exterioriza seu comportamento. A representação gráfica neste caso é uma caixa preta.

3º Nível - Objeto Regulado: o objeto também processa, realiza e exterioriza um comportamento, porém, manifesta uma efetiva regularidade na sua atividade. Sua representação gráfica é de laço.

4º Nível - Objeto Informado: o objeto também processa, realiza e exterioriza um comportamento de forma regular, porém utilizando a informação. Sua relação gráfica é de laço informacional (feedback).

5º Nível - Objeto com decisão: o objeto tem capacidade de tomar decisão com base em uma informação que provoca uma ação predefinida e conhecida. Na sua representação gráfica, detém o projeto do objeto, conhece a finalidade deste objeto e é um processador operacional com conexão informacional de laço.

6º Nível - Objeto com memória: o objeto além de tomar decisão se apóia em um processo de memorização. A representação gráfica é a do processador decisional, de memorização e operacional. Possui um algoritmo no interior do comando.

7º Nível - Objeto com Pilotagem: o objeto se articula segundo 3 subsistemas agregados e fundamentais: decisional, informacional e operacional; o sistema interno de pilotagem (que engloba coordenação) é de natureza hierarquizada e o seu processador decisional deve ter capacidade de coordenação e capacidade de tratamento de informação. Sua representação gráfica pode ser complexa com cada subsistema contendo processadores conectados aos demais subsistemas.

8º Nível - Objeto com Inovação: o objeto tem a capacidade de inovação de gerar informação simbólica, de aprendizagem, de inteligência e de se auto-organizar. A sua representação gráfica é complexa e possui sistema de decisão com imaginação-concepção e de decisão com seleção, sistema de informação e sistema de operação.

9º Nível - Objeto com Auto-Finalização: o objeto passa a ter no seu sistema de pilotagem um subsistema de finalização que lhe dá a capacidade de gerar os seus próprios objetivos e de ter consciência da sua existência e identidade; e, ainda, esse objeto no seu sistema de pilotagem engloba o sistema de diagnóstico e, no seu sistema de operação, o sistema de manutenção. A representação gráfica desse processador é muito complexa e engloba os fatores citados acima.

Com a análise do sistemógrafo, pode-se otimizar o processo eliminando os processadores com as seguintes características: nível baixo de complexidade (menor do que 3), somente tipos espaço e tempo, isto é, se o processo não alterou ou converteu o objeto, e somente categoria operacional. Com isto, pode-se montar uma tabela comparativa do processo atual e do processo sugerido.

5.1.3 Redes de Processadores e Matriz Estrutural do Sistema Geral

O processo representado por meio da sistemografia torna-se algumas vezes muito complexo. Assim, para um melhor entendimento da relação entre os vários processadores deste sistemógrafo (rede de processadores), utiliza-se uma ferramenta denominada Matriz Estrutural do Sistema Geral.

Esta Matriz deixa evidente as conexões entre os vários processadores do sistemógrafo e como se estas conexões são arborescentes ou de retroalimentação. Também, é possível evidenciar se as conexões são simples (uma única entrada e saída no processador) ou elaboradas; complicadas (constituídas unicamente por relações arborescentes) ou complexas (onde os

processos não são obrigatoriamente numerosos, mas são conectados por relações circulares).

5.1.4 Etapas para Modelagem de Sistemas através da Sistemografia

As seguintes etapas de desenvolvimento de um sistema podem ser identificadas [adaptado BRESCIANI,1999]:

- 1ª - Definir o processo a ser analisado, caracterizando os processadores responsáveis pelas entradas e saídas do sistema.
- 2ª - Construir o sistemógrafo operacional do sistema, dispondo em um fluxograma as diferentes etapas do processo e representando cada uma com um determinado processador operacional.
- 3ª - Construir o sistemógrafo informacional do sistema, dispondo em um fluxograma as diferentes etapas de utilização do processamento da informação; as informações tipicamente processadas são informações de fornecedores, de pedidos, de estoque, etc...
- 4ª - Construir o sistemógrafo do sistema decisional do sistema de produção, dispondo em um fluxograma as diferentes etapas do processo de decisão e representando cada uma segundo os mesmos critérios adotados para os

outros dois sistemas (operacional e informacional); é importante notar que a tomada de decisão se apoia na informação disponível e afeta a operação.

5ª - Classificar todos os processadores do sistemógrafo em categorias e tipos e construir uma tabela comparativa; esse procedimento permite o processo de busca da racionalização, flexibilidade e agilidade do sistema.

6ª - Relacionar os problemas em uma ordem de prioridade, adotando critérios qualitativos e quantitativos, identificar e encontrar soluções para os problemas, que levem às modificações operacionais, informacionais, decisoriais e organizacionais (funcionais e estruturais) e ao estabelecimento de estratégias visando acompanhar e controlar o processo de evolução do sistema. Esta etapa também é conhecida como remapeamento de processos, onde é utilizado muitas vezes o diagrama "espinha de peixe" de Ichikawa.

7ª - Propor a solução dos problemas na forma de recomendações estratégicas e de procedimentos e, em uma fase posterior, implantar, acompanhar e aprimorar as mudanças sistêmicas (tecnológicas e administrativas) propostas em uma estratégia estabelecida.

5.1.5 Exemplo de Utilização da Sistemografia

Na figura 7, baseado em [SILVA, 2000] tem-se o esquema do sistemógrafo genérico do processo de corte de uma barra:

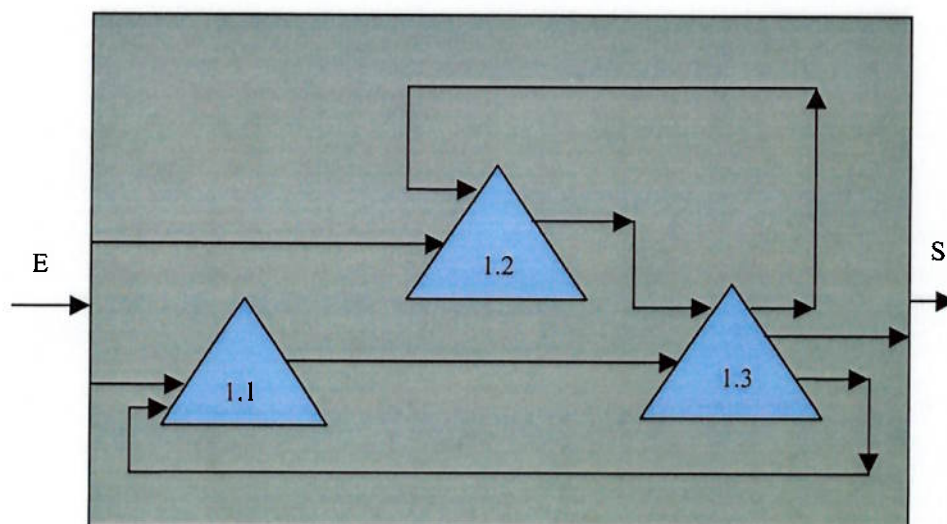


Figura 7 – Sistemógrafo do Corte da barra [SILVA, 2000]

Neste sistemógrafo, representado pela caixa cor cinza, temos 3 processadores:

- 1.1 – Este processador é responsável por transportar a matéria-prima para a operação de corte da barra de aço (Transporte);
- 1.2 – Este processador é responsável por preparar a guilhotina para a operação de cortar (Preparação);
- 1.3 – Este processador é responsável pelo corte da barra de aço, transformando-a em tarugos (Corte da barra).

O sistemógrafo apresentado deixa evidente as entradas, as saídas e as retromitâncias de cada sistemógrafo.

As informações de entrada do sistemógrafo vêm do processador “Recebimento da matéria-prima” (que não está representado), que informa aos processadores 1.1 e 1.2 que as barras estão estocadas no pátio de aço. O processador 1.1 informa para o processador 1.3 que a barra de aço já foi transportada para a guilhotina, enquanto que o processador 1.2 informa para o processador 1.3 que a guilhotina está preparada. O processador 1.3 dá feedback ao processador 1.2 relatando informações de folga existentes entre as lâminas de corte e sobre o ajuste do curso da guilhotina. O mesmo processador 1.3 retroalimenta o processador 1.1 sobre a necessidade da maior quantidade de barras. A saída deste sistemógrafo é a saída do processador 3, onde ocorre o envio dos tarugos para o próximo processador, o processador “aquecimento do tarugo”.

Para este sistemógrafo tem-se a seguinte matriz estrutural do sistema geral, que pode ser vista na figura 8:

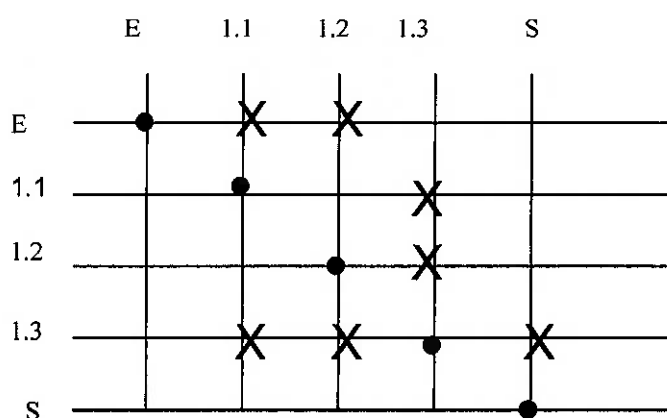


Figura 8 – Matriz Estrutural do Sistema Geral para o Sistemógrafo “Corte da Barra” [SILVA, 2000]

Uma particularidade desta matriz é que acima da diagonal principal temos as relações arborescentes e abaixo dela temos as relações de retromitâncias.

5.2 Fluxo de Trabalho (Workflow)

5.2.1 Introdução

Em indústrias ou em escritórios, o conceito de Fluxo de Trabalho está muito ligado a processos e a atividades. Este conceito existe desde a industrialização, como forma de aumentar a eficiência através da padronização de trabalho e organização de processos, através da separação das atividades de trabalho em: tarefas, regras, escopos e procedimentos que controlam a maior parte do trabalho nas organizações. Se uma organização documenta seus negócios e atividades em termos de processos, a mesma pode recriar ou aperfeiçoá-los continuamente para atingir suas metas.

Assim, o Fluxo de Trabalho é uma ferramenta de análise, compreensão e automação de atividades, que pode entender, avaliar e redesenhar os processos e tarefas através da organização e da tecnologia.

5.2.2 Classificação de Fluxos de Trabalho

Os Fluxos de Trabalho podem ser divididos em nas seguintes classificações:

- Administrativo: correspondem a processos previsíveis e repetitivos podendo ser automatizados e orientados para objeto;

-
- Ad hoc: criado para ser utilizado dinamicamente por grupos de trabalho cujos participantes necessitem executar procedimentos individualizados para cada documento processado dentro do fluxo de trabalho. É o mais elementar tipo de Fluxo de Trabalho;
 - Produção ou Transação: correspondem a processos previsíveis e repetitivos podendo ser automatizados. São formados por fluxos alternativos e complexos envolvendo acessos a múltiplos sistemas de informação e o processamento de grandes volumes de dados.

5.2.3 Definições do Método

Os sistemas de Fluxo de Trabalho são sistemas de software que oferecem a possibilidade de especificar, modelar, executar, emitir relatórios e dinamicamente controlar o fluxo de trabalho, envolvendo múltiplos elementos humanos e sistemas computacionais heterogêneos, autônomos e distribuídos correspondendo ao resultado da integração entre processos de negócios e a tecnologia.

Os sistemas acima são chamados de sistemas de gerenciamento de Fluxo de Trabalho e estes devem prover mecanismos para definir dependências entre tarefas e controle automatizadas, lidando com integração e interoperação com diversos sistemas de informação. Além disso, envolve todas as etapas compreendidas entre modelar processos até a implementação do Fluxo de Trabalho, passando esse modelo gráfico para uma linguagem de

especificação de Fluxos de Trabalho, otimizando, executando, controlando e atualizando o mesmo, o que pode ser visto na figura 9.

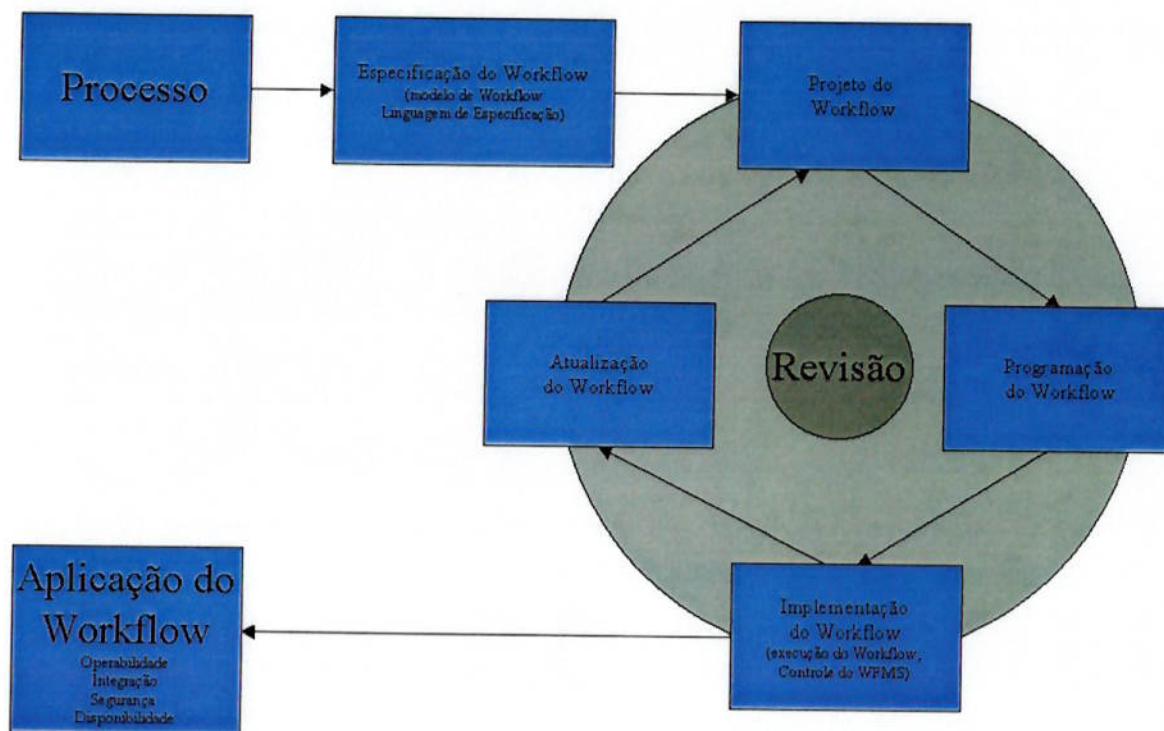


Figura 9 – Estrutura de desenvolvimento de um Fluxo de Trabalho (Workflow)

Sistemas de Fluxo de Trabalho, geralmente, estabelecem uma separação clara entre modelagem e execução como duas etapas distintas. A modelagem identifica os processos automatizados, criando modelos que procuram ser abstrações dos processos de negócio da organização. Em uma segunda etapa, a execução, cria as instâncias do processo, chamadas de casos.

Cada caso flui de acordo com as especificações do modelo do processo correspondente. Estes modelos são interpretados pelo sistema de Fluxo de

Trabalho que dispara as atividades e distribui as mesmas para seus respectivos agentes [BARTHELMESS, 1996].

Vários conceitos e definições foram estabelecidos para padronizar os componentes de um Fluxo de Trabalho. Os conceitos principais podem ser classificados em:

- *Atividade*: trabalho que forma uma etapa lógica dentro de um processo, podendo ser automática ou manual.
- *Tarefa automática*: Uma tarefa que pode totalmente ou parcialmente ser automatizada e que possa ser controlada ou monitorada diretamente pelo Sistema de gerenciamento de Fluxo de Trabalho.
- *Tarefa manual*: Tarefa que não pode ser automatizada e fica totalmente fora do controle do Sistema de gerenciamento de Fluxo de Trabalho .
- *Agente*: Um recurso humano que realiza o trabalho contido em sua respectiva Lista de Tarefas mantidas pelo Sistema de gerenciamento de Fluxo de Trabalho
- *Lista de Tarefas (ou Worklist)*: Uma lista com atividades que foram delegadas para um agente (ou em alguns casos um grupo de agentes) pelo Sistema de gerenciamento de Fluxo de Trabalho.
- *Gerenciador da Lista de Tarefas (ou Worklist Handler)*: Componente do Sistema de gerenciamento de Fluxo de Trabalho que gerencia a Lista de

Tarefas do agente (ou um grupo de agentes) e posiciona o componente do Sistema de gerenciamento de Fluxo de Trabalho responsável pelo controle das tarefas pendentes e das realizadas.

- *Mecanismo de Execução de Fluxo de Trabalho (ou Workflow Engine):* Componente do Sistema de gerenciamento de Fluxo de Trabalho responsável pela execução (inicialização, acompanhamento e finalização) de todos os Fluxos de Trabalho.

Outros conceitos foram criados para estruturar e sincronizar processos e tarefas:

- *Fluxo (ou Rota):* ordem que as tarefas de um Fluxo de Trabalho devem ser realizadas
- *Rota Paralela:* Segmento de fluxo em que uma ou mais tarefas podem ser executadas em paralelo, gerando várias linhas de controle.
- *Rota Seqüencial:* Segmento de fluxo em que várias atividades são executadas em seqüência, gerando apenas uma linha de controle. Geralmente ocorrem quando uma atividade necessita do resultado de uma outra para ser realizada.
- *"And-Split":* Um ponto no fluxo de um Fluxo de Trabalho onde uma única linha de controle se abre em duas ou mais atividades paralelas.

- “And-Join”: Um ponto no fluxo de um Fluxo de Trabalho onde duas ou mais atividades paralelas se transformam em uma única linha de controle.

Isto tudo pode ser representado na figura 10.

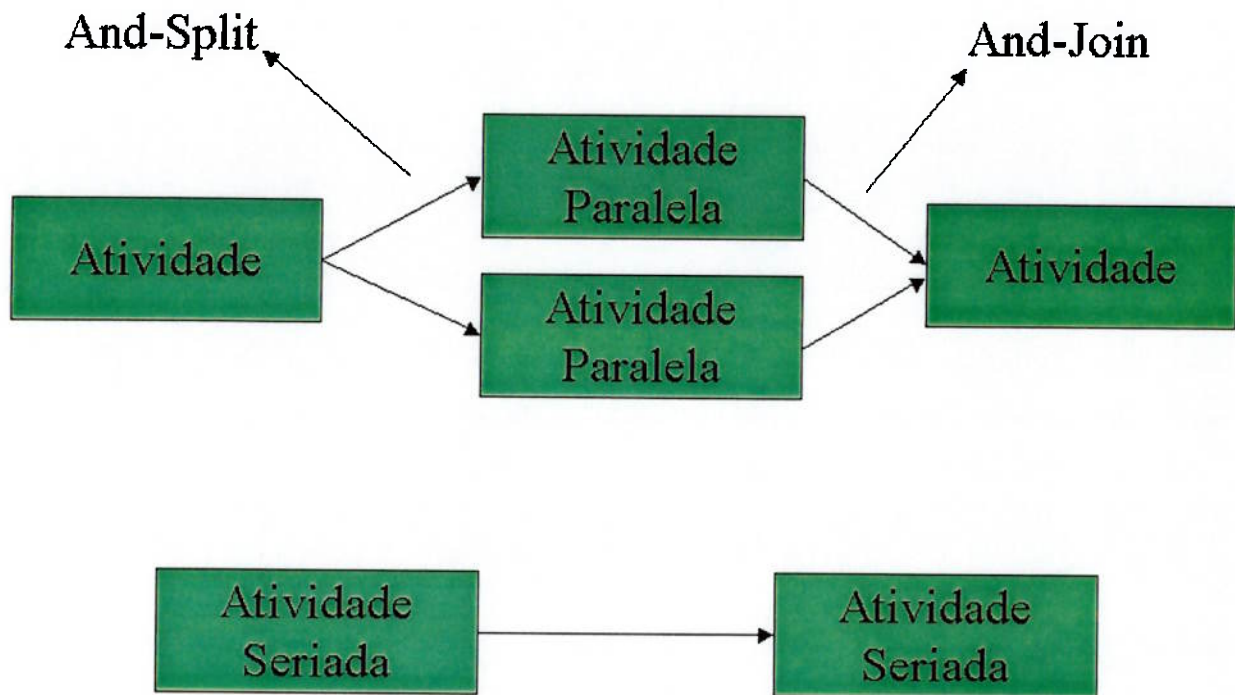


Figura 10 – Representação gráfica de rotas

Entre os *Mecanismos de Execução de Fluxo de Trabalho*, pode-se dividi-los entre sincronizador, guardião e comunicador.

- Sincronizador: é responsável pela sincronização das ações e/ou atividades realizadas por um grupo de agentes controlando o início das atividades de forma que estas somente aconteçam quando todos os subsídios necessários e/ou resultados de atividades anteriores estiverem disponíveis.
- Guardiã: representa a manipulação dos documentos associados aos casos.

- Comunicador: sistemas de correio eletrônico.

Em sistemas de workflow, o principal elemento é o do sincronizador, pois é na distribuição e sincronismo que se baseia o sistema.

Assim, a figura 11 exemplifica estas definições:

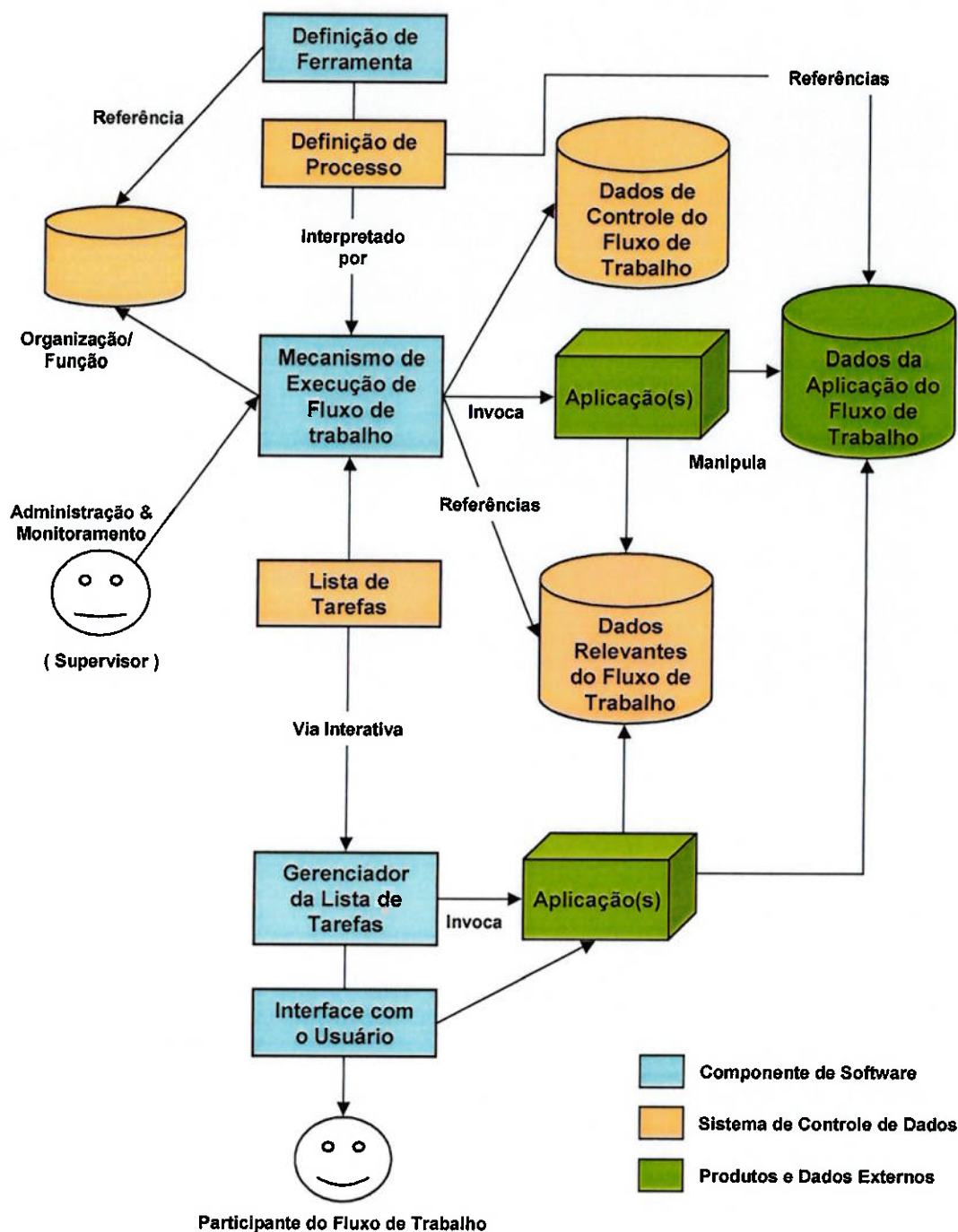


Figura 11 – Estrutura genérica de um Workflow [TELLES, 1997]

5.2.4 Representação de Fluxos de Trabalho

Como formas de representação, o Workflow pode ser apresentado no formato de redes de Petri (figura 12), representando um sistema como uma coleção de lugares, transições, arcos e marcadores.

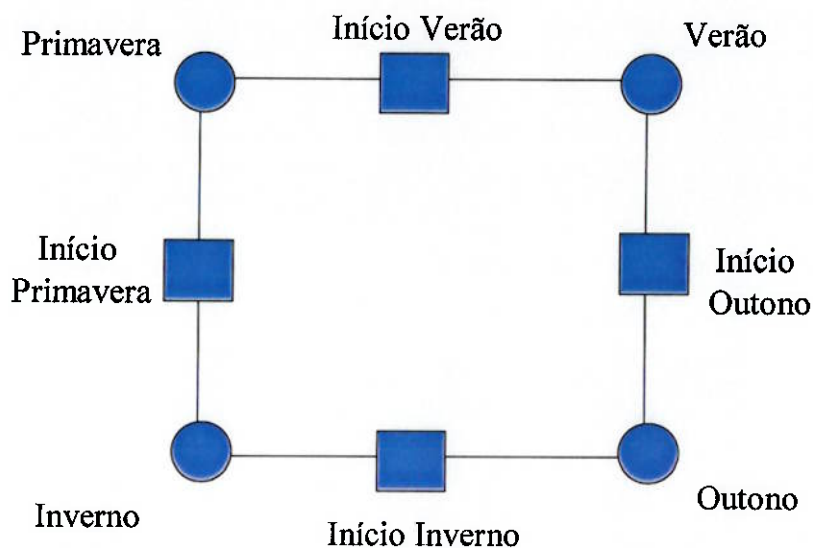


Figura 12 – O marcador indica a estação do ano. Quando ocorrer o início da próxima estação, o marcador transita para a próxima estação.
[BARTHELMESS,1996] et al. [REISIG,1982]

Os lugares contêm marcadores e funcionam como entradas para as transições. Uma transição ocorre quando um marcador se move para outro lugar, se existir um arco entre a transição e o lugar. Antes que a transição ocorra, um marcador precisa estar presente em cada um dos lugares aos quais a transição é conectada por um arco. A possibilidade de uso de múltiplos marcadores para representar a execução concorrente de atividades por diversos agentes é um dos atrativos sobre outros formalismos. O estado em

redes de Petri é representado pelas posições instantâneas dos marcadores, sendo portanto mais expressivo do que o único admitido em máquinas de estado.

Para que a modelagem do Workflow seja bem sucedida, uma simbologia deve ser adotada. Essa simbologia deve representar tarefas, fluxo e seus eventuais desvios, etc. Por exemplo, o símbolo de tarefa pode conter informações como nome, descrição, local de execução e grau de acesso.

Assim, o sistema de workflow pode ser representado graficamente através de suas atividades, empregando uma linguagem visual onde as principais atividades são representadas por retângulos ou ovais. Essas atividades podem corresponder a atividades atômicas realizadas diretamente pelo agente designado executor ou por atividades abstratas que por sua vez admitem ser subdivididas em etapas menores (figura 13).

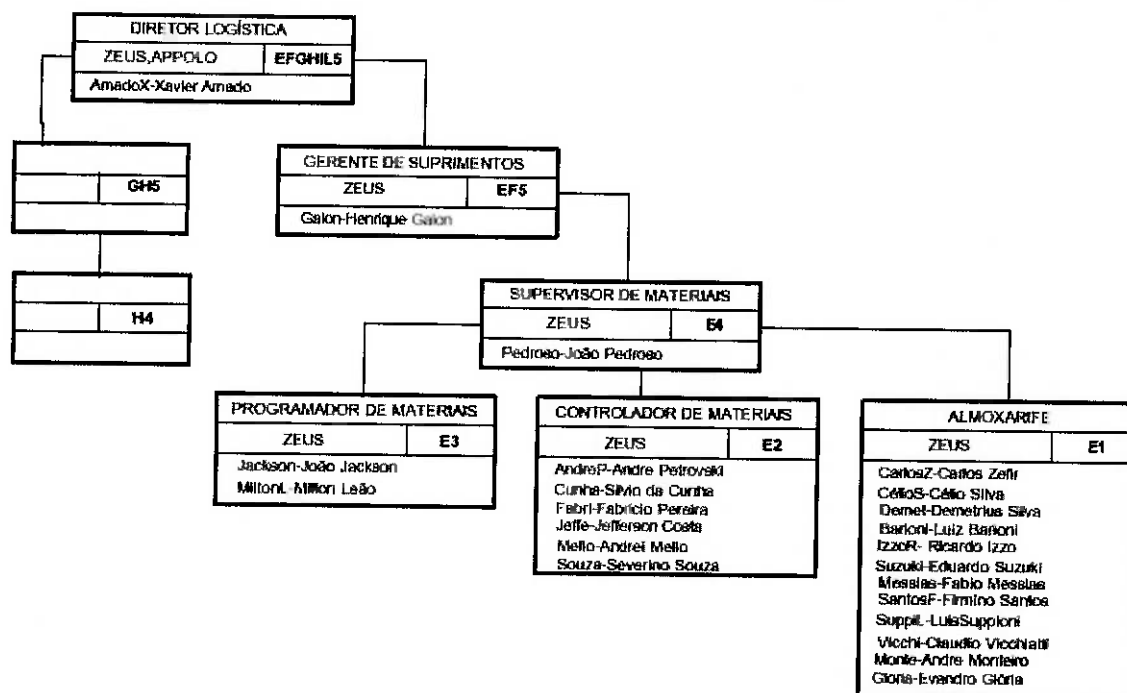


Figura 13 – Exemplo de simbologia [TELLES,1997]

5.2.5 Considerações sobre Fluxo de Trabalho

Para o sucesso da aplicação de um sistema de Fluxo de Trabalho, há uma necessidade de que ele seja desenvolvido com o máximo envolvimento possível daqueles que efetivamente executam o trabalho, e não somente por um grupo de especialistas devido as não correlações que ocorreriam. Assim as atividades devem ser estruturadas de tal forma que permitam um grande grau de liberdade de realização de ações, sem que seja necessário se recorrer ao planejamento a todo o momento.

5.3 Comparação entre os Métodos Propostos

As análises feitas anteriormente sobre os métodos de modelagem organizacional deixam bem claras as diferenças que se pode encontrar entre cada uma delas.

Por suas características, o método do Fluxo de Trabalho é mais aplicável para a otimização do fluxo de tarefas e informações de um escritório, mas também é aplicável a estudos de processos de fabricação. Entretanto, este está mais relacionado com o gerenciamento das atividades ao invés de sua otimização.

Por outro lado, a sistemografia também é aplicável a processos de fabricação, mas seu maior enfoque está na otimização destes, através de ferramentas para a simplificação e melhoria dos mesmos.

Baseado nas observações acima é indicado a aplicação da Sistemografia para a otimização dos processos juntamente com o uso de Fluxos de Trabalho, garantindo um entendimento total do processo dentro da organização.

6. Conceitos Gerais de Administração da Produção

6.1 Introdução

Os Sistemas de Administração da Produção (SAP) são sistemas que promovem o Planejamento e Controle da Manufatura, provendo informações necessárias para um gerenciamento eficiente do fluxo de materiais, efetiva utilização de pessoas e equipamentos, coordenação das atividades com fornecedores e distribuidores, e a comunicação com os consumidores sobre as exigências de mercado.[Vollmann, 1997]

Desta forma, o objetivo do Processo de Manufatura é o de garantir uma adequação entre atendimento de mercado e a estratégia da empresa, através da obtenção de "níveis desejados de desempenho em relação aos critérios competitivos da manufatura." [Correa, 1993].

Assim, as atividades gerenciais que os SAP suportam para cumprimento de seus objetivos, envolvem:

- Planejamento a capacidade requerida e avaliada;
- Planejamento dos recursos necessários;
- Planejamento níveis apropriados de estoques;
- Programação das atividades da produção;
- Capacidade de saber da situação corrente;
- Capacidade de reagir eficazmente à mudanças;
- Capacidade de prover informações a outras funções;
- Capacidade de prometer e cumprir prazos.

É importante salientar que os requisitos do SAP podem variar de empresa para empresa, na medida que este depende da natureza do processo de produção, das expectativas do consumidor e das necessidades da alta administração.

6.2 Atividades do sistema de administração da produção (SAP)

O Planejamento e Controle da Manufatura são feitos em três diferentes fases, através da ligação e coordenação dos vários departamentos da empresa, o que pode ser visto na figura 14.

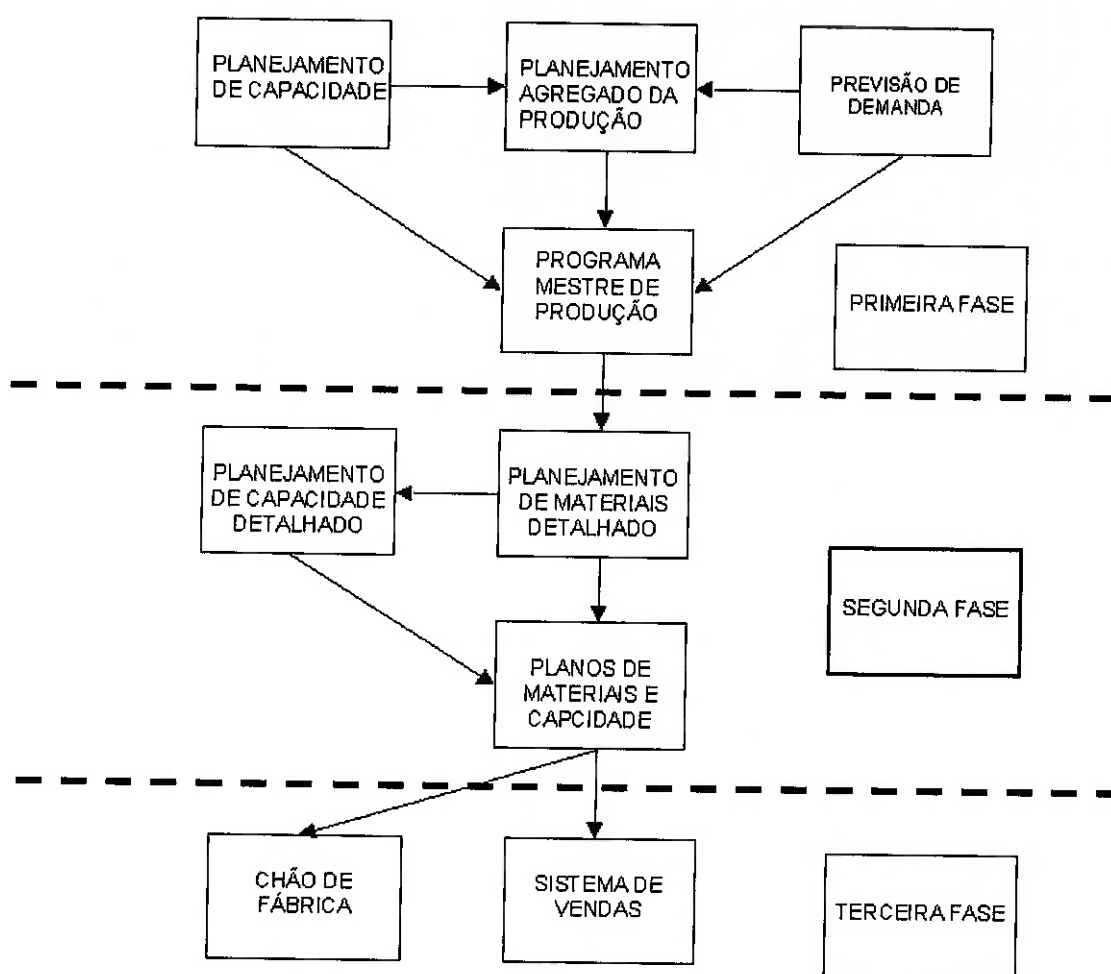


Figura 14 – Fases e etapas do sistema de administração da produção (SAP) [VOLLMANN, 1997]

A primeira fase consiste na determinação dos objetivos da empresa para o planejamento e controle da manufatura, também denominado de Planejamento Geral da Manufatura, onde tem-se os processos:

- Planejamento de Capacidade, que prove a capacidade necessária para produzir um produto hoje ou no futuro.
- Previsão e Gerenciamento da demanda, que consiste na coordenação de todas as atividades do negócio que demandam a capacidade da manufatura;
- Planejamento Agregado da Produção, que prove as entradas da produção e determina o papel da produção na estratégia da empresa; é a interface entre as decisões de curto prazo e estratégicas, promovendo o balanceamento da produção com a demanda em horizontes de médio prazo;
- Programa Mestre da Produção, que é a versão desagregada do planejamento agregado;

A segunda fase envolve o conjunto de medidas que devem cumprir o planejamento detalhado de material e de capacidade. Esta fase recebe informações do Programa Mestre de Produção que alimenta o planejamento detalhado de material, sendo núcleo desta segunda fase o MRP(Manufacturing Resource Planning), que será discutido posteriormente.

A terceira fase do sistema de administração da produção (SAP) é a execução dos planos da fase anterior tanto na fábrica como em Compras,

levando em consideração prioridades e execuções apropriadas, incluindo na mesma o Planejamento e Controle do chão de fábrica.

Agora, segue um detalhamento dos processos das três fases citadas anteriormente, para que haja um melhor entendimento de todas as partes que constituem um sistema de administração da produção (SAP)

6.3 Planejamento da Capacidade

6.3.1 Introdução

O planejamento da capacidade é a atividade responsável por garantir, que a capacidade efetiva de operação produtiva consiga atender uma determinada demanda em um tempo determinado.

O ponto chave para questões de capacidade de uma empresa são:

- Quanto de capacidade precisa-se ter;
- Quando aumentar ou diminuir;
- Que tipo de capacidade aumentar e onde;

Estes pontos são importantes, uma vez que a capacidade afeta os indicadores de desempenho, no sentido que:

- Custos serão afetados pelo equilíbrio entre capacidade e demanda (subutilização);
- Receitas também serão afetadas pelo equilíbrio entre capacidade e demanda, mas sob aspecto de receitas não atendidas;
- Capital de giro aumentará, na medida que são produzidos menos estoques para antecipar à demanda;
- Qualidade poderá ser alterada de acordo com a flutuação do nível de capacidade (utilização de terceiros);
- A velocidade de resposta à demanda será melhor;
- A confiabilidade será maior;
- A flexibilidade da produção também será maior.

A figura 15 mostra o escopo do planejamento da capacidade:

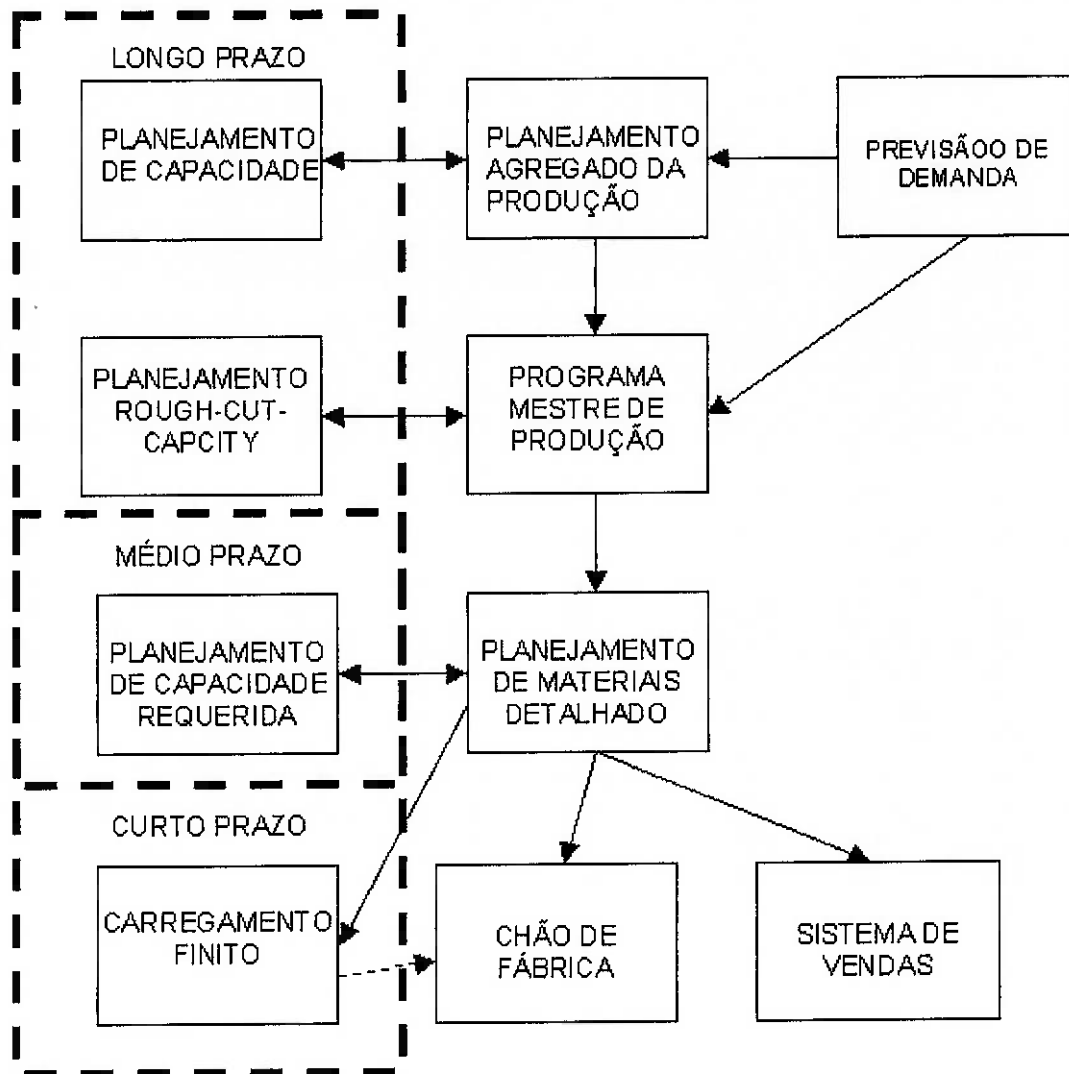


Figura 15 – Escopo do Planejamento da Capacidade [VOLLMANN, 1997]

Os cinco níveis do planejamento da capacidade envolvem desde uma grande capacidade agregada de longo prazo até o detalhamento da programação do chão de fábrica.

6.3.2 Planejamento da Capacidade

O Planejamento de Capacidade está diretamente ligado ao Planejamento Agregado da Produção, pois envolve decisões de longo prazo, sendo o tempo de horizonte de meses a anos. Com isto, este planejamento geralmente envolve a conversão mensal, trimestral e mesmo anual de um plano de produção em recursos agregados, como instalações fabris, mão de obra bruta e tempo de máquina.

O planejamento das instalações estabelece o projeto da unidade produtiva, considerando o tamanho da mesma, já que o tamanho da unidade produtiva deve levar em conta futuras expansões, como forma de adiar mudanças de local para novas instalações. Além disto, o arranjo físico do local ou locais de trabalho pode favorecer ou prejudicar a capacidade.

Já, a determinação das necessidades de equipamentos para manufatura dos produtos e mão de obra nas instalações requer a especificação detalhada dos componentes do produto, processo de manufatura, seqüência de produção e montagem. A partir destas informações é possível determinar o tempo de processamento (geralmente em peças por minuto), para cada operação.

Com relação a mão de obra é interessante notar a aprendizagem, já que o ser humano aprende proporcionalmente mais ao exercer atividades longas e repetitivas. Isto tem grande utilidade especialmente com relação ao planejamento da mão de obra, na medida que conhecendo a demanda de uma operação e a curva de aprendizagem aplicável, é possível determinar as necessidades futuras. Este fato também reflete no planejamento de custos,

uma vez que o aumento de produtividade do trabalhador na execução de sua atividade, juntamente com os volumes de produção, tornam os custos diretos da mão de obra menores.

O Planejamento “rough-cut capacity” (RCC) assegura a execução do MPS (Programa Mestre de Produção) através do uso de técnicas que provêem informações para a modificação dos níveis de recursos e materiais planejados. Entre estas técnicas, temos:

- Planejamento da Capacidade através do planejamento geral de fatores (CPOF), que se baseia no planejamento de fatores através da utilização de dados padrões ou históricos dos produtos finais provenientes de MPS anteriores. Com isto, o planejamento de fatores é aplicado nas informações do MPS, gerando estimativas de capacidade de mão de obra e maquinário. Após isto, estas estimativas são alocadas nas bases de dados, sendo atualizadas e revisadas quando houver alterações do MPS;
- Capacidade de Contas, onde o procedimento de contas é o que provê maior ligação entre os produtos finais (no programa mestre) e a capacidade requerida dos centros de trabalho. Para isto ela faz uso das contas de materiais, sua seqüência, além de dados da mão de obra direta e maquinário para cada operação. Isto é feito através da indicação do tempo total padrão para produzir um produto final em cada centro de trabalho, que é a multiplicação do tempo total por unidade pelo indicado na conta de materiais;

- Previsão de recursos, que associa o tempo de “lead time” da produção ao procedimento de Capacidade de Contas, levando em conta o tempo específico de carregamento de trabalho nos centros.

Isto tudo é exemplificado na figura 16:

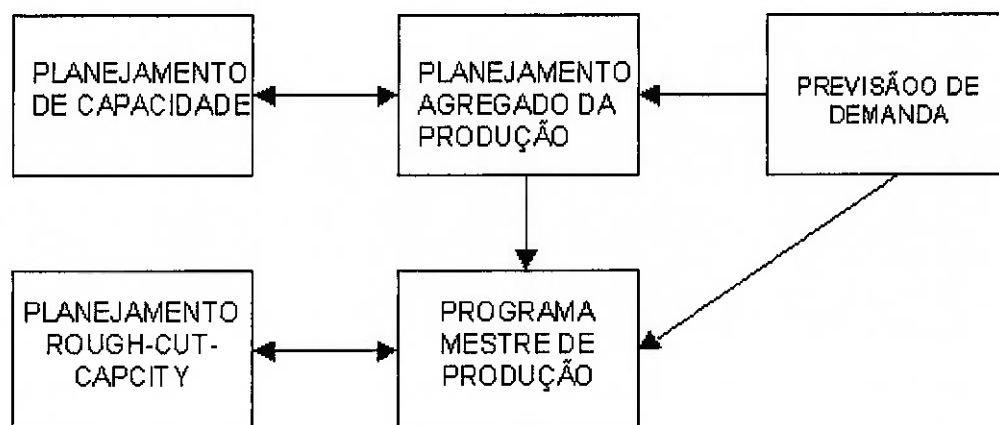


Figura 16 – Planejamento de capacidade a longo prazo [VOLLMANN, 1997]

6.3.3 Planos de necessidades de capacidades

Em empresas que fazem uso do MRP para preparar um planejamento detalhado de material, o detalhamento da capacidade é possível através do uso do CRP.

O CRP difere do planejamento RCC em quatro aspectos. Primeiro, o CRP utiliza o planejamento do tempo de fase do material que é produzido no MRP. Isto inclui considerações dos tamanhos de lotes, bem como de seus “lead time” para tanto ordens do chão de fábrica como ordens futuras. Segundo, ele leva em conta a capacidade já instalada na forma de estoques. Terceiro, no cálculo da capacidade requerida, ele só leva em conta o tempo

remanescente para completar o trabalho. Quarto, ele considera todas as demandas da empresa.

Assim, no médio e curto prazo o CRP explode as informações do MRP para o cálculo das necessidades do programa mestre, levando em conta estoques e agendamento, que permitem uma precisão com relação a capacidade requerida . Ele é um plano de capacidade infinita dado que não levam em conta restrições de capacidade de cada máquina ou centro de trabalho.

Isto tudo é exemplificado na figura 16:

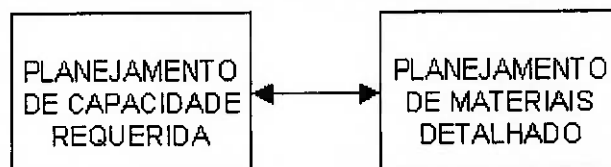


Figura 17 – Planejamento de capacidade a médio prazo [VOLLMANN, 1997]

6.3.4 Carregamento Finito

As informações da capacidade do chão de fábrica sofrem o efeito do carregamento finito, na medida que somente pode-se alocar trabalho até o limite estabelecido, já que o trabalho acima da capacidade não é possível, neste caso. Com isso, o carregamento finito estabelece uma detalhada programação de cada centro de trabalho baseado em sua capacidade e nos trabalhos já programados. Enfim, o carregamento finito só alocará trabalho em de acordo com a capacidade do centro de trabalho.

A figura 18 estas relações entre o carregamento finito, o planejamento de materiais detalhado e o chão de fábrica.

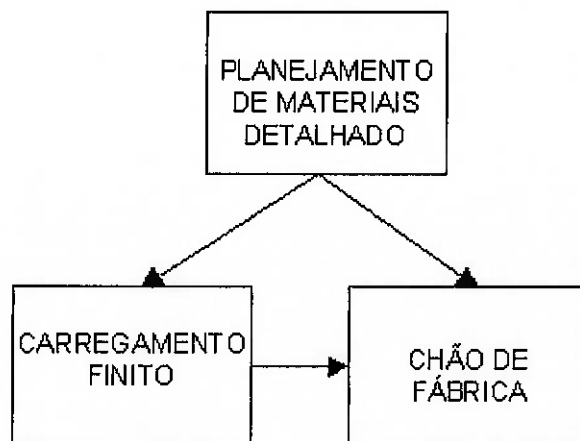


Figura 18 - Planejamento de capacidade a curto prazo [VOLLMANN, 1997]

6.3.5 Medição da Capacidade

A medição da capacidade pode ser feita de vários modos de acordo com a definição da saída e as condições de operação.

A partir da saída, a medição da capacidade através da produção só é possível se for produzido um único tipo de produto ou um grupo de produtos similares, tornando a medição direta através do número de unidades produzidas. Em contra partida, se houver a produção de mais de um produto em taxas diferentes, a medição expressa em termos do número total de unidades produzidas não tem o menor sentido.

Assim, para os casos acima, a medição é feita através de insumos ou capacidades de processamento, por meio do número de horas por máquina, horas de montagem, matéria prima, etc.

Além disto, um outro modo de medição, considerando as condições em que o sistema de produção trabalha, é através da capacidade teórica e da capacidade efetiva. A primeira é definida como a máxima taxa na qual o processo pode operar sob condições ideais de projeto, sendo que em curto prazo pode-se aumentar a taxa de saída através do aumento da velocidade das máquinas, horas extras ou adiando a manutenção temporariamente. A segunda é a taxa real de produção que resta após a dedução das perdas devidas tais como: mudança de linha pelos diversos produtos, manutenção da linha, dificuldades técnicas de programação, treinamentos, descansos, etc.

6.3.6 Fatores que influenciam a capacidade

Apesar de grande parte da determinação da capacidade ser dada por fatores físicos, a capacidade da produção, especialmente a capacidade efetiva, sofre efeitos do projeto de produtos e processos, treinamento de empregados, gerenciamento da qualidade e outros fatores. Assim, alguns dos fatores influentes são:

- Projeto do processo, onde em processos de estágio múltiplo, a máxima taxa de saída é a taxa do processo mais lento ou de menor capacidade (gargalo). Assim, necessita-se trabalhar o projeto no sentido de melhorar este gargalo de produção. Um outro ponto

importante é o quanto se deve automatizar em uma produção, uma vez que cada projeto leva em conta uma quantidade ótima de produção e conseqüentemente uma capacidade ótima (onde os custos unitários são menores), que deve ser atingida através da automação de alguns processos (figura 19);

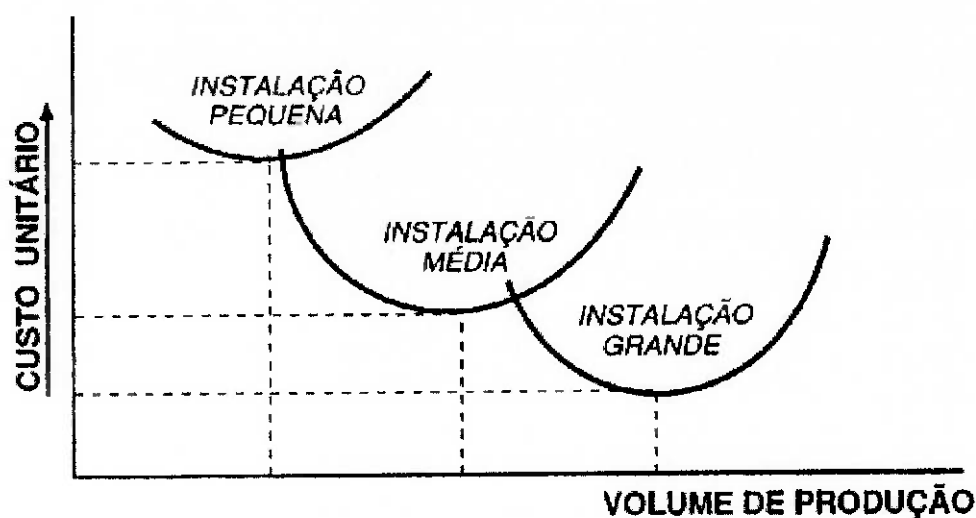


Figura 19 – Determinação da capacidade ótima [MOREIRA, 1996]

- Projeto do Produto, onde a capacidade de se produzir um produto bem projetado é maior do que um mal projetado, com o mesmo número de funcionários e equipamentos;
- Variedade de Produtos, onde a diversidade reduz capacidade, pois produtos uniformes (padronizados) padronizam métodos e materiais, reduzindo tempo de operação enquanto que produtos diferentes aumentam o tempo de preparação;

-
- Qualidade do Produto, pois a taxa na qual os produtos são feitos, testados e inspecionados afetam a taxa com que produtos de qualidade (aceitáveis) podem ser produzidos;
 - Programação da produção, que mantém o fluxo do produto bem balanceado e sincronizado, minimizando o tempo improdutivo de máquinas e pessoal;
 - Gerenciamento de materiais, onde a falta de material pode causar parada na produção e o excesso de estoque pode gerar congestionamento e perda de tempo na busca;
 - Manutenção, pois as maiores causas de perda de produção são defeitos e quebras de máquina;
 - Fatores humanos, onde a associação entre a quantidade certa e composição de recursos técnicos, o quadro e a habilidade dos funcionários e uma política de motivação pode aumentar a capacidade.
 - Fatores externos tais como a legislação ambiental, os padrões de qualidade exigidos pelos clientes, etc.

6.4 Previsão e Gerenciamento da Demanda

6.4.1 Introdução

A previsão da demanda e seu gerenciamento promovem a coleta e coordenação de todas as potenciais demandas com relação a capacidade de

manufatura, através das interações diárias entre consumidores e a empresa. Esta atividade mantém um canal de comunicação entre o SAP e os consumidores, envolvendo tanto a demanda interna quanto externa .

A figura 20 enfatiza as ligações da previsão e gerenciamento da demanda com o Planejamento Agregado da Produção e Programa Mestre de Produção:

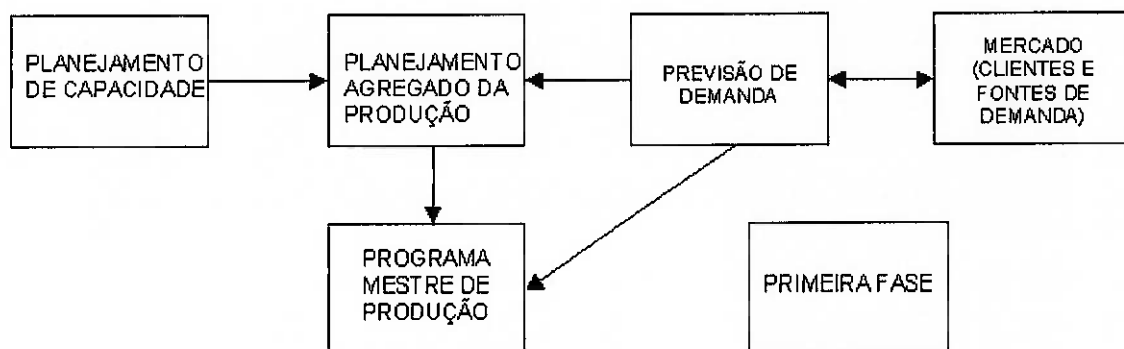


Figura 20 – Gerenciamento da demanda [VOLLMANN, 1997]

A grande consequência destas ligações é a necessidade de uma previsão da demanda com apropriado nível de detalhe, como pré requisito das outras atividades do Programa Mestre de Produção (MPC).

Como forma de prever a demanda, tem-se: métodos Qualitativos e Quantitativos.

6.4.2 Descrição dos métodos

O primeiro, Métodos Qualitativos (ou baseados em julgamento), baseiam-se basicamente no julgamento das pessoas, de forma direta ou indireta, que tenham condições de opinar sobre a demanda futura. Estas pessoas podem ser desde gerentes a fornecedores. Estes métodos não se

apóiam em nenhum modelo específico, podendo ser conduzidos de forma sistemática. São muitos úteis na ausência de dados e instabilidade do horizonte de previsão, além de longos períodos de horizonte.

O segundo, Métodos Quantitativos, assumem que a quantidade a ser prevista afetará o futuro pelo mesmo modo que afetou o passado. Com isto, necessitam de uma quantidade considerável de dados para boas previsões, pois se utilizam de modelos matemáticos. Simbolicamente temos seguinte a representação:

$$Y = f(.) \quad (1)$$

onde Y é chamada de variável aleatória (no nosso caso, demanda) e f(.) é a função que determina esta variável no tempo.

A escolha desta função é feita seguindo os seguintes passos:

- 1° Elaborar gráficos dos dados relevantes, ajudando a determinar os padrões dos dados;
- 2° Selecionar uma função que tenha a forma semelhante a do gráfico;
- 3° Estimar os parâmetros desta função;
- 4° Avaliar a qualidade do modelo;
- 5° Seccionar e implementar o melhor modelo.

Os métodos quantitativos estão divididos em:

- Métodos causais, que consistem na determinação de variáveis causais para previsão da demanda que influenciam a variável dependente;

- Métodos temporais, que consistem na análise de séries temporais, que nada mais são que os dados passados da demanda usados para prever o futuro.

A seguir será dada atenção a estes últimos dois métodos.

6.4.2.1 Métodos Causais

A técnica mais conhecida dentro da classe dos modelos causais é a regressão, que pode ser tanto simples como múltipla, sendo que esta última foge ao escopo do trabalho. A regressão consiste na determinação de uma função que relaciona uma variável dependente a uma ou algumas variáveis independentes (regressão múltipla).

6.4.2.1.1 Regressão Simples

Na regressão simples, apenas a variável dependente está ligada a somente uma variável independente.

A partir disto, temos algumas possibilidades de formatos (figura 21):

$$Y = b_0 + bX \text{ (reta: regressão linear simples)} \quad (2)$$

$$Y = b_0 b^X \text{ (exponencial: regressão exponencial)} \quad (3)$$

$$Y = b_0 + bX + cX^2 \text{ (parábola: regressão parabólica)} \quad (4)$$

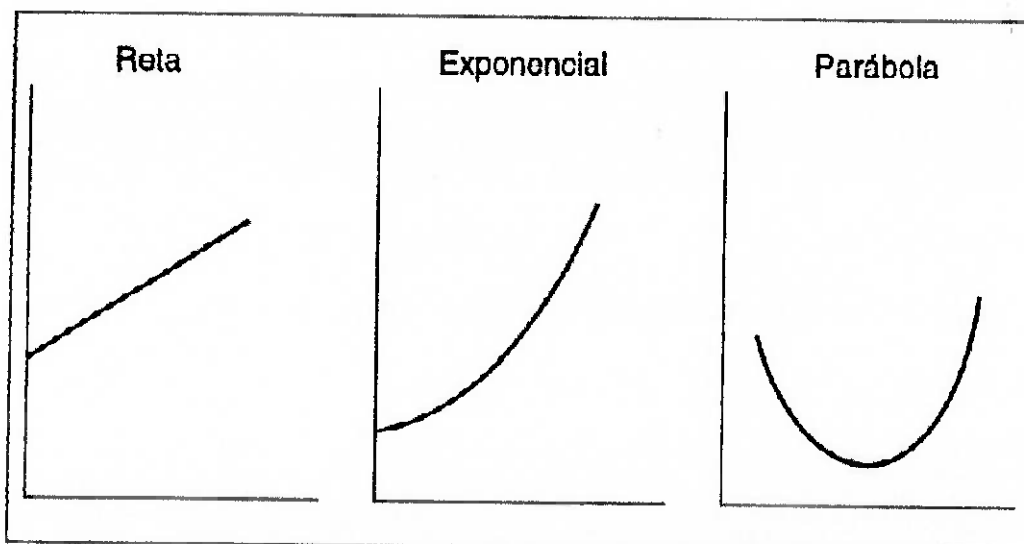


Figura 21 – Modelos de Regressão Simples [MOREIRA,1996]

Em cada um dos casos acima, as letras a e b representam parâmetros, ou seja, valores numéricos constantes. Neste trabalho será dada atenção somente à regressão linear.

6.4.2.1.1 Regressão Linear Simples

A regressão linear simples consiste na determinação de uma função na qual constitui “uma linha que melhor ajusta a coleção de pontos X - Y , que minimiza a soma das distâncias ao quadrado da linha medida na vertical, ou na direção de Y .” [REITSCH, 1995].

A partir desta definição, método usado para encontrar os valores dos parâmetros b_0 e b é chamado de método dos mínimos quadrados ou simplesmente MMQ.

Isto pode ser representado pelas seguintes expressões:

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (5)$$

$$b_0 = \frac{\sum Y}{n} - \frac{b \sum X}{n} \quad (6)$$

$$\hat{Y} = b_0 + bX \quad (7)$$

6.4.2.1.1.2 Coeficientes de Correlação e de Determinação

O coeficiente de Correlação é uma forma de medida do relacionamento linear que existe entre duas variáveis de interesse, sendo que este pode assumir valores entre +1 e -1. O valor $r=+1$ indica uma correlação perfeita (os valores de Y são obtidos com exatidão através dos valores de X) e positiva (as variáveis X e Y variam no mesmo sentido). Por outro lado, se valor $r=-1$ também indica correlação perfeita, mas as variáveis são inversamente relacionadas, ou seja, quando uma aumenta o valor a outra diminui.

É interessante notar que a correlação de X e Y é um tanto mais fraca quanto mais r se aproxima de zero em valor absoluto [MOREIRA, 1996].

$$r = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \sqrt{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2}} \quad (8)$$

Ao invés do coeficiente de correlação r, pode-se trabalhar com o coeficiente de determinação, medindo “a porcentagem de variação em Y que

pode ser explicada através do conhecimento da variável independente X"[REITSCH,1995].

$$r^2 = \frac{b_0 \sum Y + b \sum XY - n \bar{Y}^2}{\sum Y^2 - n \bar{Y}^2} \quad (9)$$

Na prática, o coeficiente de determinação é o quadrado do coeficiente de correlação, ou seja:

$$\text{Coeficiente de determinação} = r^2 \quad (10)$$

A vantagem do coeficiente de correlação é que os relacionamentos positivos e negativos são revelados e a vantagem do coeficiente de determinação é a medida de variação de Y que explicada pela variação de X.

6.4.2.1.1.3 Intervalo de confiança

Uma vez obtida a equação para um período futuro, pode-se determinar o intervalo de confiança para a mesma, ou seja, um intervalo de valores tais que o valor real da demanda tenha probabilidade pré-fixada de estar dentro do intervalo (figura 22). Para tanto, a previsão de \hat{Y} pode ser considerada como sendo a média de uma distribuição normal de desvio padrão S_y , o qual é denominado de Erro Padrão de Estimativa.

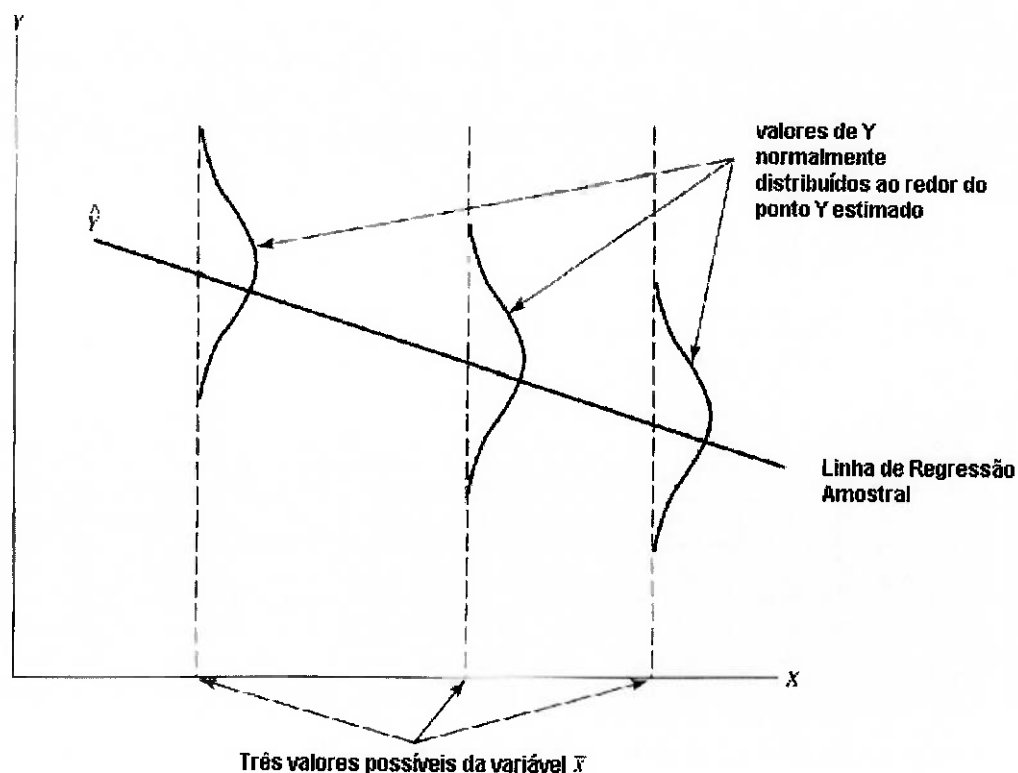


Figura 22 – Intervalo de confiança da previsão [REITSCH,1995]

O erro padrão da estimativa é calculado como[REITSCH,1995]:

$$s_{y \cdot x} = \sqrt{\frac{\sum (Y - \hat{Y})^2}{n - 2}} \quad (11)$$

Assim, para fazer uma previsão de Y, tanto a dispersão pontos ao redor da linha de regressão como a dispersão das possíveis linhas ao redor da regressão verdadeira da população deve ser considerada. Agora, definindo o erro padrão de previsão como o que mede a variação dos valores previstos de Y ao redor dos verdadeiros valores de Y para os valores de X dados, temos:

$$s_f = s_{y \cdot x} \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(X - \bar{X})^2}{\sum (X - \bar{X})^2}} \quad (12)$$

Note que o primeiro termo é o erro padrão de estimativa e os outros fatores medem a variação das regressões das linhas da amostra com relação a verdadeira linha de regressão. Em outras palavras, o erro de previsão depende do valor de X para o qual a previsão é necessária. O menor erro possível é quando $X = \bar{X}$, fazendo com que o terceiro termo seja zero.

Um intervalo de confiança qualquer é dado (aproximadamente) por $\hat{Y} \pm z S_f$ onde z é o número de desvios padrão que corresponde a uma área dada sob a curva normal para amostras com mais de 30 componentes, para amostra pequenas é apropriado usar uma curva t-student, tornando o intervalo $\hat{Y} \pm t S_f$ (onde $df = n-2$). A área, em ambos os casos, representa uma dada probabilidade de que o valor real da demanda caia dentro do intervalo especificado.

6.4.2.2 Séries temporais

Uma série temporal é uma seqüência de observações da demanda ao longo do tempo. Em geral, as observações são igualmente espaçadas (dias, meses, trimestres, anos, etc.). Além disso, esta não associa a demanda a qualquer outra variável da qual possa supostamente depender, a hipótese é que os valores futuros são obtidos a partir dos valores passados. Em previsões de séries temporais tenta-se decompor o processo de previsão em seus componentes:

- Componente permanente(P), o qual descreve a média a longo prazo do processo ou o "nível básico" do processo em algum ponto no tempo se existe uma tendência.

- Componente tendência, o qual confere à demanda uma tendência a crescer ou decrescer com o tempo (figura 23).

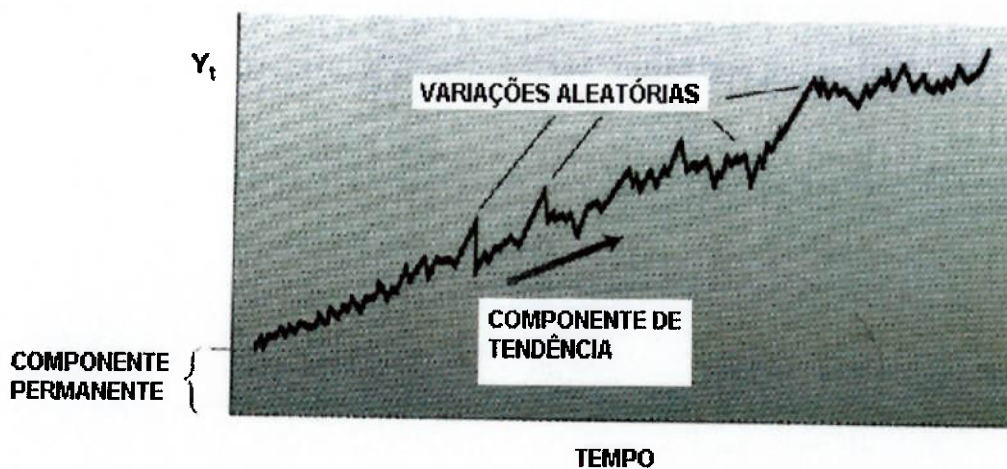


Figura 23 – Processo com componente tendência [MARTINICH, 1997]

- Componente sazonal, o qual descreve flutuações regulares em épocas bem definidas do ano (figura 24);

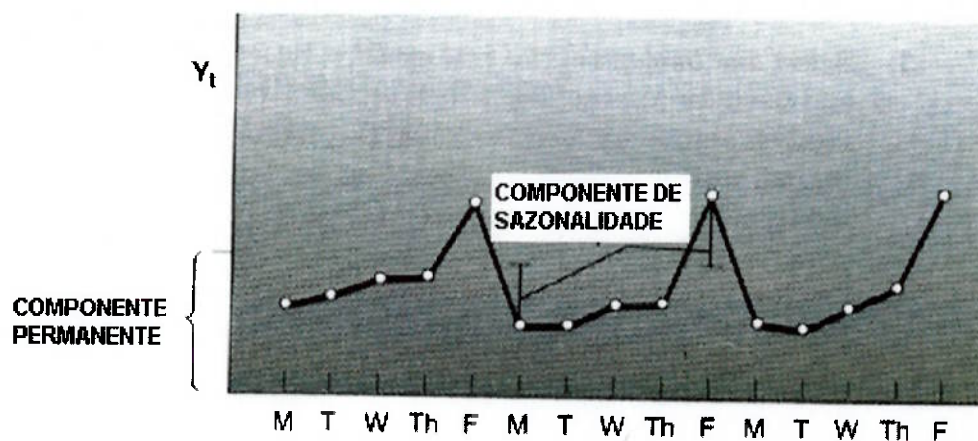


Figura 24 - Processo com componente sazonalidade [MARTINICH, 1997]

- Componente cíclica descreve os padrões dos dados que ocorrem em função dos ciclos de negócios, que tendem a variar com irregularidade e tem a periodicidade de alguns anos (figura 25);

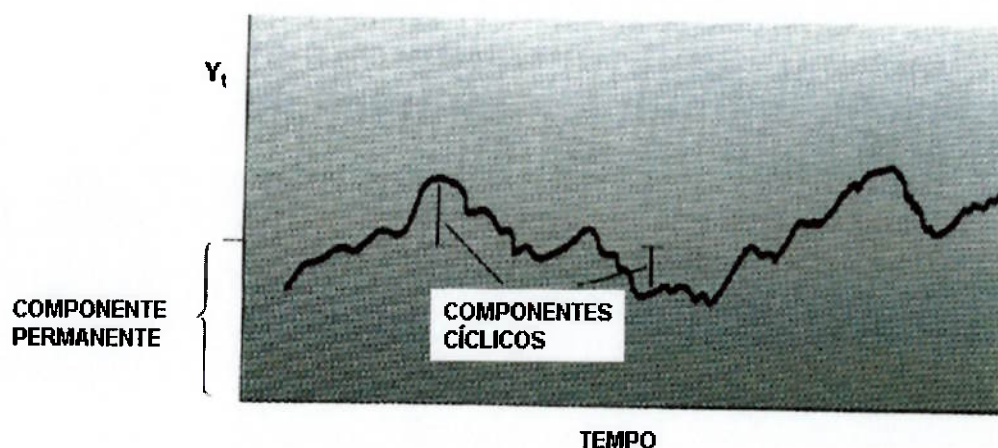


Figura 25 - Processo com componentes cíclicos [MARTINICH, 1997]

- Componentes irregulares ou acaso são componentes devidas as causas não identificáveis, ocorrendo no curto prazo, diferentemente dos ciclos de negócios. Pelo fato de ocorrerem ao acaso não podem ser previstas.

6.4.2.2.1 Médias Móveis

O conjunto de modelos classificados como métodos das médias móveis possuem as características de prever a demanda através de médias que levam em conta valores reais anteriores ; ao contrário das regressões, somente pode-se prever um período à frente; geralmente, as estas médias são móveis o que implica que a cada nova previsão são abandonados os valores antigos da demanda real e incorporados os mais novos.

A média móvel simples é obtida através da média dos dados relevantes do passado e usando esta média para prever o futuro [REITSCH, 1996].

$$M_t = \hat{Y}_{t+1} = \frac{(Y_t + Y_{t-1} + Y_{t-2} + \dots + Y_{t-n+1})}{n} \quad (13)$$

ONDE

M_t = MÉDIA MÓVEL NO TEMPO T

\hat{Y}_{t+1} = VALOR DE PREVISÃO DO PRÓXIMO PERÍODO

Y_t = VALOR ATUAL DO PERÍODO T

n = NÚMERO DE TERMOS DA MÉDIA MÓVEL

A média móvel ponderada é um método comum ao anterior, tomando n valores reais anteriores para a composição da média, entretanto estes valores recebem pesos diferentes para refletir a importância dada aos valores mais recentes da demanda

Nota-se que a soma dos pesos deve ser igual a 1 e esta escolha é arbitrária. A vantagem sobre o método anterior é que os valores mais recentes podem estar revelando uma tendência, recebendo assim uma importância maior.

O método da média móvel exponencialmente ponderada de 1ª ordem enfoca principalmente a revisão da previsão em face aos acontecimentos mais recentes, baseando-se para isso na média dos valores passados da série decrescidos de maneira exponencial [MOREIRA, 1996].

$$D_t = D_{t-1} + \alpha (Y_{t-1} - D_{t-1}) \quad (14)$$

D_t = previsão para o período t

D_{t-1} = previsão para o período $(t - 1)$

α = constante de suavização ou de alisamento (fração do erro)

Y_{t-1} = demanda real para o período $(t - 1)$

É importante notar que, qualquer que seja o período para o qual se deseja a previsão é sempre necessária a previsão do período imediatamente anterior D , outro fator também importante é o valor da constante α , já que α determina quanto o erro da de previsão da demanda anterior influenciará a previsão da demanda futura. Quando α se aproxima de um, a nova previsão irá incluir um ajuste substancial para o erro ocorrida na previsão anterior e quando α se aproxima de zero, a nova demanda será aproximadamente a demanda real anterior.

O valor atribuído a α é chave da questão, pois caso deseja-se uma previsão estável com variações aleatórias suavizadas, utiliza-se um α pequeno, caso contrário se deseje uma rápida resposta para mudanças dos padrões da demanda, utiliza-se um valor de α grande.

Para todos os métodos das médias, inclusive após submissão a correções, como no caso do efeito de tendência, as medidas mais comuns de erro são o MAD (Desvio Absoluto Médio) e o MSE (Erro Médio Quadrático) [MOREIRA, 1996].

$$MAD = \frac{\sum |Y - D|}{n} \quad (15)$$

$$MSE = \frac{\sum (Y - D)^2}{n - 1} \quad (16)$$

sendo

Y = valor real da demanda; D = previsão; n = número de pares (Y, D) .

6.4.3 Análise Prática dos Métodos Anteriores

Na prática, gerentes confiam mais em métodos baseados no julgamento (qualitativos) que em métodos quantitativos, uma vez que as empresas confiam mais nas opiniões de gerentes para o curto prazo e de um grupo de gerentes para previsões de longo prazo.[EVANS, 1997]

As maiores razões para este fato são que métodos baseados no julgamento possuem mesma precisão que métodos quantitativos, além da grande dificuldade na obtenção dos dados necessários para as técnicas quantitativas. Além disto, grande parte das previsões por métodos quantitativos são ajustadas pela experiência dos gerentes, já que métodos qualitativos dão a sensação de posse do negócio e a dimensão de senso comum.

A escolha de um método depende de muitos critérios e situações, uma vez que se deseja a melhor previsão possível com custos e precisões aceitáveis, levando em conta também os dados necessários, níveis de agregação e conhecimentos.

Assim, o conceito básico da previsão e gerenciamento da demanda é que existe um pico de capacidade, no qual é preenchido, em curto prazo, com pedidos dos consumidores e, em longo prazo, com previsões.

6.5 Planejado agregado da produção

6.5.1 Introdução

O planejamento da produção prove o diálogo direto e consistente entre a manufatura e a alta administração, bem como da manufatura com outras funções. Com isto, a missão da manufatura é cumprir os objetivos gerais da empresa, através de um plano consistente de política de capacidade da alta administração e um processo de balanceamento entre a produção com a demanda, chamado de Planejamento Agregado da Produção. Este planejamento foca a manufatura de forma que haja a minimização dos custos do horizonte de planejamento (figura 26).

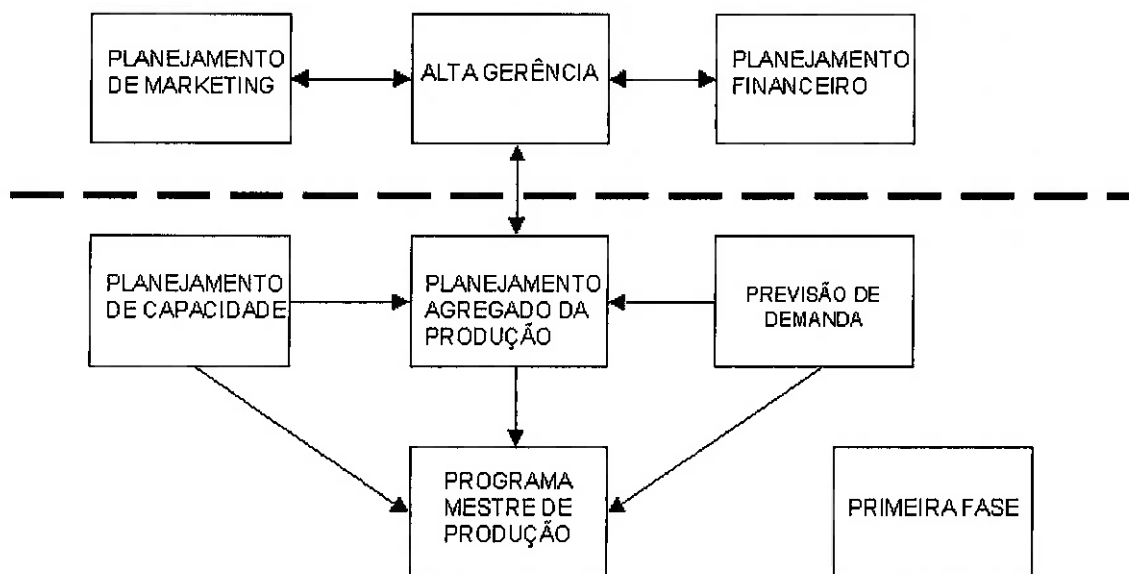


Figura 26 – Balanceamento entre a produção e a demanda [VOLLMANN, 1997]

Além disto, recebe este nome devido a grande variedade de produtos que uma empresa pode possuir, o que torna impraticável planejar o

emparelhamento da produção com demanda prevista individualmente para cada um deles. É por isto que se tem a designação “agregados”.

Esta agregação é feita sob a seguinte convenção [EVANS, 1997]:

- Itens são produtos vendidos aos consumidores.
- Famílias são grupos de itens processados no mesmo equipamento que dividem o mesmo tempo de preparação de máquina.
- Tipos de produtos são grupos de famílias de produtos que têm a mesma estrutura de custos, produtividade e sazonalidade de demanda.

Assim, o planejamento agregado é geralmente feito para um tipo de produto, que, depois de agregado, deve ser desagregado no planejamento de produção de família e no planejamento de item em curto prazo.

6.5.2 Políticas de Balanceamento

As políticas de planejamento para balancear a capacidade e a demanda consistem, basicamente, em métodos de resposta da capacidade com respeito as flutuações de demanda. Dentre estes métodos, podemos citar:

- Política de capacidade constante, onde a capacidade de processamento é mantida em um nível constante durante todo período de planejamento. Isto significa (sem levar em conta os efeitos de aprendizagem) que o mesmo número de pessoas operam os mesmos processos e assim deveriam produzir o mesmo volume agregado de produção ao longo de cada período. As políticas de capacidade constante podem atingir os objetivos de padrões de

emprego estáveis, alta utilização do processo com baixos custos e, em contra partida, podem criar estoques consideráveis, gerando problemas de armazenamento e financiamento.

- Política de acompanhamento da demanda, onde se tenta ajustar a capacidade bem próxima aos níveis de flutuação da demanda prevista. Isto é feito através da utilização de um número diferente de pessoas, de horas de trabalho e de quantidades de equipamentos em cada período. Vale ressaltar que os métodos para implementar esta política nem sempre são viáveis para todos tipos de produção.
- Política de horas extras e tempo ocioso, que é o método mais rápido e conveniente para ajustar a capacidade, onde se varia o número de horas produtivas trabalhadas pelo pessoal da produção. Assim, quando a demanda é mais alta do que a capacidade nominal, o dia de trabalho é estendido e quando é menor do que a capacidade nominal, o tempo de trabalho pode ser reduzido. Os custos associados a este método são pagamentos extras necessários. Um ponto importante é a existência de um tempo limite antes do declínio da produtividade.
- Política de variação do tamanho da força de trabalho, onde a dependência da capacidade em relação ao tamanho da força de trabalho faz com que umas das formas de ajustar a capacidade à demanda seja o ajuste do número de pessoas. Isto é feito através de contratações e dispensas, de acordo com a variação da demanda. Os custos com relação à contratação envolvem recrutamento e treinamento, sendo isto somado a baixa produtividade. Além disto, os custos de dispensas incluem indenizações e perda de moral.

-
- Política de utilização de funcionários em tempo parcial, que é uma variação do anterior, onde a contratação de pessoal é em tempo parcial. Em alguns casos os custos fixos do emprego de cada empregado, independentemente do número de horas trabalhadas, podem ser muito alto, inviabilizando este método.
 - Política de subcontratação, onde, em períodos de alta demanda, uma operação pode ser subcontratada para fazer uso da capacidade de outras organizações. O mais óbvio é que a subcontratação seja dispendiosa, uma vez que o subcontratante terá sua margem de lucro no negócio. Além disto, há o risco do subcontratante, ao final, entrar no mesmo mercado.
 - Política de gerenciamento da demanda, onde a busca por uma demanda estável e uniforme permite a organização uma redução de custos e uma melhora na qualidade, na medida que a capacidade pode ser melhor utilizada e o lucro potencial pode ser melhorado. Ao reconhecer este fato, as organizações buscam transferir a demanda dos períodos de picos para períodos mais tranquilos. Isto é feito através da mudança de preços ou atividades promocionais, ou mesmo através de pequenas alterações do produto, sendo que políticas mais agressivas podem preencher a capacidade com produtos e serviços alternativos.

6.6 Programa mestre de produção

6.6.1 Introdução

A desagregação do Planejamento Agregado da Produção para o curto prazo consiste no programa mestre de produção, contendo a declaração da quantidade e o momento em que os produtos finais devem ser produzidos através do direcionamento de toda a operação em termos do que é montado, manufaturado e comprado. Com isto, é a base do planejamento de utilização de mão de obra e equipamentos, determinando o aprovisionamento de material e capital.

O programa mestre de produção é constituído de registros com escala de tempo que contém, para cada produto final, as informações de demanda e estoque disponível atual, usando estas informações para projetar o estoque no tempo para satisfazer à demanda futura. Esta satisfação é feita através da inserção dos pedidos na linha do programa.

Todas as fontes de demanda devem ser consideradas na geração do programa mestre, uma vez que são os pedidos de última hora que geram distúrbios em todo sistema de planejamento da empresa.

6.6.2 Relacionamento com a demanda

O Programa Mestre de Produção (MPS) varia de acordo com a demanda e sua previsão, existindo três ambientes: Produzir para estocar, montar para ordem e fazer para ordem, pois a primeira função do gerenciamento da demanda é converter ordem do dia a dia dos consumidores em ações do MPS.

A figura 27 exemplifica isto.

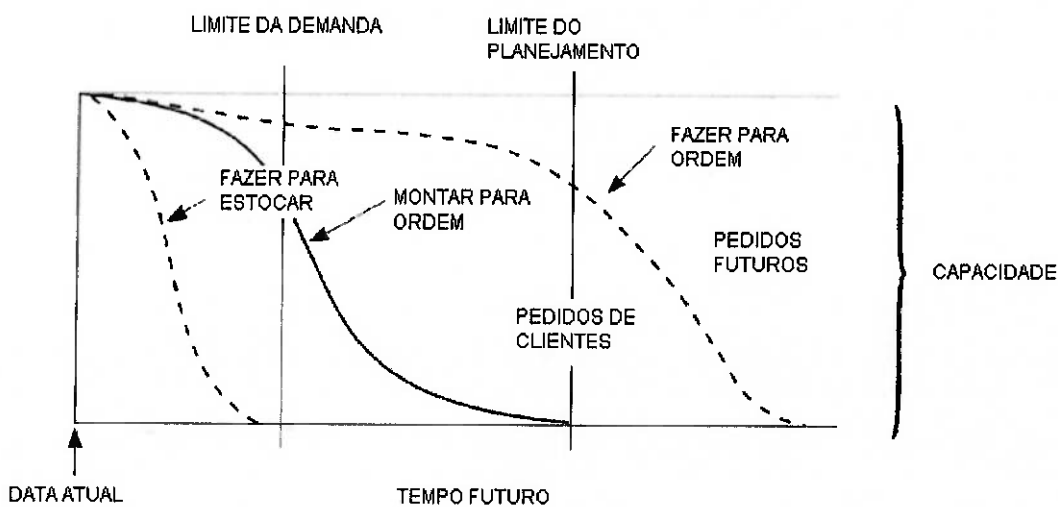


Figura 27 – Os três ambientes da demanda [VOLLMANN, 1997]

No ambiente de produzir para estocar, existem poucos clientes atuais e geralmente a demanda é satisfeita por estoques, ou seja, a missão do MPS é garantir estoques para demanda prevista. Isto porque o gerenciamento da demanda não prove o consumidor de datas de entregas, na medida que o material está em estoque e o consumidor se utiliza disto. Já, nos casos de estoque insuficiente para um pedido específico, o consumidor deve contar onde o material está disponível ou contar qual a quantidade do pedido que pode ser satisfeita. Assim, converter pedidos em ordens neste tipo de ambiente indica o nível de reposição do estoque para vendas feitas.

No ambiente de montar para ordem, a chave da programação é prover o consumidor de datas prometidas, onde geralmente as ordens dos consumidores já estão encomendadas por vários períodos no futuro. Com isso, o MPS usa o conceito de promessa disponível para cada módulo ou opção do consumidor para gerenciar a conversão de previsões em encomendas.

No ambiente de fazer para ordem, a primeira atividade é controlar as encomendas para irem de encontro com as datas de entrega. Isto está relacionado com o MPS, uma vez que determina o impacto de mudanças de engenharia no pedido final do consumidor, já que alguns pedidos podem estar encaminhados sem sua completa especificação e engenharia. Enquanto empresas exercem esta atividade pelo mesmo caminho dos produtos de montar para ordem, a comunicação com a programação da montagem final pode ser necessária no acerto das datas prometidas.

Enfim, o programa mestre de produção busca nivelar a produção através da quantidade média da quantidade requerida por período, de modo a suavizar picos e vales. Além disto, fornece para função de vendas a informação de quanto pode ser prometido para clientes e para quando, podendo assim carregar a carteira de pedidos no programa mestre e acompanhar o que está disponível para futuras promessas.

A figura 28 mostra os dados de entrada do programa mestre de produção:

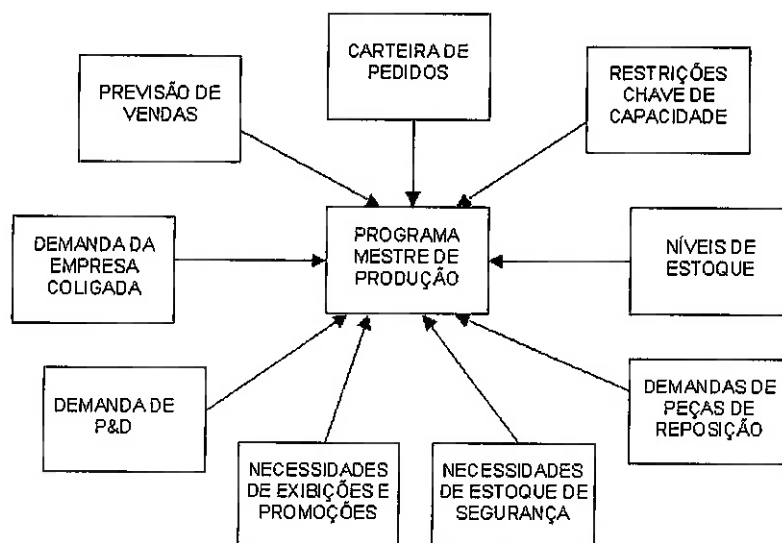


Figura 28 – Entradas do Programa Mestre de Produção [SLACK, 1996]

6.7 MRP I (Material Requirements Planning) e MRP II (Material Resource Planning)

6.7.1 O contexto do MRP no Sistema de Administração da Produção

O MRP fornece suporte para as empresas a planejarem e controlarem suas necessidades de recursos com o apoio de sistemas de informação. Isto é feito através do planejamento da necessidade de materiais e também do Planejamento da Capacidade de manufatura, ainda que atualmente ele planeje todas as necessidades dos negócios da empresa.

Como pode ser visto na figura abaixo, a função de planejamento detalhado de material representa o sistema central do planejamento e controle de material. Esta função recebe informações do MPS , em forma de lista de materiais (que analisa o número de uma parte e indica quais outros componentes diretos são necessários) e informações de inventário (quanto de matéria-prima foi utilizada, está em estoque ou já foi pedida). Isto resulta em um conjunto de requisitos de matéria-prima que devem ser adquiridos em determinados intervalos de tempo (entrada do sistema de MRP), além de dados que podem ser utilizados em modelos detalhados de planejamento de capacidade (CRP) (figura 29).

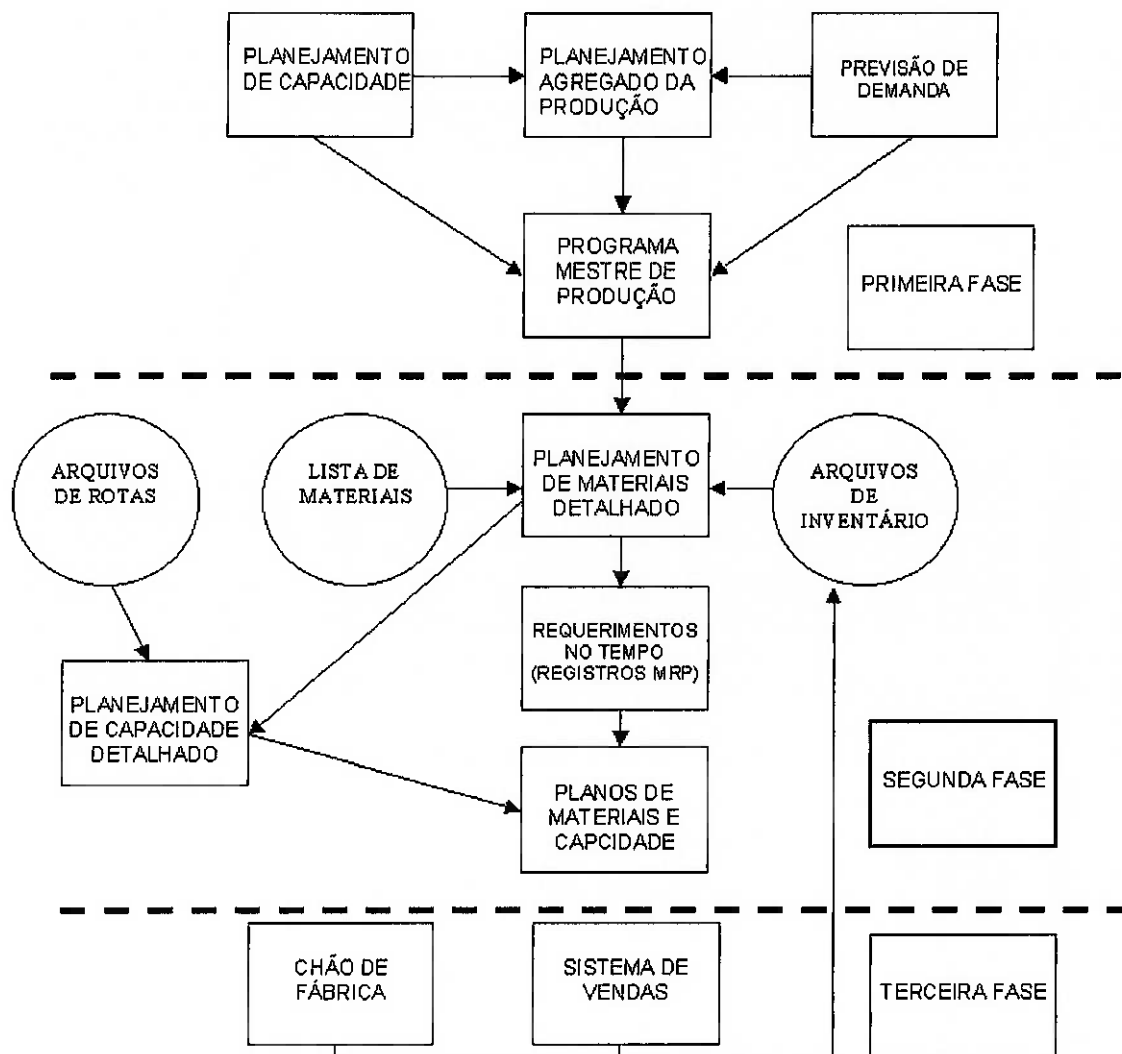


Figura 29 – O MRP e o Sistema de Administração da Produção
[VOLLMANN, 1997]

Um sistema MRP tem um papel central no controle e planejamento de material, pois este transforma os planos de produção que chegam em formato “abrangente” em passos individuais bem detalhados necessários para completar estes planos. Estes planos de material e capacidade, por fim, acabam por gerar informações para os sistemas de vendas e de chão de fábrica.

6.7.2 Diferenças entre o MRP I e MRP II

O MRP I também é conhecido como sistema de planejamento da necessidade de materiais. De forma geral, os MRP I são sistemas dependentes da demanda que calculam necessidades de materiais e planos de produção, de modo que atenda aos pedidos de venda previstos e conhecidos (empresas que trabalham com previsão de vendas ou carteira de pedidos).

A lógica dos sistemas MRP I foi estendida para o planejamento de recursos de manufatura (MRP II), que incorpora informações de outras áreas, como engenharia, finanças e marketing, em um sistema integrado. O MRP II depende de tecnologias de informação para permitir esta integração e de pessoas para a tomada de decisão.

Como o planejamento de necessidades de material (MRP I) continua sendo a parte principal do MRP, para este será dada maior atenção..

6.7.3 Requisitos do MRP I

A figura 30 indica o esquema básico, com entradas e saídas do planejamento de necessidades de material (MRP I).

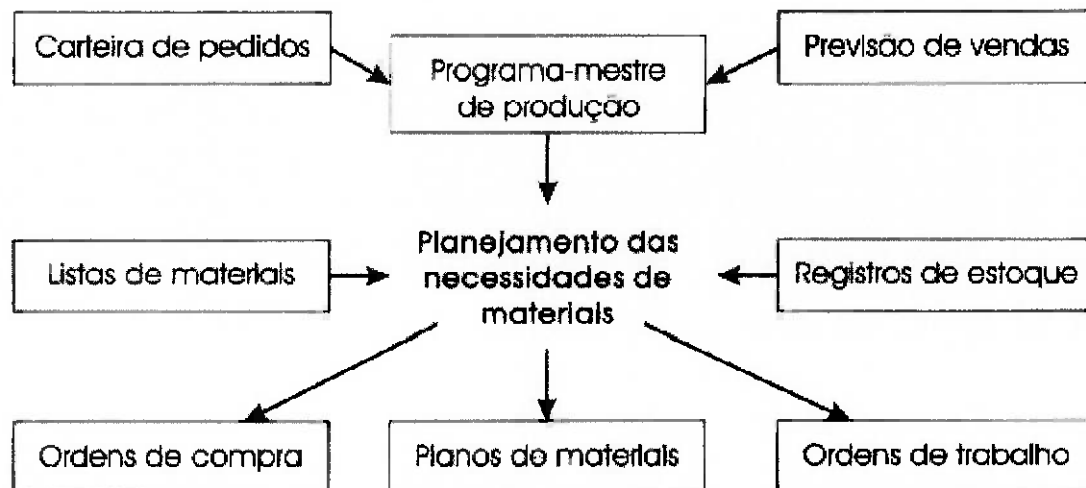


Figura 30 – Entradas e saídas do MRP I [SLACK, 1996]

Como mostrado na figura acima, pode-se identificar os seguintes pré-requisitos necessários ao MRP, que geralmente estão em formato de conjunto de dados:

- Programa-mestre de produção, que, como já foi visto, possui como entrada informações de carteira de pedidos e previsão de vendas;
- Lista de materiais, que mostra quais e quantos itens são necessários para montar ou fabricar outros itens (produtos). Ela, geralmente, é uma lista grande e detalhada, pois se pode ter vários itens utilizados em diferentes partes da estrutura de um produto em diferentes produtos. Em suma, é a base de dados da estrutura dos produtos;

-
- Registros de estoque, pois as necessidades totais de materiais não são simplesmente a multiplicação da lista de materiais pela demanda. O MRP reconhece que pode haver estoque destes materiais na forma de produtos finais, estoque em processo ou matérias-primas. Assim, são necessários registros de estoque para determinar a necessidade "líquida". Para apoiar a gestão de estoques, o MRP utiliza: arquivos de itens, arquivos de transações e arquivos locais, que são constantemente atualizados através de controles rotativos de inventário (CRI).

Como saída do MRP temos as ordens de compra, planos de materiais e ordens de trabalho, ou seja, as informações necessárias de quantidade e momento das necessidades que irão satisfazer à demanda.

6.7.4 Metodologia para cálculos do MRP

6.7.4.1 Registro Básico do MRP

A figura 31 indica um registro básico de um sistema MRP, para um único item:

		PERIODO				
		1	2	3	4	5
Necessidade Brutas			10		40	10
Receitas Programadas		50				
Estoque Projetado	4	54	44	44	4	44
Plano de Liberação de ordens					50	
Lead Time = Período						
Tamanho do Lote = 50						

Figura 31 – Registro Básico do MRP [VOLLMANN, 1997]

Ele possui as seguintes características:

- As colunas indicam períodos que podem variar de 1 dia a 1 trimestre;
- A primeira linha indica as necessidades brutas, que é a antecipação de um futuro uso ou demanda de um determinado item (os valores não são médios e sim calculados para um determinado período). O item tem que estar disponível durante todo o período, em forma de estoque, receita programada, etc...
- A segunda linha indica os recebimentos programados, ou seja, indica o status de todos os pedidos abertos. Ela mostra as quantidades ordenadas e quando as ordens serão completadas. A convenção de tempo para este caso é o início do período.

-
- A terceira linha é o estoque projetado, onde a convenção de tempo é o final do período. O primeiro elemento desta coluna, que não pertence a nenhum período é o estoque atual.
 - A quarta linha contém o plano de liberação de ordens, cujos valores são definidos diretamente da linha anterior, de forma a não tornar nunca o estoque projetado negativo. A convenção de tempo para este caso é geralmente o "lead time".

O sistema de MRP possui tantos registros quanto necessários de acordo com o número total de itens e produtos que estão sendo produzidos onde o planejamento seja necessário.

6.7.4.2 Processo de cálculo das necessidades líquidas

A figura 32 mostra o processo de cálculo da necessidade de materiais pelo sistema de MRP.

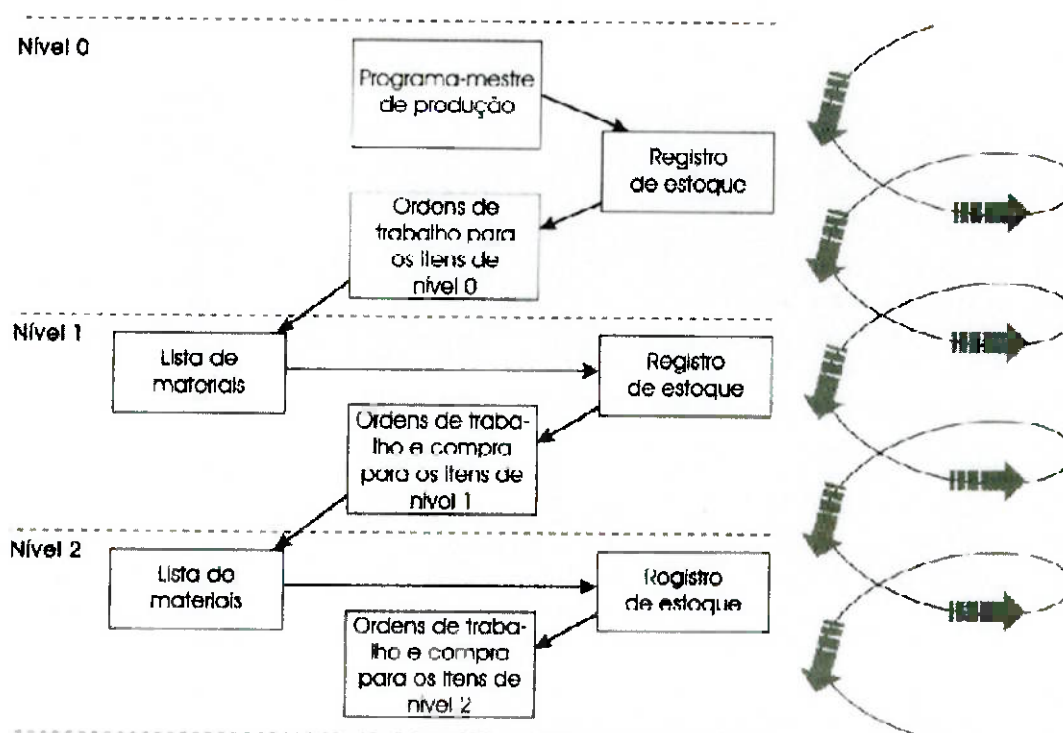


Figura 32 – Cálculo da Necessidade de Materiais pelo MRP [SLACK, 1996]

No nível 0, o MRP pega o programa-mestre de produção e especifica os materiais segundo a lista de materiais de nível único (que mostra apenas componentes imediatos) verificando submontagens e componentes necessários. Assim, ocorre uma consulta ao registro de estoques e então é gerada uma ordem de trabalho para aquisição de material para atender as necessidades líquidas dos itens que serão produzidos. Assim, tem-se em um outro nível uma lista de materiais necessários. Novamente, o registro de estoque será consultado e assim são geradas ordens de trabalho para os itens

produzidos na fábrica e ordens de compra para os itens a serem adquiridos nos fornecedores. Este processo é então repetido até chegar ao nível mais baixo da estrutura do produto.

6.7.4.3 Conclusão sobre o sistema MRP

A informação da quantidade de material necessário não é suficiente para o sistema de MRP. Deve ser também considerado quando cada um destes componentes é necessário (momentos de programação). Isto é feito através do processo de programação que leva em conta o "lead time" do processo de cada nível de montagem. Assim, as necessidades brutas de cada nível podem ser derivadas diretamente do plano de liberação de ordens do nível anterior.

6.8 JIT (Just in Time)

O JIT é um método recente para o planejamento e controle da manufatura, sendo constituído por uma filosofia e um conjunto de técnicas. O conceito de JIT pode se tornar muito mais amplo, pois este reduz drasticamente a complexidade do detalhamento de planejamento de material, transações relacionadas ao chão de fábrica, etc..., podendo ser utilizado no aprimoramento do desempenho de toda a produção.

6.8.1 O contexto do JIT no Sistema de Administração da Produção

O JIT é o sistema no qual a empresa produz bens e serviços de forma eficiente e com qualidade, no momento em que são necessários, evitando o surgimento de estoques e garantindo a satisfação do cliente. Com isso, o JIT visa atender à demanda instantaneamente, com qualidade perfeita e sem desperdícios.

A figura 33 faz uma comparação do JIT com o sistema tradicional:

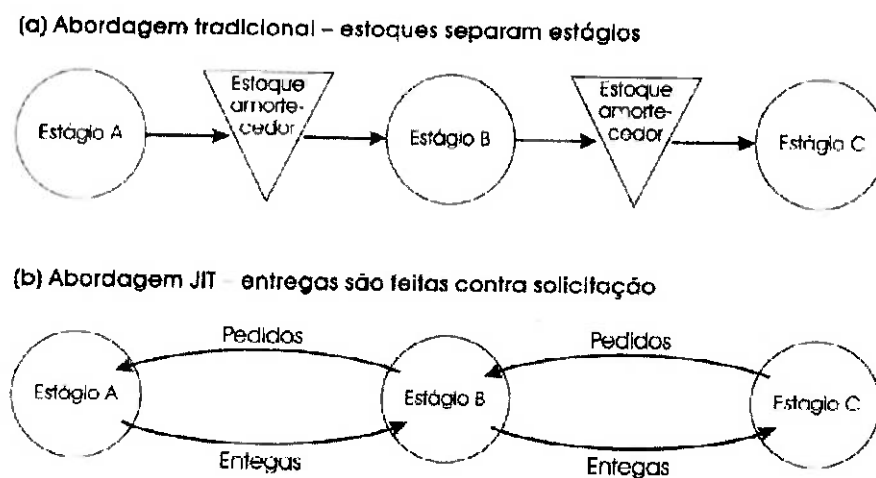


Figura 33 – Comparação entre JIT e o sistema tradicional [SLACK, 1996]

As maiores críticas feitas à abordagem tradicional visam a independência entre estágios produtivos e a responsabilidade de resolução dos problemas centralizada no pessoal do mesmo estágio. Assim, os problemas detectados em um estágio não são percebidos facilmente pelos outros estágios do sistema produtivo. Isto porque esta abordagem busca a eficiência protegendo cada parte da produção de possíveis distúrbios através de estoques (o estado ideal é o de longas corridas ininterruptas de produção).

Já, no JIT ocorre justamente o contrário, uma vez que a abordagem JIT tem uma visão oposta, onde a exposição do sistema aos problemas torna-os mais evidentes, sendo que o sistema, de forma geral, tenta achar meios mais rápidos para solucionar estes problemas.

Portanto, o JIT requer idealmente alto desempenho em todos os indicadores de desempenho da produção, tal que:

- Qualidade seja alta, de forma a evitar interrupções no fluxo de material, perda da confiabilidade e surgimento de estoques;
- Velocidade seja alta, para atender a demanda através da produção e não com estoques;
- Confiabilidade seja alta, para garantir um fluxo rápido;
- Flexibilidade seja, alta para se produzir em lotes pequenos, atingindo fluxo rápido e “lead times” curtos.

O JIT é geralmente implementado quando temos o agrupamento de máquinas por células, de forma a reduzir os estoques, reduzir o transporte de material entre máquinas, reduzir os “lead times” de produção, tornar o planejamento da produção mais simplificado, fazer o controle visual das

operações e diminuir o tempo de troca de ferramentas (menores tempos de preparação).

A figura 34 indica quais áreas do sistema de administração da produção (SAP) são atingidos com a implantação do JIT:

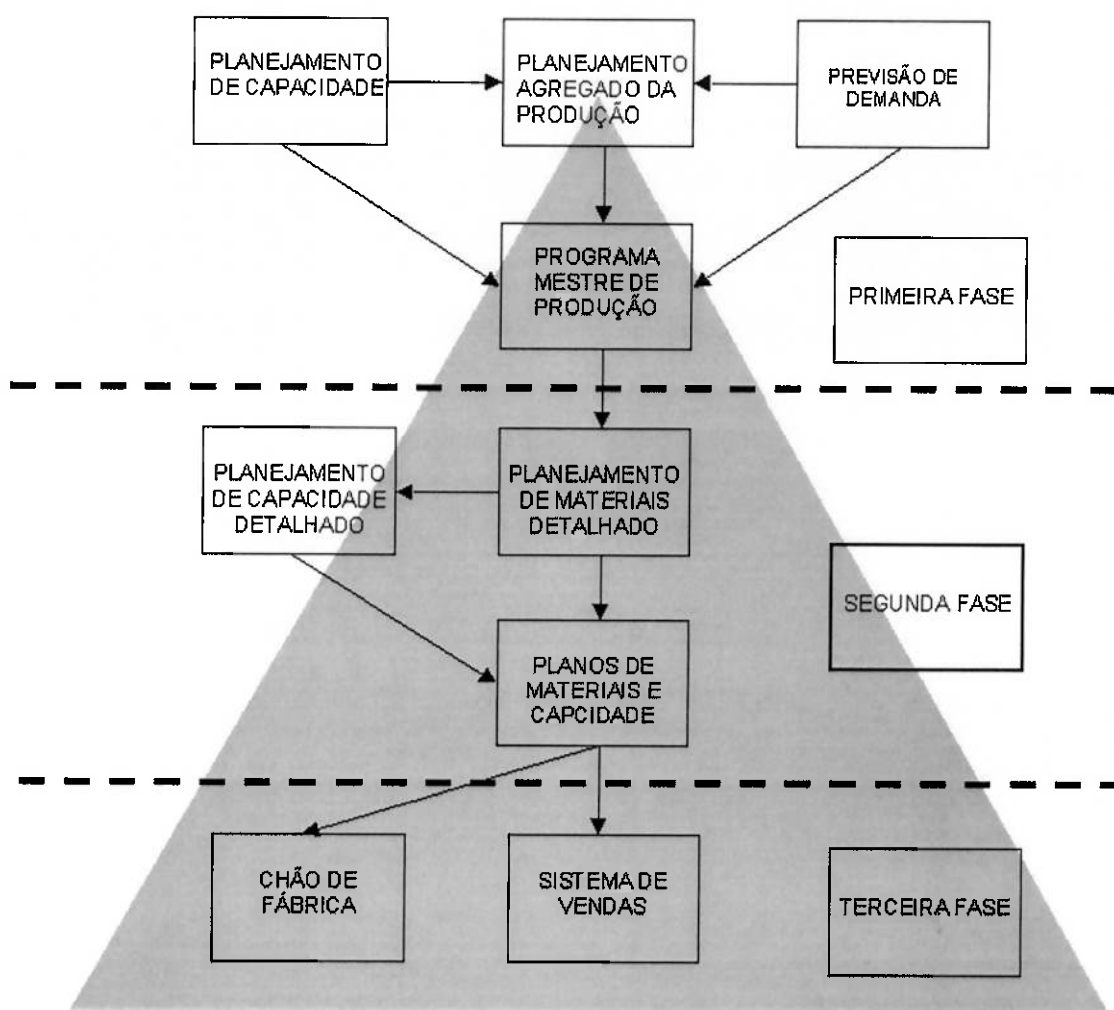


Figura 34 – Áreas do SAP atingidas pelo JIT [VOLLMANN, 1997]

Como pode ser visto na figura acima, o JIT tem impacto em todos os níveis de um sistema de administração da produção. Em um nível mais baixo, temos o impacto sobre o chão de fábrica, onde ocorre a eliminação de vários

sistemas de controle de chão de fábrica, etc... Neste mesmo nível temos que a programação de vendas sofre uma melhora considerável.

6.8.2 A filosofia de produção e o conjunto de técnicas JIT

O JIT pode ser visto como uma filosofia para ajudar os gerentes de produção. Entre o conjunto de técnicas, que suportam esta filosofia, estão os métodos de planejamento e controle (conceito de puxadores).

A filosofia JIT baseia-se principalmente em três aspectos:

- Eliminar desperdícios, através da eliminação da superprodução (produzir mais do que é imediatamente necessário), eliminação de tempos de espera (como trabalhadores ocupados produzindo estoque em processo), eliminação de transporte, eliminação de processos indesejados, eliminação de estoque, eliminação de movimentação (do trabalhador) e eliminação de produtos defeituosos;
- Envolvimento de todas as pessoas (conceito de sistema “total”);
- Aprimoramento contínuo, aonde se chega ao objetivo do JIT ao longo do tempo.

Assim, as metas colocadas pelo JIT considerado ideal são:

- Zero defeitos;
- Tempo zero de preparação de máquina;
- Estoques zero;

-
- Movimentação zero;
 - Quebra zero;
 - "lead time" zero;
 - Lote unitário (uma peça).

Já as técnicas utilizadas no JIT são:

- Práticas básicas de trabalho, que envolvem disciplina, flexibilidade, igualdade, autonomia (para parar a linha, para programação de materiais, coleta de dados e resolução de problemas), desenvolvimento de pessoal, alta qualidade de vida no trabalho e criatividade;
- Projeto da manufatura, de forma a aprimorar os projetos e reduzir o custo do produto através do melhor uso de materiais e métodos;
- Foco na operação, onde a simplicidade, repetição e experiência trazem competência;
- Máquinas simples e pequenas;
- Arranjo físico celular e fluxo em "U" onde funcionários podem se balancear entre postos de trabalho para balancear a capacidade;
- Manutenção produtiva total, com o envolvimento de todos os funcionários na busca de aprimoramentos na manutenção;
- Redução dos tempos de preparação de máquinas, através de eliminação do tempo necessário para a busca de ferramentas e equipamentos, preparação de tarefas que retardam as trocas, etc..;

-
- Envolvimento total das pessoas, onde os funcionários assumem mais responsabilidades dentro da companhia, participando de várias atividades da companhia;
 - Visibilidade, tornando as listas de verificação facilmente vistas e compreendidas por todos os funcionários;
 - Fornecimento JIT aonde os componentes chegam ao processo de montagem “just in time”;
 - Técnicas de planejamento da produção, como o kanban e a programação nivelada.

6.8.3 Planejamento, programação e controle da produção JIT

No JIT, a flexibilidade do processo é conseguida através da redução dos “lead times”, já que os estoques são retirados do sistema produtivo esperando um fluxo suave e contínuo de materiais na fábrica.

Esta flexibilidade é limitada, pois:

- Há uma restrição na variedade de produtos produzidos, trabalhando-se com uma faixa de produtos limitada;
- Utilizam-se técnicas de projeto adequado à manufatura de tal forma que o mercado perceba certa variedade de produtos, enquanto que a fábrica perceba a produção de um pequeno número de componentes.

Uma das formas utilizadas pelo JIT para garantir esta flexibilidade é a técnica chamada de nivelamento da produção, onde, para ajudar a produção a responder às variações possíveis de demanda a curto prazo, o sistema é organizado de forma que estas variações não incomodem o sistema de produção. “O nivelamento da produção inclui duas dimensões: a distribuição homogênea da produção agregada mensal a cada dia, ao longo do mês, e a distribuição homogênea da produção mensal de cada produto, a cada dia, ao longo do mês” [GIANESE, 1992]. Assim, as linhas de produção podem produzir vários produtos diferentes a cada dia, fazendo uso de uma programação mensal (variações de demanda no ano) e uma programação diária (variações de demanda no mês) da produção.

Esta programação mensal é efetuada a partir do processo que resulta em um Programa Mestre de Produção, expressos em termos da quantidade de produtos finais a serem produzidos no mês. Este programa fornece, também, os níveis médios de produção diária de cada estágio do processo, garantindo que haja recursos suficientes para a execução do programa, além de alguma capacidade extra necessária no JIT.

O planejamento é baseado em previsões de demanda mensais e o horizonte de planejamento depende de vários fatores característicos da empresa, como as incertezas de demanda e os “lead times” de produção, sendo três meses um valor típico. Quanto menores os “lead times” mais curto pode ser o horizonte de planejamento, possibilitando previsões mais seguras. Com um horizonte de três meses, o mix de produção é sugerido, normalmente, com dois meses de antecedência e o plano detalhado é fixado com um mês de

antecedência ao mês corrente. Os programas diários são definidos a partir deste programa mestre de produção.

6.8.4 JIT e MRP

6.8.4.1 Resumo das principais características do MRP e JIT

As características principais do MRP são:

- O MRP é um sistema empurrado, onde os estoques são empurrados através de cada processo em resposta a planos detalhados no tempo;
- Como unidade de controle, ele utiliza ordens de produção do programa mestre de produção;
- Os sistemas MRP requerem organização complexa, centralizada e computadorizada;
- Ele é dependente da lista de materiais, controle de estoques, previsão de demanda, etc...;
- Ele assume um ambiente de produção fixo ("lead times");
- É necessário um grande tempo para atualizar os registros MRP.

Já as características principais do JIT são:

- É um sistema puxado, onde o fluxo entre cada estágio depende da demanda do estágio posterior;
- É baseado em um controle simples, visual e transparente (fichas);

-
- Possui planejamento e controle descentralizado, não necessitando de um sistema de informações computadorizado;
 - A programação é baseada em taxas de produção;
 - Possui alta flexibilidade e “lead times” reduzidos;

6.8.4.2 Diferenças e semelhanças entre JIT e MRP

O MRP pode planejar a produção quando se quer antecipar as necessidades futuras de produtos, através de uma lista de materiais para calcular a quantidade dos itens a serem solicitados dos fornecedores. Assim, o MRP liga a demanda dos clientes à rede de suprimentos, podendo lidar com ambientes complexos.

Já, o JIT lida com ambientes de baixa complexidade, onde a demanda é previsível (dificuldades para lidar com demanda variável), os produtos são simples e os fluxos de material são definidos. Assim, ele não é um sistema que prevê ou antecipa a demanda; este é o fator de maior limitação do JIT. Apesar disto o JIT pode ser aplicado no nível de chão de fábrica em quase todos os sistemas produtivos.

A partir disto, é indicado utilizar o JIT para produtos de alto fluxo e repetitivos, e o MRP para itens eventuais, onde são emitidas ordens de trabalho para definir o que deve ser feito a cada estágio, monitorando o processo de forma a empurrar os materiais ao longo do processo de manufatura. Isto acaba fazendo com que a empresa aumente o número de produtos de alto fluxo.

Além disso, é possível utilizar o MRP para garantir quantidades suficientes de recursos que possam ser puxados pelo JIT. Para isto, utiliza-se o MRP para compra de materiais, gerando programas de programação de fornecedores e o JIT para controlar o fluxo interno da fábrica (figura 35).

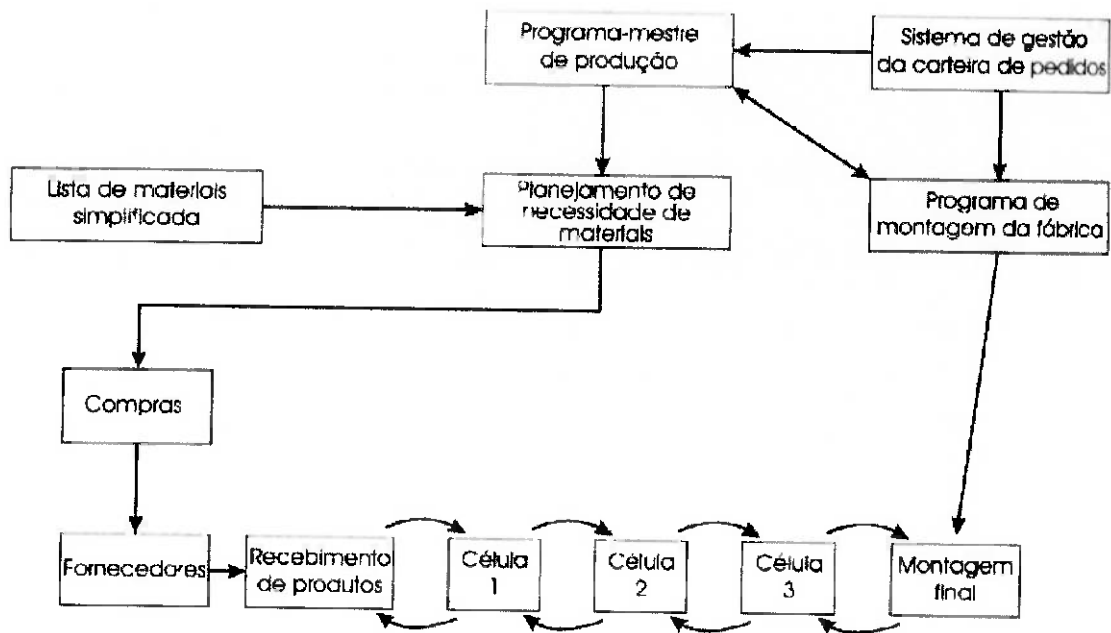


Figura 35 – JIT e MRP [SLACK, 1996]

A combinação do JIT e MRP oferece as seguintes vantagens:

- Não há necessidade de ordens de trabalho entre setores;
- O estoque em processo só é monitorado entre as células;
- Lista de materiais têm menos níveis do que um MRP convencional;
- Informações referentes a roteiros e processos são mais simplificadas;
- Planejamento e controle dos centros de trabalho são simplificados;
- “lead times” e estoque em processos reduzidos.

6.9 Planejamento e Controle de Estoques

6.9.1 Conceito geral de Estoques

Segundo [Slack,1996], "Estoque é definido como a acumulação armazenada de recursos materiais em um sistema de transformação", mas o foco deste trabalho será em estoque de materiais.

Os estoques são gerados devido a diferença de ritmo entre o fornecimento e a demanda. Com isto, as grandes questões que envolvem o planejamento e controle de estoques são: quanto pedir, quando pedir e como gerenciar o sistema (como tomar decisões, qual a prioridade de cada item, etc...).

6.9.2 Tipos de estoque

Os vários tipos de estoque visam suprir o desequilíbrio entre o ritmo do fornecimento e da demanda em diferentes pontos da operação. Assim, podemos ter os seguintes tipos de estoque:

- Estoque isolador ou de segurança, destinado às incertezas inerentes a fornecimento e demanda;
- Estoque de ciclo, pois um ou mais estágios na operação não podem fornecer todos os itens que produzem simultaneamente, que deverão ser transportados para o cliente em conjunto.

-
- Estoque de antecipação, utilizado para compensar diferenças de ritmo de fornecimento e demanda;
 - Estoque no canal de distribuição, pois o material não pode ser transportado instantaneamente entre o ponto de fornecimento e demanda.

6.9.3 Custos de estoque

A necessidade de um planejamento e controle adequado de estoques ocorre devido aos altos custos que a empresa têm com os mesmos.

Estes custos podem ser:

- Custos de colocação do pedido, que são os custos necessários às transações envolvidas no abastecimento do estoque (documentação e gerenciamento da informação para estas transações);
- Custos de descontos de preço, associado aos preços menores para demandas maiores de matéria-prima;
- Custos de falta de estoque;
- Custos do capital de giro, envolvendo a diferença de tempo entre o pagamento de fornecedores e recebimento dos clientes;
- Custos de armazenagem física de bens (para garantir a qualidade do produto estocado);
- Custos de obsolescência, devido a produtos que ficam muito tempo armazenados, tornando-se obsoletos;

-
- Custos de ineficiência de produção, que segundo o JIT, impedem de serem detectados rapidamente os problemas a produção devido ao isolamento de cada estágio.

Os três primeiros custos diminuem com o aumento da demanda, enquanto que os outros aumentam, indicando a necessidade clara deste planejamento correto de estoques. Uma abordagem para o cálculo de estoques é o LEC, que utiliza as previsões de demanda, níveis de estoque e os custos citados anteriormente para a determinação do lote econômico.

Enfim, o Planejamento e Controle de Estoques é uma tarefa muito importante, e deve ser feita de maneira organizada e, de preferência, com um sistema de informação de gerenciamento de estoques, que atualize os registros de estoque (quando ocorrerem transações), gere pedidos de estoque (de acordo com alguma formulação matemática variando com a demanda, etc.), gere registros de estoque (para monitorar o número de faltas de estoque, número de pedidos incompletos, etc.. e gerar relatórios regulares de valor de estoque) e fazer previsões de estoques de acordo com a comparação entre a demanda atual e prevista.

6.10 Planejamento e Controle do Chão de Fábrica

A conexão entre a programação e o controle da produção e o SAP se dá pelo plano de material e capacidade, uma vez que a capacidade é especialmente crítica no gerenciamento detalhado do chão de fábrica, pois, em sua essência, representa a disponibilidade de recursos que vão de encontro com o plano de material [MOREIRA,1996].

O objetivo principal desta conexão é cumprir o planejamento de material provendo a parte certa na hora certa, resultando no cumprimento do programa mestre e na satisfação do cliente.

No cumprimento deste objetivo, a programação deve:

- Permitir que os produtos tivessem a qualidade especificada;
- Fazer com que máquinas e pessoas operem com níveis desejados de produtividade;
- Reduzir estoques e custos operacionais;

Isto significa assegurar que as ordens de produção serão cumpridas da forma certa na hora certa, através do relato periódico do material em processo acumulado, do estado atual de cada ordem de produção, das quantidades produzidas de cada produto, da utilização de equipamento, etc...

A programação envolve o processo de determinação da ordem na qual as operações devem ser processadas, dando o nome de seqüenciamento a esta fase. Existem algumas regras para este seqüenciamento:

- Prioridade ao consumidor, onde as operações permitem às vezes que os itens para um determinado consumidor sejam processados antes

de outros, independentemente da ordem de chegada do consumidor ou item;

- Prioridade pela data prometida, onde o seqüenciamento ocorre de acordo com a data prometida de entrega;
- FIFO, onde o seqüenciamento é feito pela exata chegada dos pedidos;
- Operação mais longa/Tempo total mais longo da tarefa em primeiro, onde se deseja seqüenciar as operações pelos mais longos trabalhos em primeiro lugar;
- Operação mais curta/ tempo total mais curto da tarefa em primeiro, onde a maioria das operações podem se tornar limitadas por disponibilidade de caixa e o seqüenciamento pode ser ajustado para atacar os trabalhos mais curtos;

Além disso, programação também envolve a distribuição de operações necessárias pelos diversos centros de trabalho, recebendo o nome de alocação de carga. Alguns tipos de programação são:

- Gráfico de Gantt: é o método de programação mais comumente utilizado o qual representa o tempo como uma barra em um gráfico. Como concepção, o gráfico consiste de uma tabela de dupla entrada. Cada linha corresponde a um recurso produtivo de que se dispõe: máquinas, pessoas, centros de trabalho, etc. Cada divisão vertical corresponde à unidade de tempo, como dias, semanas, meses, etc. No cruzamento coloca-se algum tipo de marcação indicando o trabalho ou operação que será feito com determinado recurso,

durante certo intervalo de tempo. A grande vantagem consiste na sua simplicidade, mas não é hábil para revelar os custos associados com alocações alternativas de carga e, além disto, necessita revisões contínuas para atualização.

- Método de designação: é um modelo de Programação Linear especialmente projetado para assinalar recursos a trabalhos que devem ser utilizados, onde estes recursos podem ser pessoas ou máquinas, enquanto que os trabalhos podem ser operações, projetos, tarefas específicas, etc. Na verdade o que se deseja é uma distribuição de recursos pelos trabalhos como forma a satisfazer critérios tais como: minimização de despesas ou de tempos de operação, maximização de lucros ou eficiência, etc...
- Programação para frente e para trás: a programação para frente envolve iniciar trabalho logo que ele chega. A programação para trás envolve iniciar o trabalho no último momento possível sem que ele tenha atraso. A programação para frente possui alta utilização de pessoal e é bastante flexível, uma vez que deixa folgas no sistema; já a programação para trás promove baixos custos de materiais, além de estar menos exposto a riscos no caso de mudança de programação do consumidor, focando as operações nas datas prometidas.

6.10.1 Balanceamento de Linha

O objetivo do balanceamento de linha é atingir a máxima eficiência ou a mínima porcentagem de tempo ocioso, sendo eficiência definida como o quociente entre o tempo de trabalho efetivo na linha e o tempo total disponível, ambos tomados na confecção de uma unidade.

O problema do balanceamento pode ser resumido nos seguintes pontos:

- Existe um certo número n de tarefas distintas que devem ser completadas em cada unidade de produto (ou parte dele) que sai da linha;
- O tempo de execução " t_i " de cada tarefa " i " é conhecido e constante;
- O conteúdo de trabalho de uma unidade do produto (o tempo que um único posto de trabalho levaria para completá-lo) é dado por $T = \sum t_i$ (17)
- O objetivo do balanceamento é organizar as tarefas em grupos, alocando cada um deles a um posto de trabalho;
- O tempo de ciclo ou simplesmente ciclo é o tempo disponível, em cada posto de trabalho, para completar o grupo de tarefas aí alocado. Assim, designando por C o tempo de ciclo, tem-se que o número mínimo N de postos de trabalho é dado por $N = T/C$; (18)
- A eficiência de uma linha de montagem é dada por [SLACK, 1996]:

$$Eficiência = \frac{VolumeDeProduçãoReal}{CapacidadeEfetiva} \quad (19)$$

Para problemas práticos, matematicamente complicados, utilizam-se métodos heurísticos que fornecem uma solução razoável do ponto de vista da eficiência, mas não necessariamente ótima. Como exemplos tem-se:

- Método de Helgelson e Birnie: este método consiste em dar peso a cada tarefa, que é igual ao seu tempo de execução somado aos tempos de execução de todas as tarefas que lhe seguem. Em seguida, as tarefas são alocadas aos postos de trabalho na ordem decrescente de seus pesos.
- Método de Kilbidge e Webster: é parecido com o anterior, onde para cada tarefa é contado o número total de tarefas precedentes. São alocadas então as tarefas na ordem crescente do número de predecessores. Quando existirem duas ou mais tarefas com mesmo número de predecessores, aloca-se primeiro aquele com maior duração e assim sucessivamente.

6.11 Planejamento do Layout do Chão de Fábrica

O layout de uma operação produtiva preocupa-se com a localização física dos recursos de transformação. Com isto, definir o layout significa decidir onde colocar as instalações, máquinas, equipamentos e pessoal da produção, definindo sua "forma" e aparência, além do fluxo de material e de pessoas através de uma operação.

6.11.1 Importância do Planejamento de Layout

Como pode ser visto na figura 36, o planejamento do Layout não deve ser feito independentemente do produto, do processo e da programação do chão de fábrica. Assim, é necessário que exista uma coordenação destes fatores para que o chão de fábrica atenda as expectativas desejadas.

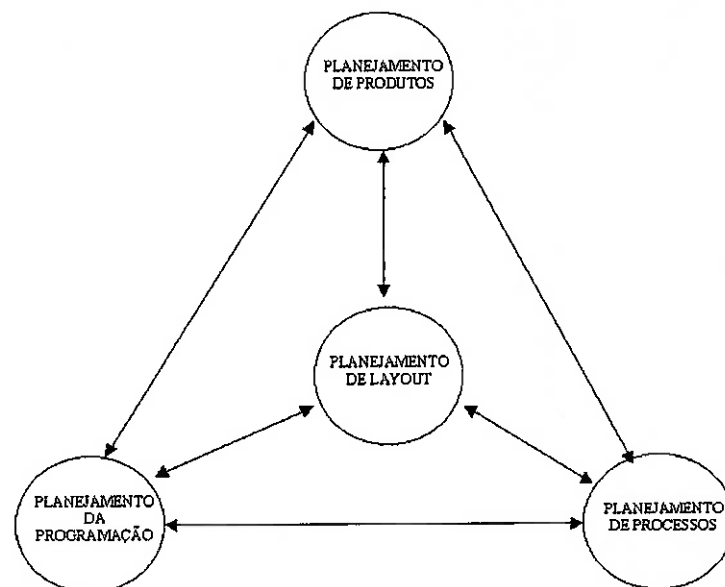


Figura 36 – Fatores que influenciam o Layout [FRANCIS, 1992]

Os objetivos do planejamento do layout do chão de fábrica, de forma geral, são:

- Minimizar os investimentos em equipamento;
- Minimizar o tempo de produção total;
- Utilizar eficientemente o espaço disponível;
- Prover ao funcionário conveniência, conforto e segurança;
- Garantir flexibilidade dos equipamentos e operações;
- Minimizar o custo de manuseio de material;
- Minimizar as variações de tipos de equipamentos para manuseio e materiais;
- Facilitar o processo de manufatura;
- Facilitar a estrutura organizacional.

Os problemas a serem resolvidos pelo planejamento do layout podem ser dos seguintes tipos:

- Planejamento do layout de uma nova fábrica;
- Planejamento do layout de uma fábrica em expansão;
- Reconfiguração do espaço disponível;
- Rearranjo do espaço atual.

6.11.2 Metodologia para planejamento do Layout do Chão de Fábrica

Para um correto planejamento do layout do chão de fábrica, devemos seguir os seguintes passos:

6.11.2.1 Determinação do tipo de fluxo padrão

Os tipos de fluxo padrão podem ser classificados em 2 grandes grupos: horizontais e verticais.

Para o tipo de fluxo padrão horizontal existem 5 tipos básicos de fluxo que podem ser vistos na figura 37:

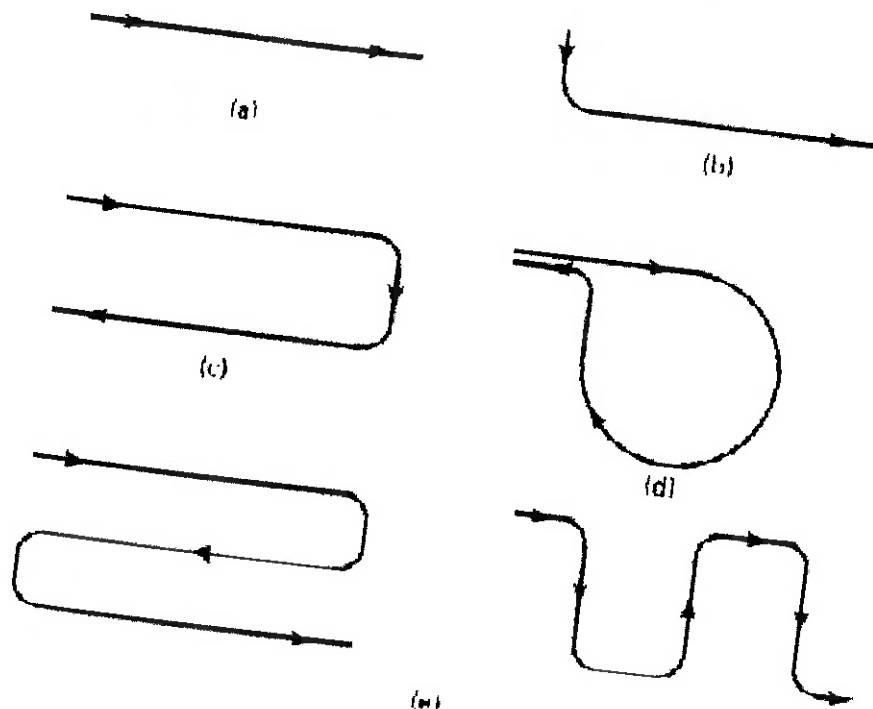


Figura 37 – Os 5 tipos básicos de fluxo [FRANCIS, 1992]

O fluxo em linha reta ("straight-line") é um dos mais simples, mas deve ser separado o recebimento de diferentes materiais e a entrega de produtos. O fluxo em forma de L ("L-shaped") é utilizado quando o fluxo em linha reta não pode ser adotado na fábrica existente ou quando os custos não permitem o fluxo em linha reta. O fluxo em forma de U ("U-shaped") é bastante popular, devido à sua simples administração e a facilidade de combinar atividades de recebimento de materiais e envio de produtos. O fluxo circular é indicado quando se deseja terminar um fluxo em um ponto próximo à origem do mesmo. Por último temos o fluxo em serpentina quando a quantidade de processamentos para obtenção do produto é tão longa, que é preciso haver um zigue-zague no chão de fábrica.

Para os tipos de fluxo com padrões verticais existem seis tipos básicos de fluxo que podem ser vistos na figura 38:

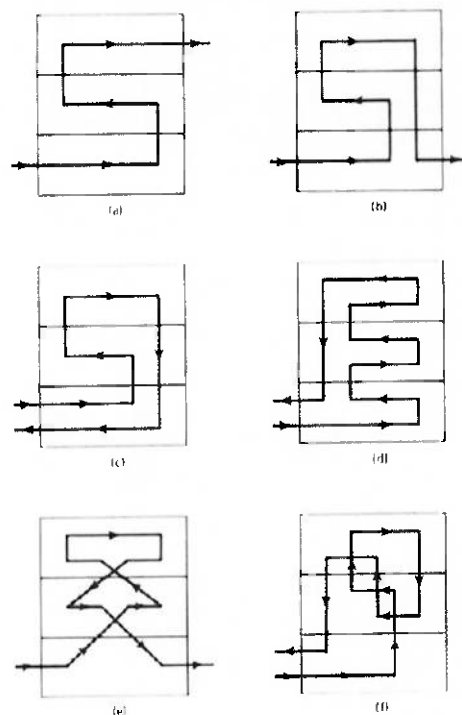


Figura 38 – Os seis fluxos padrão verticais [FRANCIS, 1992]

O fluxo (a) é utilizado freqüentemente quando há fluxo entre prédios e uma elevada conexão entre estes prédios. O fluxo (b) é utilizado quando a entrada de material e a saída de produtos são necessárias no nível do solo. O fluxo (c) é indicado quando a entrada de materiais e saída de produtos é necessária a nível do solo e no mesmo lado. Nos três fluxos anteriores, a elevação (transição entre níveis andares) é descentralizada pois pode ocorrer em cada um dos lados do prédio. Já no fluxo (d) tem-se elevação centralizada e em (e) inclinada (esteiras transportadoras). Por último temos o fluxo (f) onde tem-se um recirculação para o nível mais elevado.

Alguns dos fatores que influem na escolha do tipo de fluxo padrão que deve ser adotado são:

- Localização da área de transportes externa;
- Número de partes do produto;
- Número de operações em cada parte;
- Seqüência de operações em cada parte;
- Número de unidades a serem produzidas;
- Quantidade de espaço disponível;
- Local de estoque de Matéria-prima;
- Flexibilidade desejada;
- Instalações; etc...

6.11.2.2 Determinação do tipo de processo

Existem 5 tipos básicos de processo em operações de manufatura:

- Processo de projeto, onde se lida com produtos discretos (personalizados), sendo que o tempo para se fazer o produto ou serviço é geralmente longo, assim como o intervalo de produção de cada produto;
- Processos de "jobbing", onde também temos uma variedade muito alta de produtos e baixos volumes, onde, diferentemente do anterior, cada produto deve compartilhar os recursos de operação com diversos outros;
- Processos em lotes ou bateladas, onde temos uma variedade relativamente menor e volume maior em comparação ao processo de "jobbing". Cada vez que um processo em lotes produz um produto, é produzido mais do que um produto;
- Processos de produção em massa, onde são produzidos bens em altos volumes e variedade pequena, isto em termos dos aspectos fundamentais do projeto do produto;
- Processos contínuos, onde os volumes são ainda maiores do que os processos de produção em massa, com variedade ainda mais baixa, onde operam por períodos de tempos muito longos, onde os produtos são inseparáveis, sendo produzidos em um fluxo ininterrupto.

Na figura 39 tem-se a comparação dos vários tipos de processo em operações de manufatura.

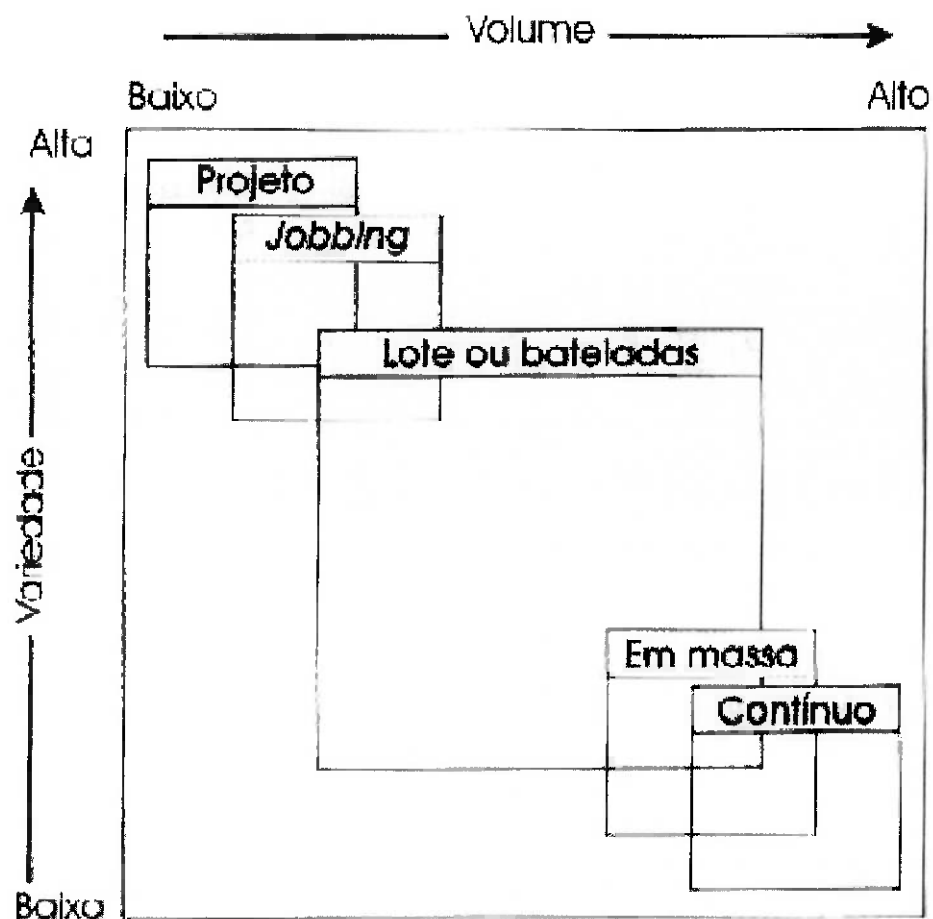


Figura 39 – Comparação dos vários tipos de processo [SLACK, 1996]

6.11.2.3 Determinação do tipo de Arranjo físico (Layout)

Existem 4 categorias básicas de arranjo físico: posicional, por processo, celular e por produto.

Como pode ser visto na figura 40, o tipo de layout e o tipo de processo estão intimamente ligados.

<i>Tipos de processo de manufatura</i>	<i>Tipos básicos de arranjo físico</i>	<i>Tipos de processo de serviço</i>
Processo por projeto	Arranjo físico posicional	Serviços profissionais
Processo tipo <i>jobbing</i>		Loja de serviços
Processo tipo <i>batch</i>		
Processo em massa	Arranjo físico celular	Serviços de massa
Processo contínuo	Arranjo físico por produto	

Figura 40 – Comparação entre o tipo de processo e o arranjo físico [SLACK, 1996]

No arranjo físico posicional, os recursos transformados não se movem através dos recursos transformadores, mas sim o contrário. Isto acontece em casos onde o produto seja muito grande para ser movido de forma conveniente (ex.: navio), muito delicados para serem movidos ou objetar-se a serem movidos.

No arranjo físico por processo, o produto não mais fica estacionário. Processos similares são localizados juntos uns dos outros (devido a conveniências como otimização dos recursos transformadores), e os recursos transformados percorrerão um roteiro de processo a processo, de acordo com suas necessidades. Diferentes produtos percorrerão diferentes roteiros através da operação. (Ex.: usinagem de peças utilizadas em motores de aviões).

No arranjo físico celular os recursos transformados, entrando na operação, são pré-selecionados para movimentar-se por uma parte específica da operação, na qual todos os recursos transformadores necessários a atender as suas necessidades imediatas de processamento se encontram. Cada célula

pode ter um layout específico (por processo, etc...), e os produtos transformados podem se mover de célula para célula. (Ex.: algumas empresas manufactureiras de componentes de computador).

No arranjo físico por produto (em fluxo ou em linha), os recursos transformadores localizam-se segundo a melhor conveniência do recurso que está sendo transformado. Cada recurso transformado segue um roteiro predefinido no qual a seqüência das atividades requerida coincide com a seqüência na qual os processos foram arranjados fisicamente. (Ex.: montagem de automóveis).

É necessário ressaltar que os arranjos físicos citados anteriormente podem ser combinados de forma a atender as necessidades e características da fábrica.

O fluxo de pessoas, informações e materiais através da operação são determinados pelo tipo de arranjo físico escolhido, onde temos num extremo o arranjo físico posicional (fluxo intermitente) e no outro o arranjo físico por produto (fluxo mais contínuo).

A figura 41 indica as vantagens e desvantagens dos tipos básicos de arranjo físico:

	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Posicional	Flexibilidade de mix e produto muito alta Produto ou cliente não movido ou perturbado Alta variedade de tarefas para a mão-de-obra	Custos unitários muito altos Programação de espaço ou atividades pode ser complexa Pode significar muita movimentação de equipamentos e mão-de-obra
Processo	Alta flexibilidade de mix e produto Relativamente robusto em caso de interrupção de etapas Supervisão do equipamento e instalações relativamente fácil	Baixa utilização de recursos Pode ter alto estoque em processo ou filas de clientes Fluxo complexo pode ser difícil de controlar
Celular	Pode dar um bom compromisso entre custo e flexibilidade para operações com variedade relativamente alta Atravessamento rápido Trabalho em grupo pode resultar em melhor motivação	Pode ser caro reconfigurar o arranjo físico atual Pode requerer capacidade adicional Pode reduzir níveis de utilização de recursos
Produto	Baixos custos unitários para altos volumes Dá oportunidade para especialização de equipamento Movimentação de clientes e materiais conveniente	Pode ter baixa flexibilidade de mix Não muito robusto contra interrupções Trabalho pode ser repetitivo

Figura 41 – Vantagens e desvantagens dos tipos de arranjo físico [SLACK, 1996]

A figura 42 exemplifica a relação de cada tipo de layout de acordo com o volume de produção e variedade da produção:

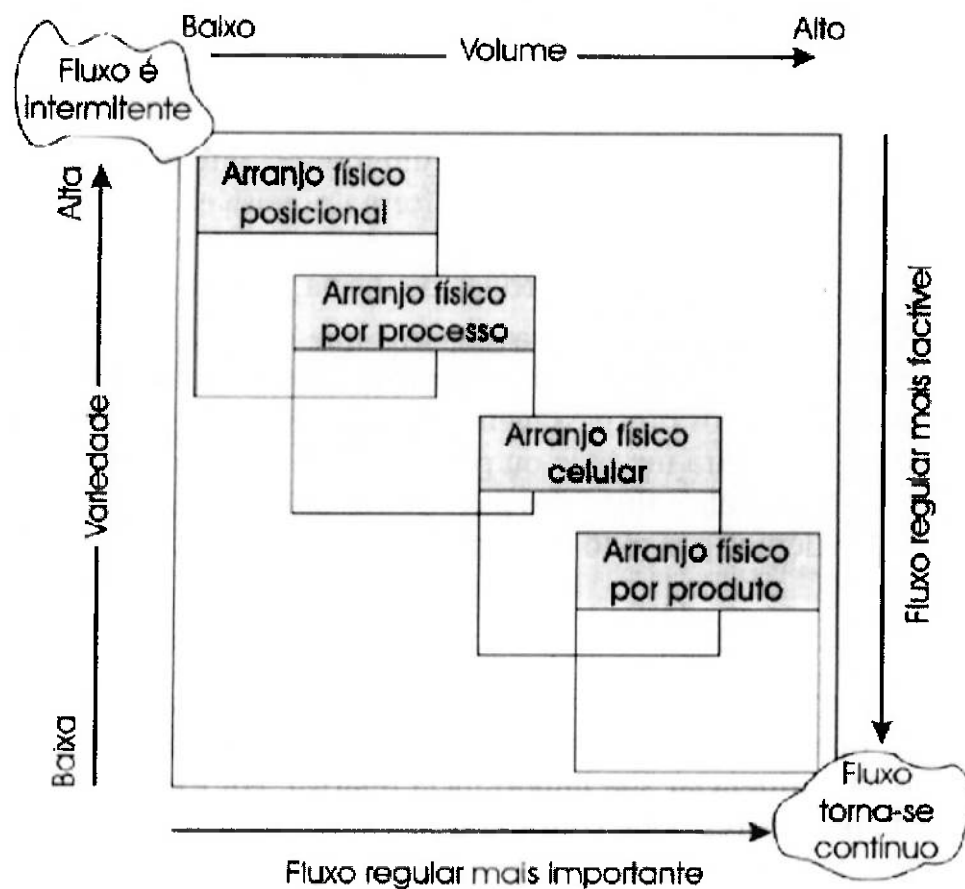


Figura 42 – Tipo de layout e o volume de produção [SLACK, 1996]

6.11.2.4 Ferramentas de análise do fluxo e do processo

Para um melhor entendimento do processo e um conseqüente planejamento do layout do chão de fábrica, algumas técnicas podem ser utilizadas, tais como:

- Diagramas de fluxo de processo;
- Sistemógrafos do processo;

- Diagramas cruzados, onde temos as iterações entre todas as combinações de dois processadores, indicando o nível desta relação. O exemplo abaixo (figura 43) é o exemplo utilizado no estudo de caso deste trabalho, onde "2" indica uma relação essencial, "1" uma relação desejada, "0" uma relação importante e "X" uma relação indesejada.



Figura 43 - Exemplo de digrama cruzado

- QAP – Quadratic Assignment Problem – que é um método numérico para investigar onde colocar um certo número de equipamentos em um certo número de localidades, baseado em certos métodos numéricos.

6.11.3 Considerações finais sobre o planejamento de arranjo físico

O planejamento de arranjo físico é uma atividade importante na maioria dos tipos de produção, pois:

- É uma atividade difícil e de longa duração devido às dimensões físicas dos recursos de transformação movidos;
- O re-arranjo físico de uma operação existente pode interromper seu funcionamento levando a perdas na produção; e
- O desenvolvimento de um arranjo físico pode levar a padrões de fluxo longos e confusos, estoque de materiais, etc... o que gera alto custo.

7. Processos de Fabricação e Acabamento Superficial Abrasivos

Neste capítulo será feita uma breve descrição dos processos de fabricação e acabamento superficial abrasivos utilizados na fabricação das 4 peças que serão estudadas no capítulo 9 deste trabalho.

Assim, tem-se uma breve descrição dos processos de fabricação a serem modelados:

7.1 Processos de Fabricação Abrasivos

Processos abrasivos são processos de usinagem de precisão, adequados principalmente para operações de acabamento, apesar de alguns processos abrasivos serem capazes de remover altas taxas de material. Eles produzem peças cujas superfícies têm precisão e uniformidade dimensional muito elevada.

Abrasivos são materiais de dureza e resistência bem elevadas que podem cortar ou gastar outros materiais, desde metais leves e aços até cerâmicas e vidros.

Os materiais abrasivos mais utilizados nos processos de fabricação são:

- Óxido de Alumínio (Al_2O_3), indicado para a retificação de materiais de alta resistência a tração tais como aço carbono, ligas de aço, aço rápido, ferro fundido maleável, ferro fundido nodular e outros metais similares;

- Carboneto de Silício (SiC), utilizado para a retificação de materiais de alta dureza como o ferro fundido cinzento, materiais não ferrosos e não metálicos;
- Nitreto de Boro Cúbico (CBN);
- Diamante.

A tabela 2 traz um pequeno resumo da dureza e da principal aplicação de cada um destes abrasivos:

Material Abrasivo	Dureza (Knoop)	Tipo de Material a ser retificado
Óxido de Alumínio	2100	aço, ferro e bronze
Carboneto de Silício	2400	aço inoxidável, ferro fundido
Nitreto de Boro Cúbico	4700	revestimentos duros
Diamante	7000	carboneto de tungstênio

Tabela 2 – Dureza e aplicação de materiais abrasivos

Apesar deste processo de fabricação ser um dos mais antigos processos de remoção de material, ele ainda tem uma grande importância a nível tecnológico e comercial, pois:

- Os abrasivos podem ser utilizados contra qualquer tipo de material;
- Alguns processos abrasivos podem produzir superfícies de acabamento de até 10^{-3} mm;
- Em alguns processos abrasivos as tolerâncias dimensionais podem ser mantidas a níveis bem pequenos.

Os processos abrasivos que serão discutidos e futuramente estudados são: retificação, brunimento, lapidação e polimento.

7.1.1 Retificação

O processo de retificação através de abrasivos é o processo mais comum entre os processos abrasivos que serão estudados. Ele é um processo de remoção de material onde partículas de material abrasivo são aderidas a um rebolo, montado em uma estrutura de máquina apropriada, e que opera em velocidades de superfície e rotações muito elevadas.

Ele é um processo indicado para a retirada de pequenas quantidades de material, pois ele se mostra um processo inadequado e muito caro para a retirada de grandes quantidades do mesmo, devido ao alto custo de ferramenta e de potência da máquina exigidos.

Os processos abrasivos de retificação podem ser classificados segundo a superfície a ser usinada em três modos: retificação cilíndrica, plana e de perfis.

As figuras 44, 45 e 46 ilustram o processo abrasivo de retificação: Na primeira figura temos o processo de retificação plana (frontal e tangencial), na segunda o esquema de uma máquina responsável pelo processo de retificação citado anteriormente e na terceira o processo de retificação abrasiva cilíndrica.

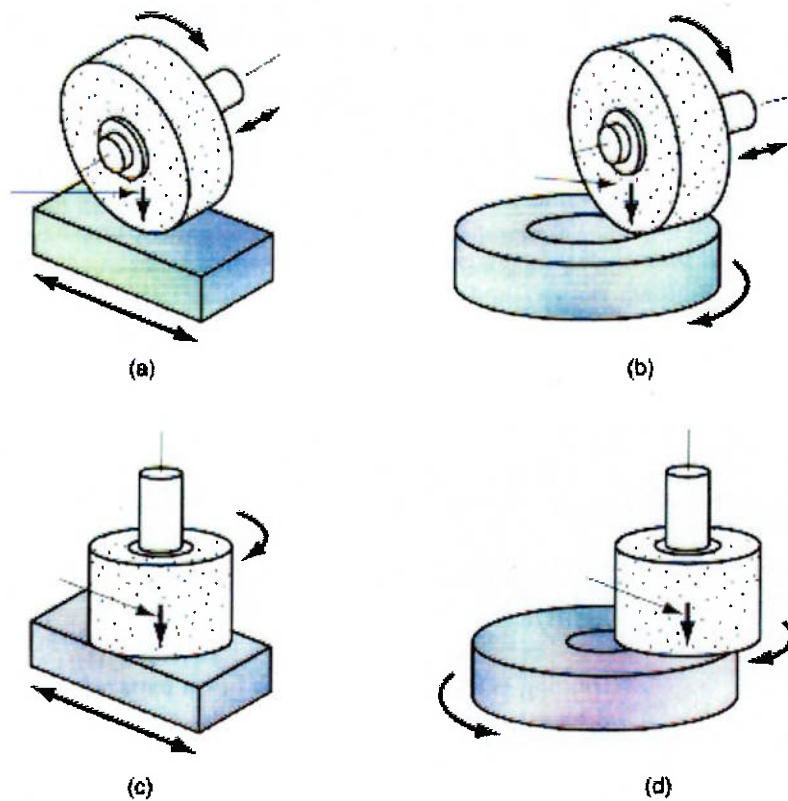


Figura 44 – Quatro tipos de retificação superficial [AMSTEAD, 1977]

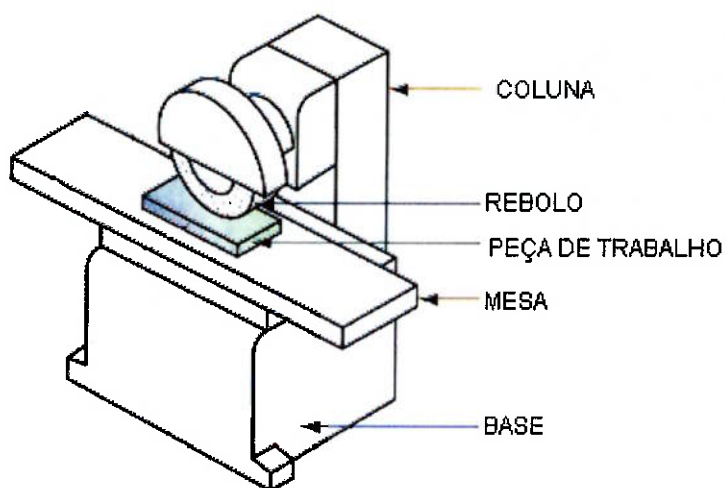


Figura 45 – Exemplo de máquina para retificação [AMSTEAD, 1977]

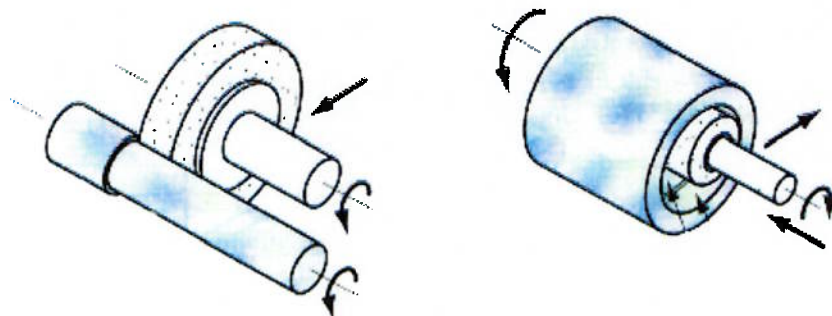


Figura 46 – Retificação Abrasiva Cilíndrica [AMSTEAD, 1977]

7.1.1.1 Características importantes para seleção do rebolo

Segundo [DINIZ, 1999], para a escolha de um determinado rebolo, os fatores que influenciam o processo final de usinagem são:

- material do grão abrasivo: um grão abrasivo de alta tenacidade implica que o grão abrasivo dificilmente fratura-se cada vez que impacta contra a peça. Já um grão menos tenaz regenera suas arestas abrasivas através da fratura (auto-afiação) a medida que o grão perde a afiação durante o uso. Assim, grãos mais duros e mais friáveis são aplicados para operações de precisão enquanto que grãos mais tenazes de tamanhos maiores são mais adequados para cortes mais pesados;
- tamanho do grão abrasivo, onde grãos grossos devem ser escolhidos para materiais moles, dúcteis ou fibrosos, para remoção de grande volume de material, para operações onde não é exigida boa qualidade superficial e para usinagem de grandes áreas de contato. Já os grãos finos devem ser escolhidos para materiais duros ou

quebradiços, para operações onde é desejado um bom acabamento superficial, para pequenas áreas de contato e para manutenção de bordas e perfis de pequenas dimensões.

- dureza do rebolo, que representa o grau de coesão dos grãos com o aglomerante, ou seja, é um índice da resistência com que o grão abrasivo é retido no material aglutinante;
- estrutura do rebolo, que representa a concentração volumétrica de grãos abrasivos no rebolo. Uma estrutura mais aberta de grãos idênticos, em geral dá um acabamento mais grosseiro que uma estrutura mais fechada. Por outro lado, conforme os grãos abrasivos cortam a peça, deve-se procurar um meio de retirar os cavacos da zona de retificação. Os vazios da estrutura do rebolo fornecem o meio para a rápida remoção do cavaco;
- tipo de liga aglomerante, que é o componente do rebolo que mantém os grãos abrasivos unidos. Os principais tipos de liga são: vitrificada e resínóide.

7.1.1.2 Fatores de Influência na Seleção das Características do Rebolo

Os principais fatores de influência na seleção das características do rebolo são:

- Material da peça, que influi na escolha do tipo de material abrasivo (ver tabela 2). Influi também na escolha do tamanho do grão (materiais duros e frágeis, que tendem a formar cavacos curtos, devem ser retificados com rebolos de grãos finos, enquanto que

-
- materiais moles e dúcteis, que tendem a formar cavacos longos, devem ser retificados com rebolos de grãos grossos) e na escolha da dureza do rebolo (materiais duros devem ser retificados com rebolo de baixa dureza e materiais moles o contrário).
- Volume de material removido e acabamento superficial da peça: quanto maior o grão, maior a remoção de material da peça e pior o acabamento superficial (grãos grossos para operações de desbaste). Além disso, ligas vitrificadas devem ser utilizadas para um acabamento médio, e ligas resinóides para um acabamento de alta qualidade;
 - Fluido de Corte, onde a existência ou não do fluido de corte afeta na seleção da dureza do rebolo (operações refrigeradas permitem o uso de rebolos com dureza mais elevada sem modificar a estrutura superficial da peça);
 - Velocidade do rebolo, onde esta velocidade é limitada pela resistência da liga aglomerante. (ligas vitrificadas para velocidade de até 33m/s enquanto que ligas resinóides para velocidades de até 48m/s). Além disso, a medida que a velocidade do rebolo diminui, os esforços de corte diminuem e a vida do rebolo aumenta (o mesmo se aplica à velocidade da peça). “Quanto maior a velocidade periférica do rebolo, mais duro será seu comportamento” [DINIZ, 1999];
 - Área de Contato, onde, quanto maior a área de contato rebolo-peça, maior deve ser o grão e o rebolo deve ser mais macio e mais poroso;

-
- Potência da Máquina, onde rebolos duros devem ser utilizados em máquinas de alta potência devido à alta resistência às forças de usinagem.

7.1.1.3 Vida, Desgaste e Agressividade do Rebolo

Segundo [DINIZ, 1999], “dois fenômenos distintos acontecem durante a utilização do rebolo:

- Desgaste do rebolo, que indica a quantidade de rebolo consumida durante um determinado ciclo de operação, causando perda volumétrica ou diametral do rebolo;
- Perda de Afição decorrente do arredondamento das arestas cortantes e/ou do entupimento dos poros do rebolo.

Um rebolo pode sofrer desgaste sem perder sua afiação ou vice-versa, e isto depende principalmente da dureza do mesmo.

Com a usinagem, os grãos vão se desgastando, o rebolo vai perdendo a agressividade, as forças crescem, até que os grãos se desprendam dando lugar a novos grãos afiados, da camada mais interna do rebolo. Este seria o mecanismo ideal na utilização do rebolo, isto é, uma combinação de perda de afiação e desgaste do rebolo. Normalmente não é isto que acontece, pois um dos fenômenos predomina sobre o outro.

Se o desgaste (ou perda diametral) do rebolo é o mecanismo que predomina, depois de um certo tempo de usinagem o rebolo deve ser reposicionado para evitar que a peça saia de sua faixa de tolerância. Além disso, o rebolo nunca perde o diâmetro de uma forma homogênea (o rebolo se

torna oval), o que gera desvios de forma na peça. Neste caso, mesmo que o rebolo esteja bastante agressivo, ele precisa ser dressado, para ter restituído a sua forma original.

Se a perda da afiação é o fenômeno predominante, os esforços de corte crescem e, se estes maiores esforços não forem capazes de retirar o grão desgastado da liga (isto é, causar perda diametral), o rebolo precisa ser dressado, a fim de que não ocorra a “queima” da peça (danificação da estrutura superficial) ou prejuízo ao seu acabamento superficial.

Dressagem do rebolo é o nome que se dá a operação de reconstituição da camada exterior do rebolo. Existem diversos tipos de dressagem, mas o mais comum é aquele realizado com uma ponta de diamante. O processo se dá como se o rebolo fosse a peça de uma operação de torneamento e o dressador (ponta de diamante) fosse a ferramenta. Assim, o rebolo gira e a ponta de diamante avança, retirando uma pequena camada superficial do rebolo (centésimos ou décimos de milímetro). Com a dressagem, novas e afiadas arestas dos grãos do rebolo são colocadas em utilização.

Assim, a dressagem é utilizada para atingir um ou mais dos seguintes objetivos:

- conferir ao rebolo uma determinada forma;
- devolver ao rebolo sua forma original;
- conferir agressividade (capacidade de corte) ao rebolo;
- informar à máquina ferramenta a real posição da superfície externa do rebolo.

7.1.2 Brunimento

O processo de brunimento é aquele onde pequenas pedras abrasivas aderidas à ferramenta removem pequenas quantidades de material, da ordem de 0.005in ou menos (figura 47).

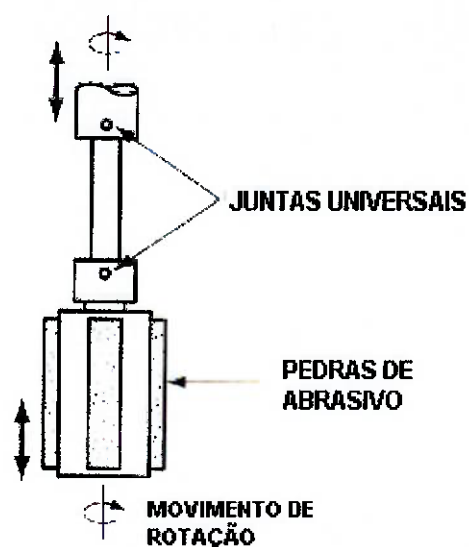


Figura 47 – Processo de brunimento [AMSTEAD, 1977]

Uma das principais aplicações do brunimento é a de fazer o acabamento de furos internos em máquinas de combustão. A velocidade de corte neste processo é bem menor do que no processo de retificação abrasiva.

O movimento da ferramenta é a combinação de rotação e movimentos oscilatórios axiais, regulados de tal forma que um ponto da pedra abrasiva não realiza o mesmo curso repetidas vezes.

7.1.3 Lapidação

O processo de lapidação é um processo muito utilizado onde o acabamento superficial exigido é de grande exatidão e uniformidade. Neste processo pequenas partículas abrasivas são incrustadas em um material leve, chamado de disco de lapidar, cuja dureza é menor do que a dureza do material da peça a ser usinada. (existem mecanismos de lapidação onde o abrasivo não é incrustado e desliza entre o disco de lapidação e a peça a ser usinada).

Quando o disco de lapidação é friccionado contra uma superfície (de maior dureza), as partículas abrasivas em contato com a superfície removem pequenas quantidades de material da peça, ou seja, as partículas abrasivas é que são responsáveis pela usinagem.

A lapidação é um processo muito utilizado na produção de lentes ópticas, fabricação de blocos padrão, etc..., ou seja, onde a quantidade de material removido pode ser menor que 0.001in e o acabamento superficial exigido não é alcançado pelo processo de retificação (figura 48).

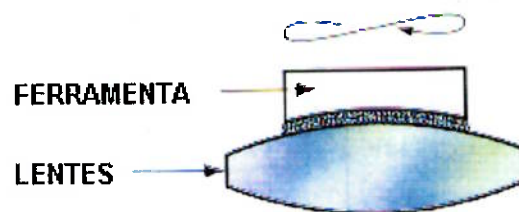


Figura 48 – Exemplo de processo de lapidação (de lentes) [AMSTEAD, 1977]

7.1.4 Polimento

O processo de polimento é aquele onde é necessário a remoção de riscos e rebarbas da peça, com o objetivo de deixar a sua superfície a mais uniforme possível.

Neste processo, pequenos grãos abrasivos são aderidos à uma roda de polimento que irá fazer a usinagem a uma rotação muito elevada. A remoção de material é quase que imperceptível.

7.1.5 Comparação entre os diversos processos abrasivos

A seguir temos uma figura 49, que compara os diversos processos abrasivos existentes:

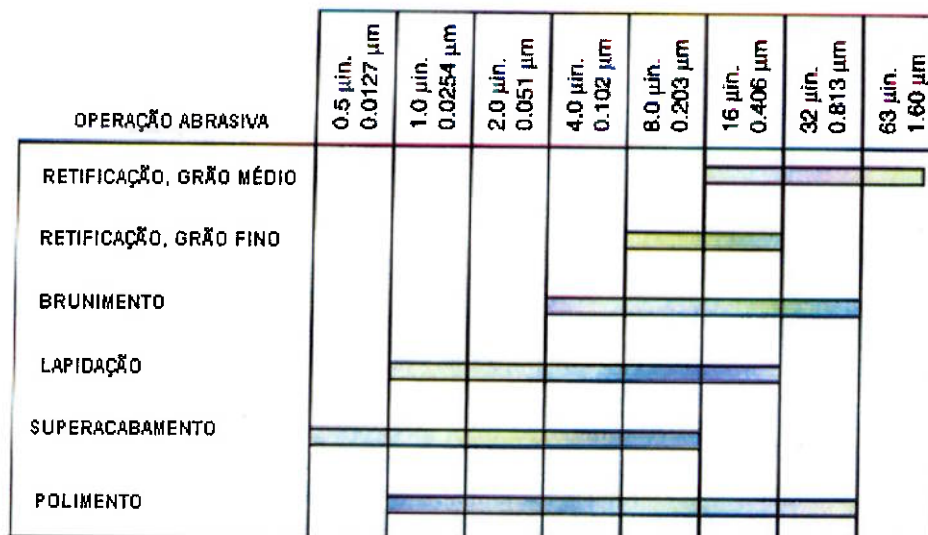


Figura 49 – Comparação entre os diversos processos abrasivos[AMSTEAD, 1977]

7.2 Processos de Tratamento Superficial e Acabamento Abrasivos

Neste tópico será feita uma breve descrição dos seguintes processos de tratamento superficial e acabamento abrasivos utilizados na empresa que será estudada: Limpeza por jato de Areia, Limpeza por Ultra-som e Acabamento através de Tambores de Rotação.

7.2.1 Limpeza por Jato de Areia

Neste processo de limpeza, um jato de areia a alta velocidade é impelido contra a superfície a ser limpa de forma a remover partículas estranhas que estejam incrustadas. Este método é eficaz se e somente se todas a superfície a ser limpa puder ser atingida, o que dificulta a limpeza de superfícies relativamente complexas.

O uso de areia se justifica devido ao baixo custo e uma maior flexibilidade se comparado a outros materiais.

7.2.2 Limpeza por Ultra-som

Este tipo de limpeza é utilizado quando uma alta qualidade de limpeza é requerida por pequenas partes a serem limpas. Neste processo, a peça fica em suspensão, mergulhada em um “banho” (freon) dentro de um determinado recipiente que contém um transdutor ultra-sônico operando em uma frequência que cause cavitação no líquido.

É aconselhável que a peça esteja livre de sujeira, gordura e óleo antes de iniciar este processo de limpeza.

7.2.3 Acabamento através do processos de tamboreamento

Este processo é utilizado principalmente para remover ferrugem, polir e preparar peças para outros processos de acabamento e montagem. A taxa de material removido pode variar de 0.005 in. A 0.0001 in.

Neste processo, as peças são colocadas em tambores especiais até que eles estejam praticamente cheios. A este tambor é adicionado algum tipo de abrasivo e então ele começa a rotacionar. Esta rotação do tambor produz um processo natural de deslizamento entre as peças e o abrasivo adicionado. Durante a rotação, as peças e os abrasivos vão indo para o alto até que a camada do topo deslize para baixo. Apenas uma pequena fração da peça é acabada em um determinado intervalo de tempo, resultando em longos tempos de processo.

Apesar destes longos tempos de processo, este processo de limpeza é muito utilizado devido ao seu baixo custo e grande flexibilidade (vários formatos de materiais podem ser usados).

O processo de tamboreamento está exeplicado na figura 50.

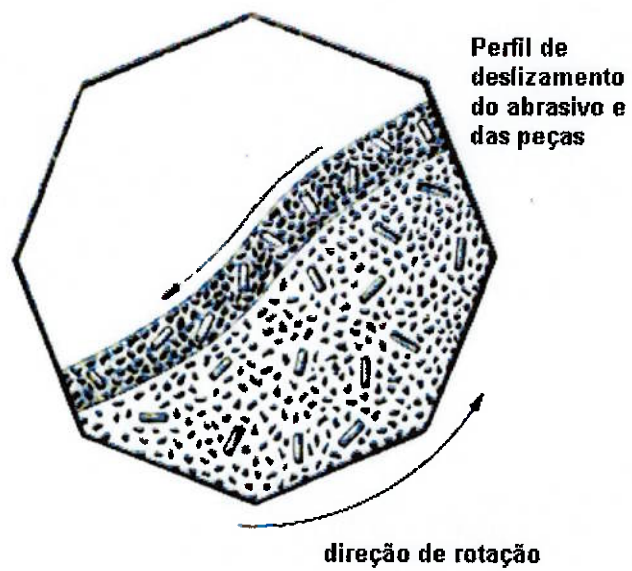


Figura 50 – Processo de tamboreamento [DEGARMO, 1988]

8. Metodologia de Desenvolvimento de Projeto de Software

Além do estudo dos processos de fabricação citados no capítulo anterior, o escopo deste trabalho inclui também o desenvolvimento de um software de caráter gerencial. Para o desenvolvimento deste software é necessária a utilização de uma metodologia baseada nos paradigmas da Engenharia de Software.

Assim, este capítulo visa o estudo destes diversos paradigmas, assim como a escolha de um deles para o futuro desenvolvimento do software em questão.

8.1 Introdução

A Engenharia de Software visa o estabelecimento e uso de sólidos princípios de engenharia para que se possa obter economicamente um software que seja confiável e que funcione eficientemente em máquinas reais. Assim sendo, a engenharia de software abrange um conjunto de três elementos fundamentais: métodos, ferramentas e procedimentos.

Os métodos de engenharia de software proporcionam os detalhes de "como fazer" para construir o software. Os métodos envolvem um amplo conjunto de tarefas que incluem: planejamento e estimativa do projeto, análises de requisitos de software e sistemas, projeto de estrutura de dados, arquitetura de programas e algoritmo de processamento, codificação, teste e manutenção.

As ferramentas de engenharia de software proporcionam apoio para sustentar todos os métodos citados anteriormente. Como exemplo temos as

ferramentas CASE (Computr-Aided Software Engineering), que combina software, hardware e um banco de dados de engenharia de software (uma estrutura de dados contendo importantes informações sobre análise, projeto, codificação e teste) para criar um ambiente de engenharia de software.

Os procedimentos da engenharia de software constituem o elo de ligação entre os métodos e as ferramentas para o desenvolvimento do software. Os procedimentos definem a seqüência em que os métodos serão aplicados, os produtos que deverão ser entregues, os controles que ajudam a assegurar a qualidade e a coordenar mudanças, e os marcos de referência que possibilitam aos gerentes de software a avaliar o progresso.

Assim sendo, a engenharia de software compreende um conjunto de etapas que envolvem os métodos, ferramentas e procedimentos citados anteriormente. Estas etapas podem também ser chamadas de paradigmas de engenharia de software, que deve ser escolhido para o projeto do mesmo.

8.2 O Ciclo de Vida Clássico

Este paradigma, como pode ser visto na figura 51, requer uma abordagem sistemática, seqüencial ao desenvolvimento do software, que se inicia no nível do sistema e avança ao longo da análise, projeto, codificação, teste e manutenção.

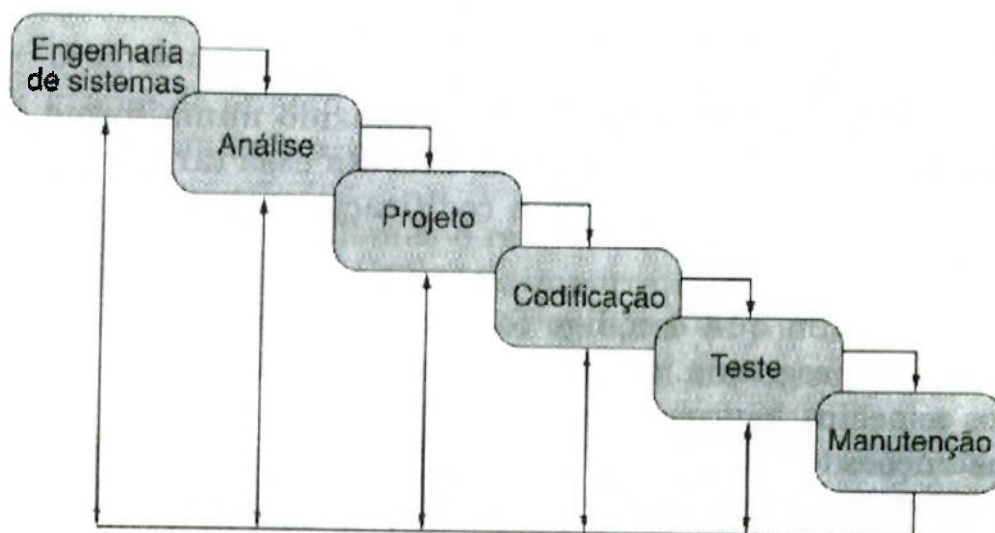


Figura 51 – O ciclo de vida clássico [PRESSMAN, 1992]

Ele é criado a partir do ciclo de engenharia convencional, e requer um tratamento segmentado e hierarquizado das seguintes atividades:

- Análise e engenharia de sistemas, que envolve a análise de requisitos em nível do sistema, com uma pequena quantidade de projeto e análise em alto nível;
- Análise de requisitos de software, que envolve o entendimento do programa a ser construído (informação para o software, função do software, desempenho e interface exigidos);
- Projeto, que inclui a escolha da estrutura de dados, arquitetura de software, detalhes procedimentais e caracterização da interface.
- Codificação, que envolve a tradução do projeto em uma forma legível para a máquina;

-
- Testes, que garantem que todas as funções implementadas tenham sido testadas, identificando erros que devem ser corrigidos para garantir a qualidade do software;
 - Manutenção, que envolve a melhora contínua do software de acordo com as exigências do cliente, assim como a adaptação do software à variações do ambiente externo.

Este é o paradigma de engenharia de software mais utilizado, pois possui alta aplicabilidade e garante que o projeto realmente chegue ao seu final. Porém, algumas dificuldades podem surgir com este paradigma:

- Os projetos freqüentemente têm interações tornando difícil manter um fluxo seqüencial;
- Para o paradigma funcionar é necessário que o usuário defina todas as suas necessidades no início;
- O custo da manutenção de problemas é relativamente alto, pois o usuário somente verá o sistema depois de pronto.

8.3 Prototipagem

Este paradigma capacita o desenvolvedor a criar um modelo de software (protótipos) que será implementado. Assim, através destes protótipos, os usuários podem, junto com os desenvolvedores, ajustar o software às suas necessidades, através de uma melhor identificação dos requisitos do projeto.

A seqüência de eventos para o paradigma da prototipagem pode ser visto na figura 52: Ela inicia com uma coleta de requisitos, ou seja, com a

definição dos objetivos globais do software. Segue então um projeto rápido (representação dos aspectos do software visíveis ao usuário), a construção de um protótipo (para refinar os requisitos do software), a avaliação do protótipo pelo cliente e o refinamento do protótipo, que é um processo de interação onde é feita uma "sintonia fina" do protótipo para satisfazer as necessidades do cliente, capacitando, o desenvolvedor a compreender melhor aquilo que precisa ser feito.

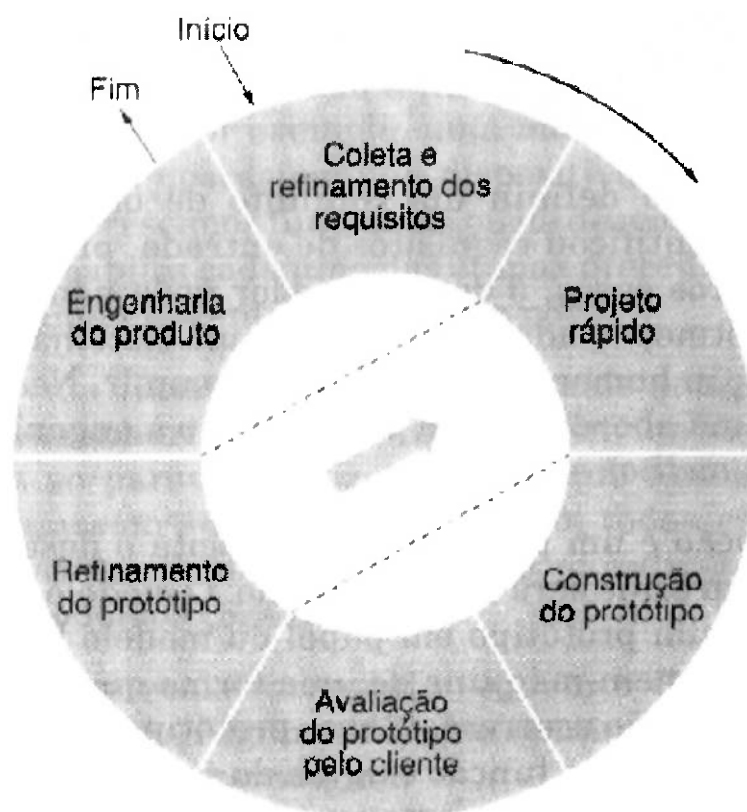


Figura 52 – Paradigma de prototipagem [PRESSMAN, 1992]

Assim como no ciclo de vida clássico, podem ocorrer algumas dificuldades na utilização deste paradigma:

-
- O protótipo pode se tornar um produto definitivo devido à pressão dos usuários que desejam resultados imediatos;
 - O desenvolvedor pode fazer implemetações no protótipo para torna-lo mais rápido e isto pode ser desprezado no sistema real.

8.4 Modelo Espiral

Este paradigma abrange as melhores características dos paradigmas citados anteriormente, acrescentando um novo elemento que é a análise de riscos.

Como pode ser visto na figura 53, este modelo define quatro importantes atividades representadas pelos quatro quadrantes da figura:

- Planejamento, que inclua a determinação de objetivos, alternativas e restrições;
- Análise de riscos, que inclua a análise de alternativas e identificação/resolução dos riscos;
- Engenharia, que é o desenvolvimento do produto em um próximo nível;
- Avaliação do cliente, que é a avaliação dos resultados da engenharia

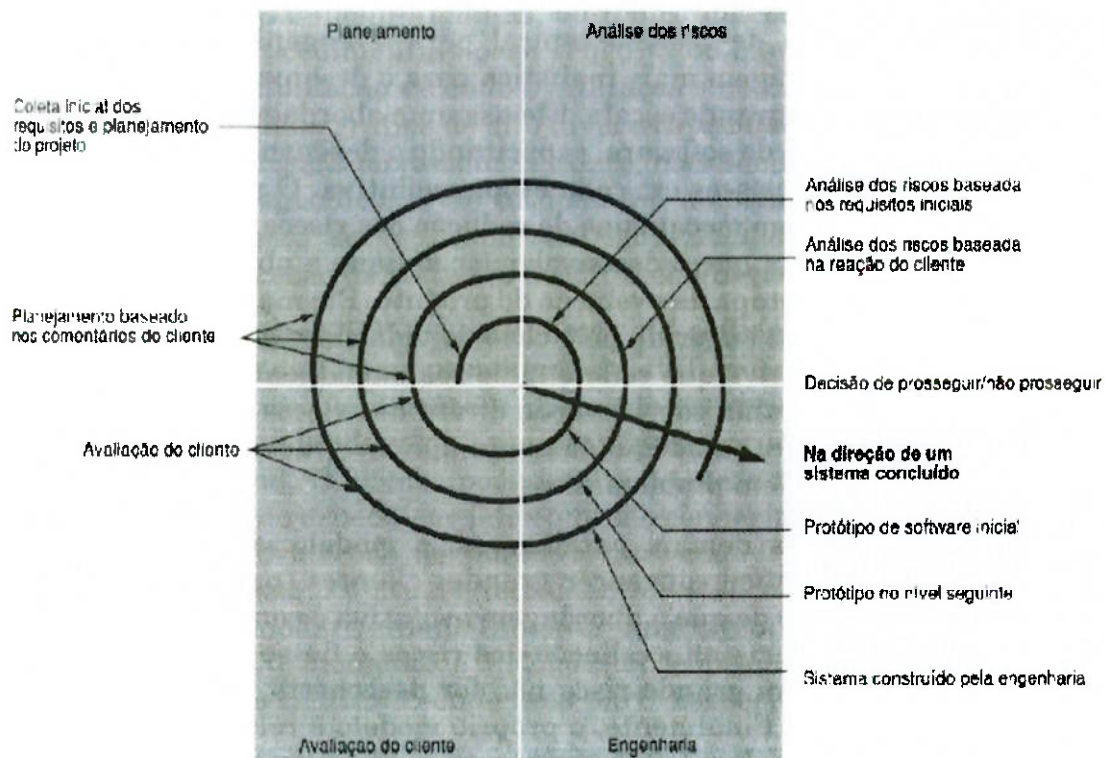


Figura 53 – O modelo espiral [PRESMAN, 1992]

Assim, este paradigma tem ênfase em um processo iterativo de desenvolvimento do software, onde ele introduz um ciclo de prototipagem iterativa. A cada iteração ao redor da espiral são construídas versões mais completas do software., e a evolução obtida é examinada para verificar se os progressos estão de acordo com os objetivos (análise de riscos).

Como nos paradigmas estudados anteriormente, algumas dificuldades podem ocorrer com a sua utilização:

- Pode ser difícil convencer grandes clientes de que o tratamento evolutivo é controlável;
- É necessária uma grande experiência na avaliação dos riscos, de forma a se obter sucesso no emprego deste paradigma.

8.5 Técnicas de Quarta Geração (4GT)

As técnicas de quarta geração englobam um grande conjunto de ferramentas de software onde o desenvolvedor especifica alguma característica do software em um nível elevado, e esta ferramenta gera automaticamente o código fonte de acordo com a especificação desejada (o que torna o desenvolvimento do software bem mais rápido)..

Assim, existe a possibilidade de se desenvolver o software o mais próximo possível da linguagem natural utilizando-se de ferramentas de linguagens não procedurais para consulta de banco de dados, geração de relatórios, manipulação de dados, interação e definição de telas, geração de códigos, capacidade gráfica de alto nível e capacidade de planilhas eletrônicas.

Este paradigma pode ser visto na figura 54, onde temos a etapa de análise de requisitos, seguida da fase de estratégia de projeto (visando qualidade), fase de implementação através de ferramentas 4GT e a fase de testes.

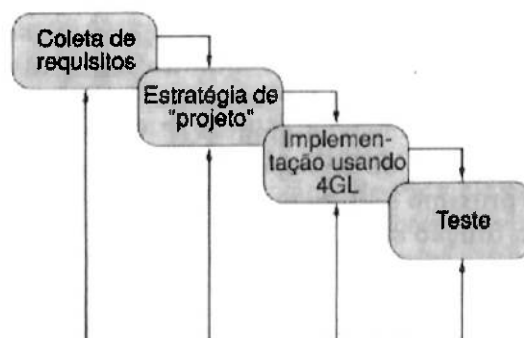


Figura 54 – Técnicas de quarta geração [PRESSMAN, 1992]

A utilização destes paradigmas pode gerar as seguintes dificuldades:

- As ferramentas 4GT podem ser difíceis de se usar;
- O código fonte gerado é muitas vezes ineficiente;
- A manutenibilidade de grandes sistemas de software desenvolvidos pelas técnicas de quarta geração (4GT) está aberta a questionamentos.

8.6 Abordagem a ser utilizada no desenvolvimento de software

Para garantir que o software será criado com qualidade e que ele tenha um ciclo de vida bem definido, será utilizado o paradigma de software do ciclo de vida clássico. Como já foi dito anteriormente, este paradigma é o adotado pela maior parte das empresas de desenvolvimento de software a nível comercial, e estatisticamente é aquele que têm maior facilidade de ser implementado e que oferece melhores resultados no desenvolvimento de projetos de sistemas de informação.

9. Estudo de Caso : Processo de Retificação e Lapidação

9.1 Introdução

O escopo deste trabalho inclui também o estudo dos processos de fabricação de uma empresa de lapidação. Este estudo consiste no mapeamento dos processos desta empresa, tanto processos de fabricação quanto processos de administração da produção.

Como já foi citado anteriormente, o estudo dos processos de fabricação consiste na análise de 4 peças produzidas nesta fábrica, que utiliza dos processos de fabricação citados anteriormente no capítulo 7: a placa lisa, a placa de saída, o excêntrico e o rotor. Além disso, como forma de completar este mapeamento, será feito um estudo de layout de forma a otimizar ainda mais o fluxo de trabalho.

Dentro do estudo do processo de administração da produção, serão modelados os processos de controle de estoques, planejamento do chão de fábrica, sendo que este último envolve desde a previsão da demanda até a criação do programa mestre de produção.

A seguir serão apresentados os resultados dos estudos realizados nesta fábrica:

9.2 Processo de fabricação da placa lisa

A figura 55 mostra o esquema da placa lisa (desenho de fabricação):

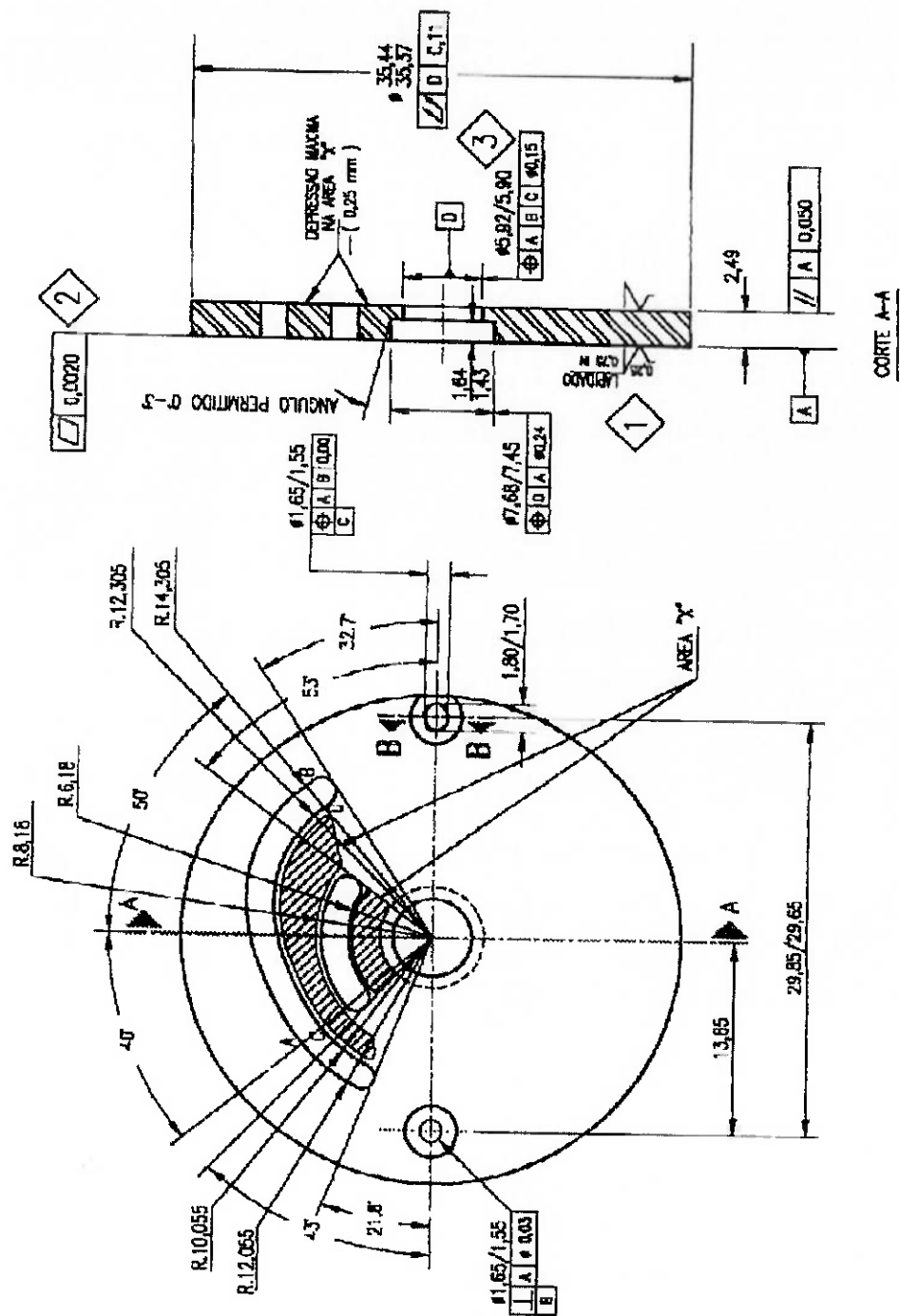


Figura 55 – Desenho de fabricação da placa lisa

O processo de fabricação da placa lisa pode ser visto no diagrama de fluxo a seguir (figura 56):

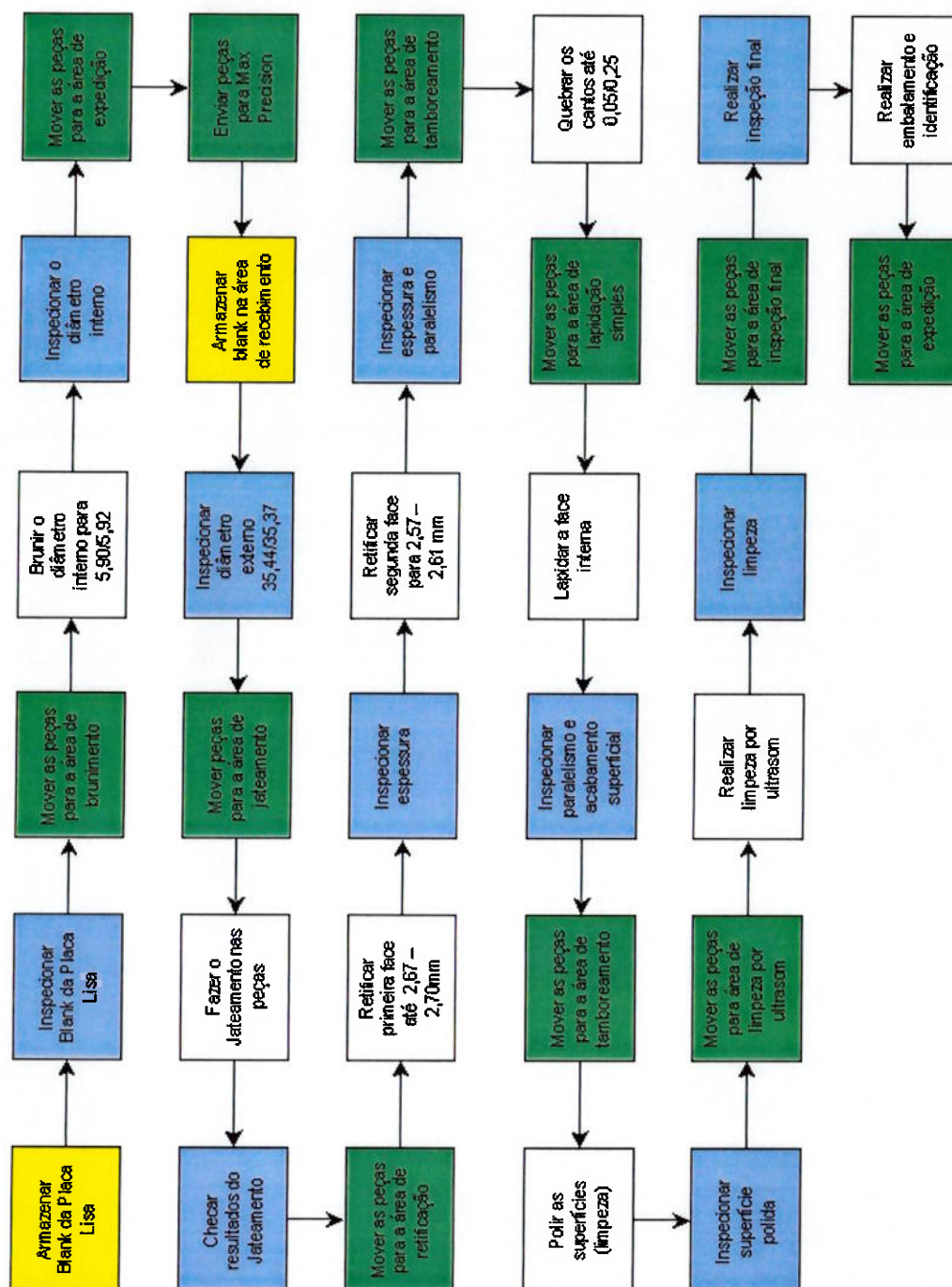


Figura 56 – Diagrama de fluxo de processo para a placa lisa

Como visto acima, para que o produto deixe o processo com as características adequadas ele é inspecionado praticamente em todas as vezes que a peça passa por algum tipo de fabricação (processamento). As inspeções que garantem a qualidade da placa lisa podem ser listadas abaixo:

- Inspeção do blank recebido da placa lisa, que inclui: inspeção do diâmetro externo, inspeção do diâmetro do furo de fixação, inspeção do diâmetro interno, inspeção da espessura, inspeção da dureza e inspeção da geometria da peça recebida;
- Inspeção do diâmetro interno após o processo de brunimento;
- Inspeção do diâmetro externo após recebimento do fornecedor (Max Precision);
- Inspeção visual após o processo de jateamento (jato de areia);
- Inspeção da espessura após o processo de retificação da primeira face (retífica blanchard);
- Inspeção da espessura e do paralelismo após o processo de retificação da segunda face (retífica blanchard);
- Inspeção de planicidade e acabamento superficial após o processo de lapidação (36");
- Inspeção de grau de polimento da superfície após o processo de tamboreamento;
- Inspeção do nível de limpeza após o processamento na máquina de limpeza por ultra-som;

- Inspeção final, que inclui: inspeção visual, inspeção do diâmetro externo, inspeção do diâmetro interno, inspeção da espessura, inspeção do diâmetro do furo de fixação, inspeção do acabamento superficial, inspeção da planicidade, inspeção dos 'cantos', inspeção de ferrugem e inspeção de contaminação.

Com base no diagrama de fluxo, podemos representar o processo de fabricação da placa lisa através do seguinte sistemógrafo (figura 57):

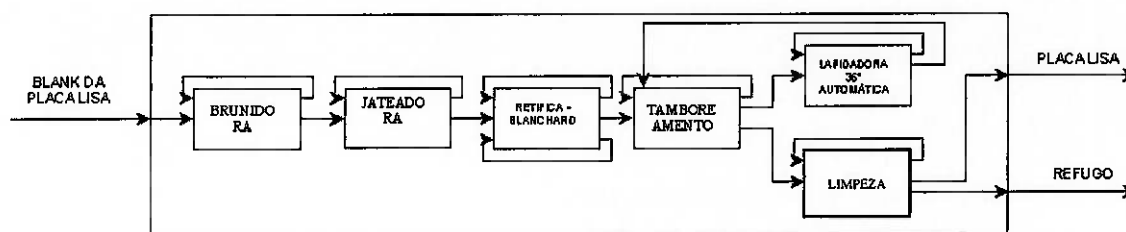


Figura 57 – Sistemógrafo do processo de fabricação da placa lisa

Neste sistemógrafo podemos identificar :

- entradas: blank da placa lisa
- saídas: placa lisa e refugo do processo
- processadores: brunidora (I), jateadora (II), retífica - blanchard (III), tambores de rotação (IV), lapidadora 36" (AUTOMATIC) (V) e máquina de limpeza por ultra-som(VI).

Assim, o recurso de entrada, que é o blank da placa lisa entra no processo de fabricação e inicialmente é processado por (I). Após ser processado por (I) ele pode, ou ser processado por (II) ou ser retrabalhado, dependendo dos resultados dos processos de inspeção já citados

anteriormente. Da mesma forma após ser processado em (II), ele pode ou seguir e ser processado em (III) ou, eventualmente ser retrabalhado. Em (III) ele é processado uma primeira vez e então ele é ou retrabalhado ou encaminhado para um segundo processamento. Após este segundo processamento em (III) ele também pode ser retrabalhado ou enviado para o processador (IV). Ele então é processado em (IV) e segue para o processador (V). Em (V) ele é processado e, ou é retrabalhado ou segue para o processador (IV). Ele então sofre outro processamento em (IV) e segue para o processador (VI) ou é retrabalhado. Ele finalmente é processado em (VI) onde, ou sai do sistema, em forma de placa lisa ou refugo, ou é retrabalhado.

A seguir segue a tabela 3 resumindo as características do sistemógrafo citado anteriormente:

	Operacional	Informacional	Decisional	Nível	Espaço	Tempo	Forma
Brunidora	X	X	X	5	X	X	X
Jateadora	X	X	X	5	X	X	
Retífica - Blanchard	X	X	X	5	X	X	X
Lapidadora Dupla Face 38"	X	X	X	5	X	X	X
Tambores de rotação	X	X	X	5	X	X	X
Lapidadora Automática 36"	X	X	X	5	X	X	X
Máquina de Limpeza	X	X	X	5	X	X	

Tabela 3 – Característica do sistemógrafo do processo de fabricação da placa lisa

9.3 Processo de fabricação da placa de saída

A figura 58 mostra o esquema da placa de saída (desenho de fabricação):

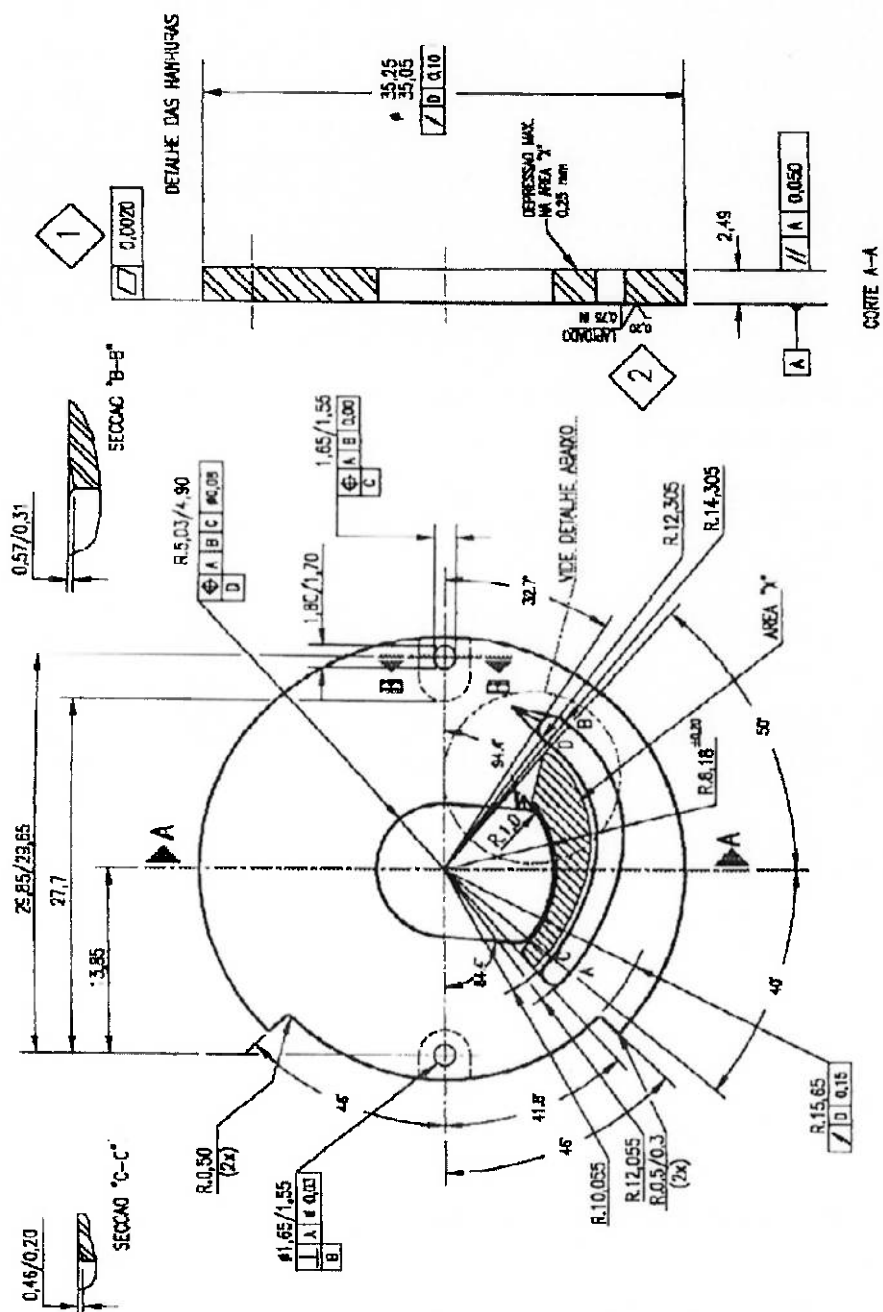


Figura 58 – Desenho de fabricação da placa de saída

O processo de fabricação da placa de saída pode ser visto no diagrama de fluxo a seguir (figura 59):

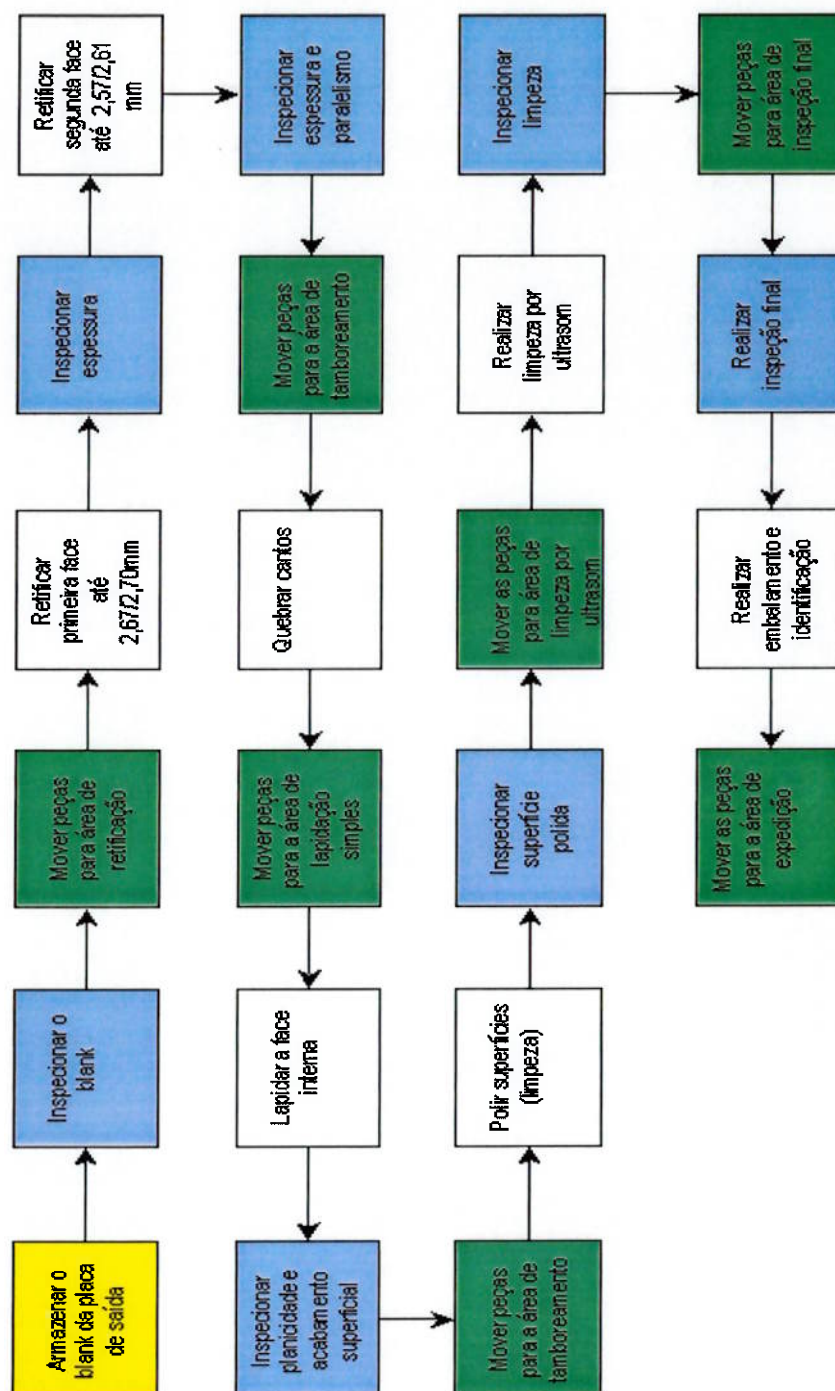


Figura 59 – Diagrama de fluxo de processo para a placa de saída

Novamente, para que o produto deixe o processo com as características adequadas ele é inspecionado praticamente em todas as vezes que a peça passa por algum tipo de fabricação (processamento). As inspeções que garantem a qualidade da placa de saída podem ser listadas abaixo:

- Inspeção do blank da placa de saída recebido, que inclui: inspeção do diâmetro externo, inspeção do diâmetro do furo de fixação, inspeção da espessura, inspeção da dureza e inspeção da geometria da peça recebida;
- Inspeção da espessura após o processo de retificação da primeira face (retífica blanchard);
- Inspeção da espessura e do paralelismo após o processo de retificação da segunda face (retífica blanchard);
- Inspeção de planicidade e acabamento superficial após o processo de lapidação (36");
- Inspeção de grau de polimento da superfície após o processo de tamboreamento;
- Inspeção de nível de limpeza após o processamento na máquina de limpeza por ultra-som;
- Inspeção final, que inclui: inspeção visual, inspeção da espessura, inspeção do diâmetro do furo de fixação, inspeção de planicidade, inspeção do acabamento superficial, inspeção dos 'cantos', inspeção de ferrugem e inspeção de contaminação.

Com base no diagrama de fluxo, podemos representar o processo de fabricação da placa de saída através do seguinte sistemógrafo (figura 60):

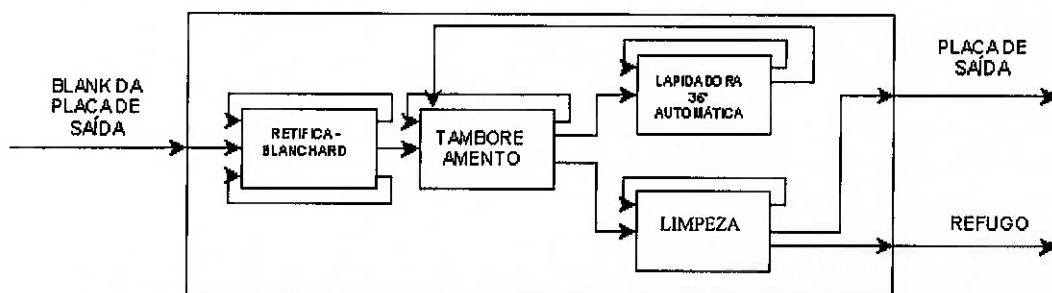


Figura 60 – Sistemógrafo do processo de fabricação da placa de saída

Neste sistemógrafo podemos identificar :

- entradas: blank da placa de saída;
- saídas: placa lisa e refugo do processo;
- processadores: retífica - blanchard (I), tambores de rotação (II), lapidadora 36”(III) e máquina de limpeza por ultra-som (IV).

Assim, o recurso de entrada, que é o blank da placa de saída entra no processo de fabricação e é processado uma primeira vez por (I). Após ser processado por (I) ele pode, ou ser encaminhado para um segundo processamento ou ser retrabalhado, dependendo dos resultados dos processos de inspeção já citados anteriormente. Após este segundo processamento em (I) ele também pode ser retrabalhado ou enviado para o processador (II). Ele então é processado em (II) e segue para o processador (III). Em (III) ele é processado e, ou é retrabalhado ou segue para o processador (II). Ele então sofre outro processamento em (II) e, ou segue para o processador (IV) ou é

retrabalhado. Ele finalmente é processado em (IV) onde, ou sai do sistema, em forma de placa de saída ou refugo, ou é retrabalhado.

A seguir segue a tabela 4 resumindo as características do sistemógrafo citado anteriormente:

	Operacional	Informacional	Decisional	Nível	Espaco	Tempo	Forma
Retifica - Blanchard	X	X	X	5	X	X	X
Tambores de rotação	X	X	X	5	X	X	X
Lapidadora Automática 36"	X	X	X	5	X	X	X
Máquina de Limpeza	X	X	X	5	X	X	

Tabela 4 – Característica do sistemógrafo do processo de fabricação da placa de saída

9.4 Processo de fabricação do excêntrico

A figura 61 mostra o esquema do excêntrico (desenho de fabricação):

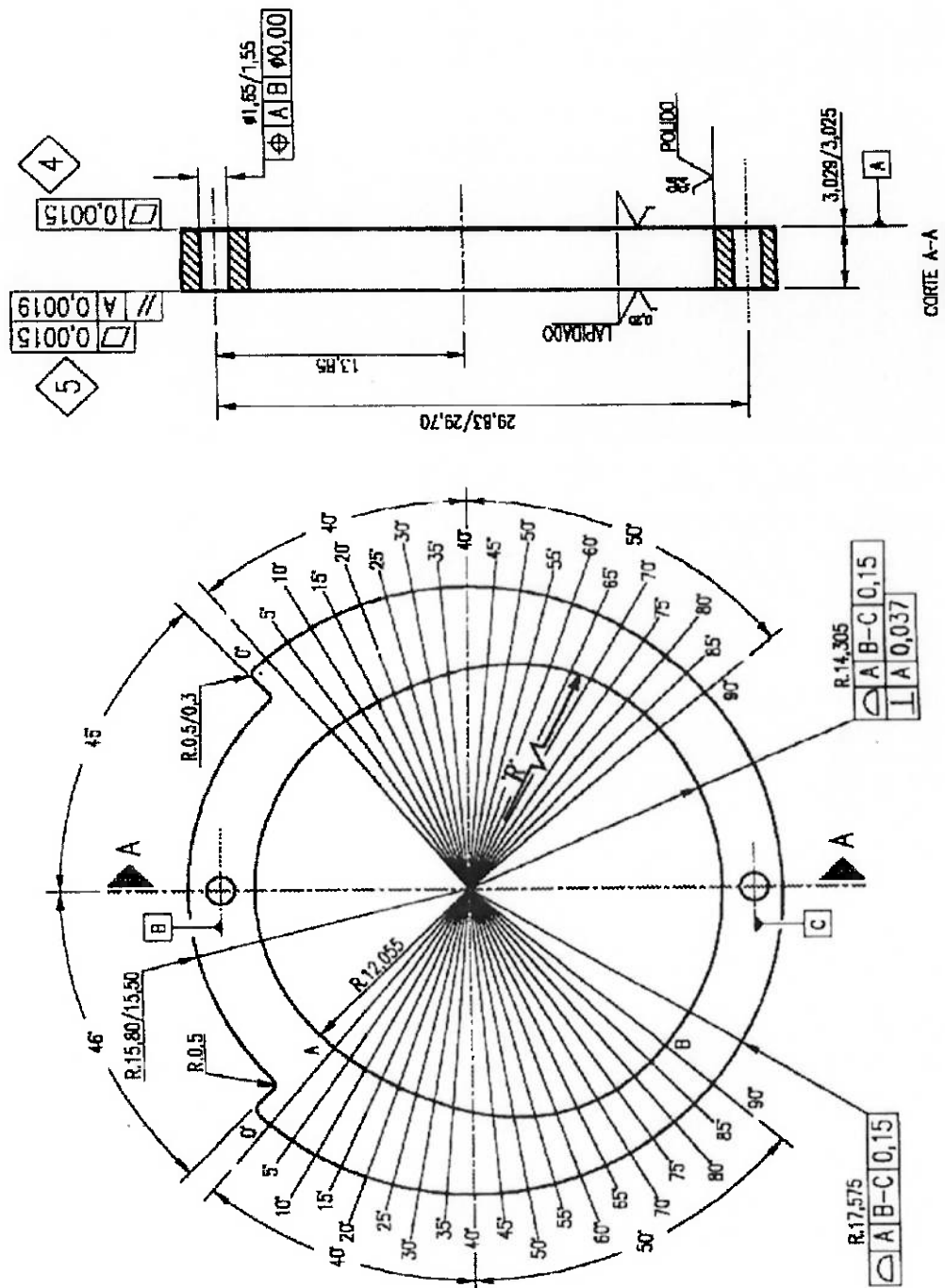


Figura 61 – Desenho de fabricação do excêntrico

O processo de fabricação do excêntrico pode ser visto no diagrama de fluxo a seguir (figura 62):

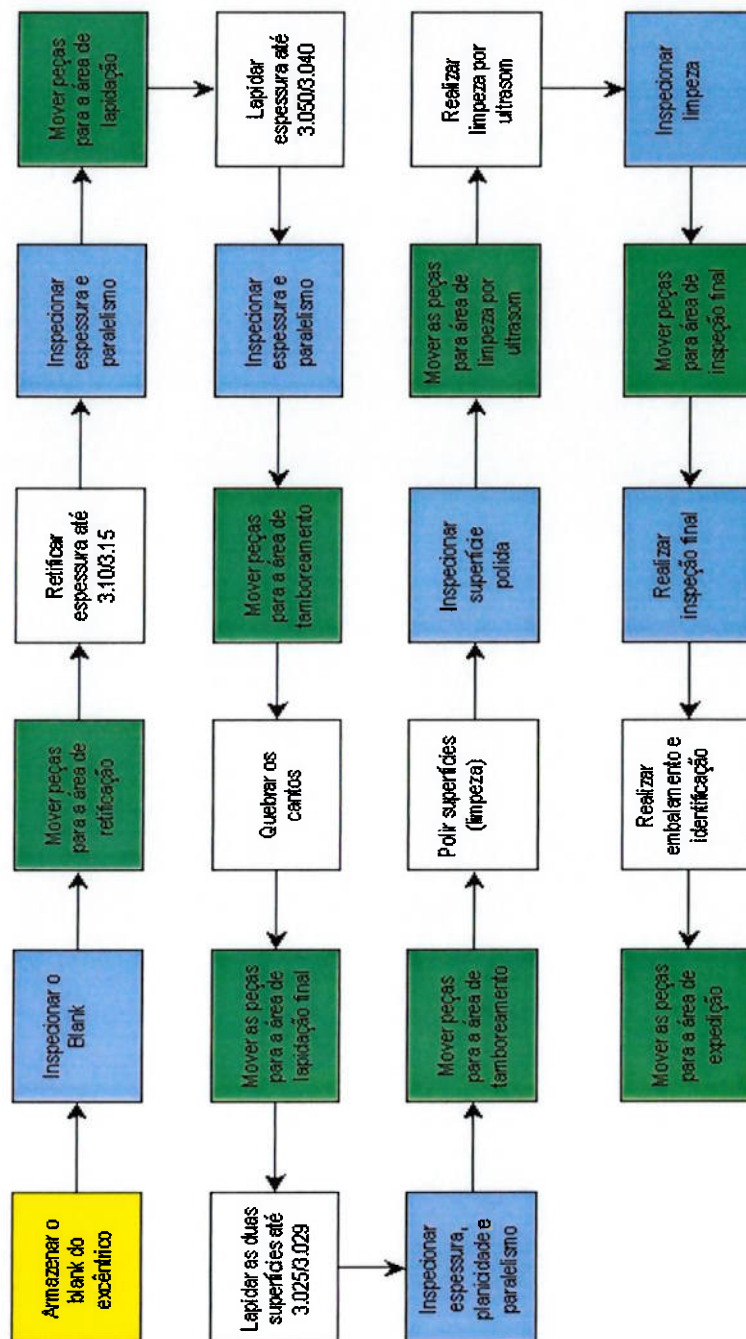


Figura 62 – Diagrama de fluxo de processo para o excêntrico

Novamente, para que o produto deixe o processo com as características adequadas ele é inspecionado praticamente em todas as vezes que a peça passa por algum tipo de fabricação (processamento). As inspeções que garantem a qualidade do excêntrico podem ser listadas abaixo:

- Inspeção do blank do excêntrico recebido, que inclui: inspeção do diâmetro externo, inspeção do diâmetro interno, inspeção do diâmetro do furo de fixação, inspeção da espessura, inspeção da dureza e inspeção da geometria da peça recebida;
- Inspeção da espessura e do paralelismo após o processo de retificação das duas faces;
- Inspeção da espessura e do paralelismo após o processo de lapidação (38") das duas faces;
- Inspeção de planicidade, acabamento superficial, espessura e paralelismo após o processo de lapidação (15") da espessura;
- Inspeção do grau de polimento da superfície após o processo de tamboreamento;
- Inspeção do nível de limpeza após o processamento na máquina de limpeza por ultra-som;
- Inspeção final, que inclui: inspeção visual, inspeção da espessura, inspeção de planicidade, inspeção do acabamento superficial, inspeção dos 'cantos', inspeção do diâmetro do furo de fixação, inspeção de ferrugem e inspeção de contaminação.

Com base no diagrama de fluxo, podemos representar o processo de fabricação do excêntrico através do seguinte sistemógrafo (figura 63):

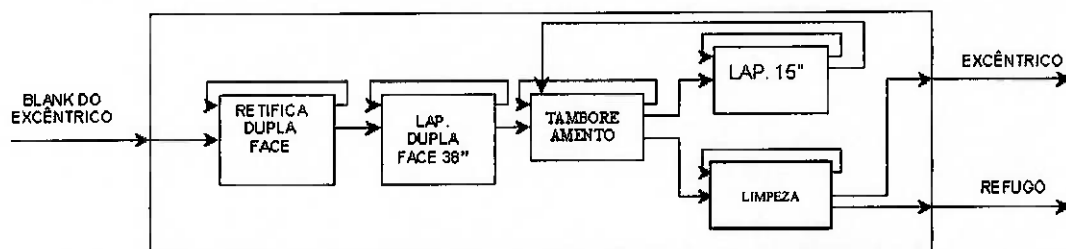


Figura 63 – Sistemógrafo do processo de fabricação do excêntrico

Neste sistemógrafo podemos identificar :

- entradas: blank do excêntrico;
- saídas: excêntrico e refugo do processo;
- processadores: retífica dupla face (I), lapidadora dupla face 38" (II), tambores de rotação(III), lapidadora 15"(IV) e máquina de limpeza por ultra-som (V).

Assim, o recurso de entrada, que é o blank do excêntrico entra no processo de fabricação e é processado uma primeira vez por (I). Após ser processado por (I) ele pode, ou ser enviado para (II) ou ser retrabalhado, dependendo dos resultados dos processos de inspeção já citados anteriormente. Ele é então processado em (II), onde, então, ele pode seguir para o próximo processador ou ser retrabalhado. Ele então é processado em (III) e segue para o processador (IV). Em (IV) ele é processado e, ou é retrabalhado ou segue para o processador (III). Ele então sofre outro processamento em (III) e, ou segue para o processador (V) ou é retrabalhado.

Ele finalmente é processado em (V) onde, ou sai do sistema, em forma de excêntrico ou refugo, ou é retrabalhado.

A seguir segue a tabela 5 resumindo as características do sistemógrafo citado anteriormente:

	Operacional	Informacional	Decisional	Nível	Espaco	Tempo	Forma
Retífica Dupla Face	X	X	X	5	X	X	X
Lapidadora Dupla Face 38"	X	X	X	5	X	X	X
Tambores de rotação	X	X	X	5	X	X	X
Lapidadora 15"	X	X	X	5	X	X	X
Máquina de Limpeza	X	X	X	5	X	X	

Tabela 5 – Característica do sistemógrafo do processo de fabricação do excêntrico

O processo de fabricação do rotor e bucha pode ser visto no diagrama de fluxo a seguir (figura 65):

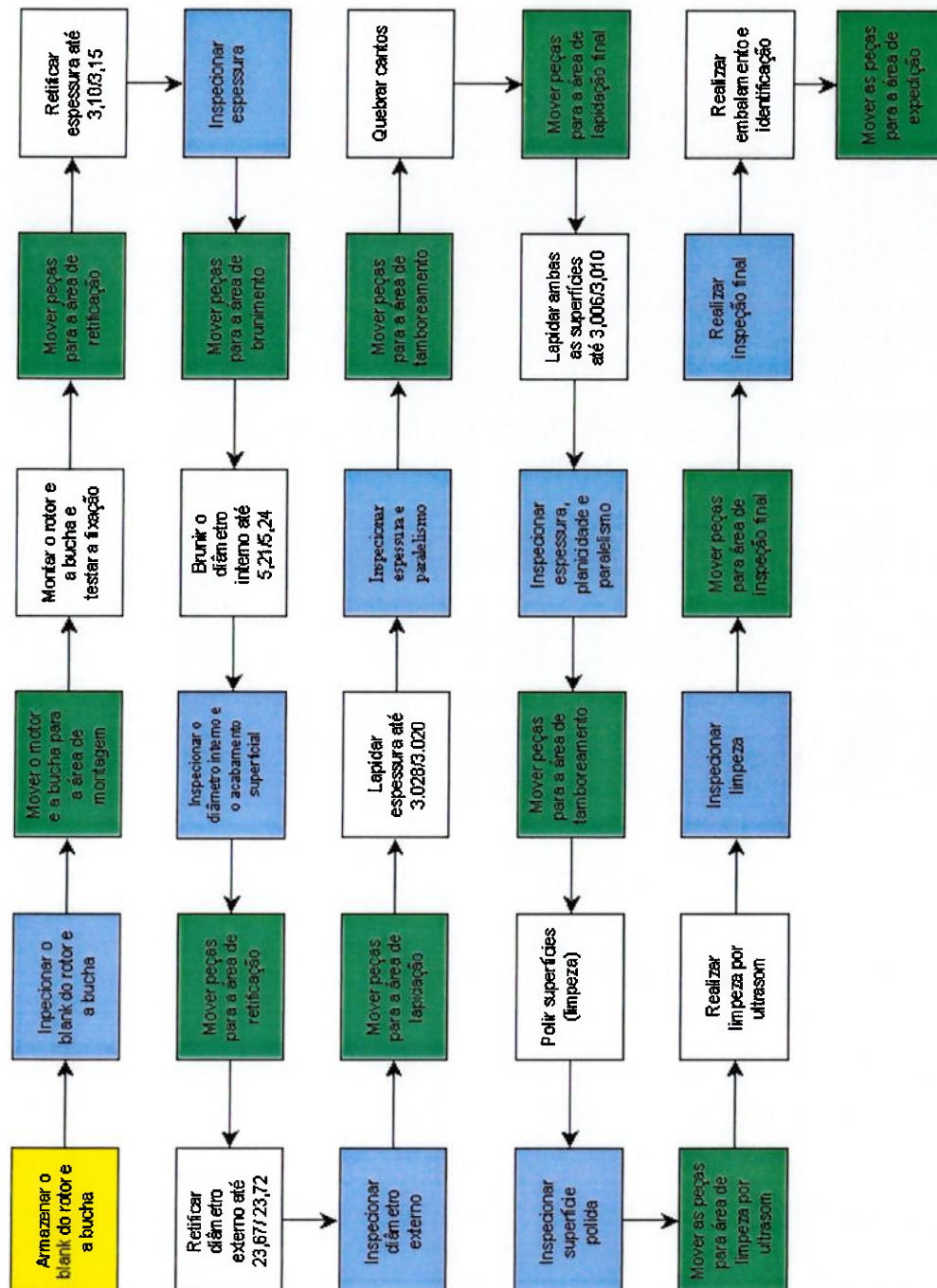


Figura 65 – Diagrama de fluxo de processo para o rotor

Novamente, para que o produto deixe o processo com as características adequadas ele é inspecionado praticamente em todas as vezes que a peça passa por algum tipo de fabricação (processamento). As inspeções que garantem a qualidade do excêntrico podem ser listadas abaixo:

- Inspeção do blank do rotor e da bucha recebidos, que inclui: inspeção do diâmetro externo, inspeção do diâmetro interno, inspeção do "roller slot" (5 vezes; ver figura), inspeção do diâmetro de abertura, inspeção da espessura da abertura, inspeção da espessura e inspeção da dureza;
- Inspeção de fixação da bucha ao rotor;
- Inspeção da espessura e do paralelismo após o processo de retificação das duas faces;
- Inspeção do diâmetro interno após o processo de brunimento do mesmo;
- Inspeção do diâmetro externo após o processo de retificação do mesmo;
- Inspeção da espessura após o processo de lapidação (38") das duas faces;
- Inspeção de planicidade, acabamento superficial, espessura e paralelismo após o processo de lapidação (15") da espessura;
- Inspeção do grau de polimento da superfície após o processo de tamboreamento;
- Inspeção do nível de limpeza após o processamento na máquina de limpeza por ultra-som;
- Inspeção final, que inclui: inspeção da espessura, inspeção visual, inspeção do diâmetro externo, inspeção de planicidade, novamente inspeção de espessura, inspeção do acabamento superficial do diâmetro interno, inspeção do acabamento superficial, inspeção do diâmetro interno, inspeção dos

'cantos', inspeção do diâmetro externo, inspeção de ferrugem e inspeção de contaminação.

Com base no diagrama de fluxo, podemos representar o processo de fabricação do rotor e bucha através do seguinte sistemógrafo (figura 66):

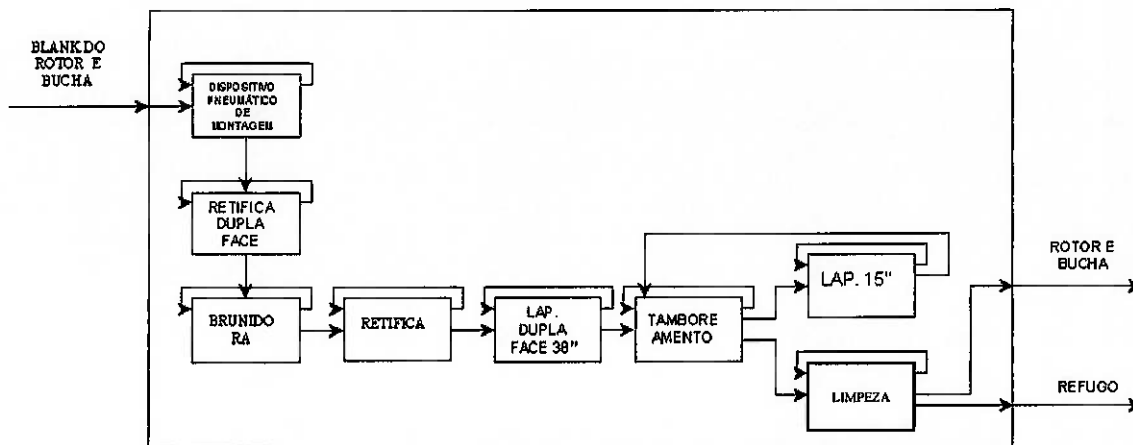


Figura 66 – Sistemógrafo do processo de fabricação do rotor

Neste sistemógrafo podemos identificar:

- entradas: blank do rotor e bucha;
- saídas: rotor e bucha, e refugo do processo;
- processadores: dispositivo pneumático de montagem(I), retifica dupla face (II), brunidora (III), retífica (IV), lapidadora dupla face 38" (V), tambores de rotação (VI), lapidadora 15"(VII) e máquina de limpeza por ultra-som (VIII).

Assim, os recursos de entrada, que são o blank do rotor e a bucha entram no processo de fabricação e são processados em (I) e, então, são

enviados para (II) ou retrabalhados, dependendo dos resultados dos processos de inspeção já citados anteriormente. Eles são então processado em (II), onde, então, podem seguir para o próximo processador ou serem retrabalhados. A seguir temos um processamento em (III) e eles então são encaminhados para o próximo processador ou são retrabalhados. Em seguida eles são processados em (IV) e como resultado eles são enviados para o processador (V) ou são retrabalhados. Eles, então, são processados em (V) e então são encaminhados para (VI) ou retrabalhados. Eles são processados em (VI) e segue para o processador (VII). Em (VII) eles são processados e, ou são retrabalhados ou seguem para o processador (VI). Eles sofrem outro processamento em (VI) e, ou seguem para o processador (VIII) ou são retrabalhados. Eles finalmente são processados em (VIII) onde, ou saem do sistema, em forma de rotor e bucha ou refugo, ou são retrabalhados.

A seguir segue a tabela 6 resumindo as características do sistemógrafo citado anteriormente:

	Operacional	Informacional	Decisional	Nível	Espaço	Tempo	Forma
Dispositivo Pneumático de Montagem	X	X	X	5	X	X	X
Retífica Dupla Face	X	X	X	5	X	X	X
Brunidora	X	X	X	5	X	X	X
Retífica	X	X	X	5	X	X	X
Lapidadora Dupla Face 38"	X	X	X	5	X	X	X
Tambores de rotação	X	X	X	5	X	X	X
Lapidadora 15"	X	X	X	5	X	X	X
Máquina de Limpeza	X	X	X	5	X	X	

Tabela 6 – Característica do sistemógrafo do processo de fabricação do rotor

9.6 Processo de Fabricação da Família de peças de lapidação

Baseado nos sistemógrafos do processo de fabricação das 4 peças, podemos fazer o sistemógrafo que engloba todas estas 4 peças desta família de peças de lapidação. Este sistemógrafo pode ser visto na figura 67:

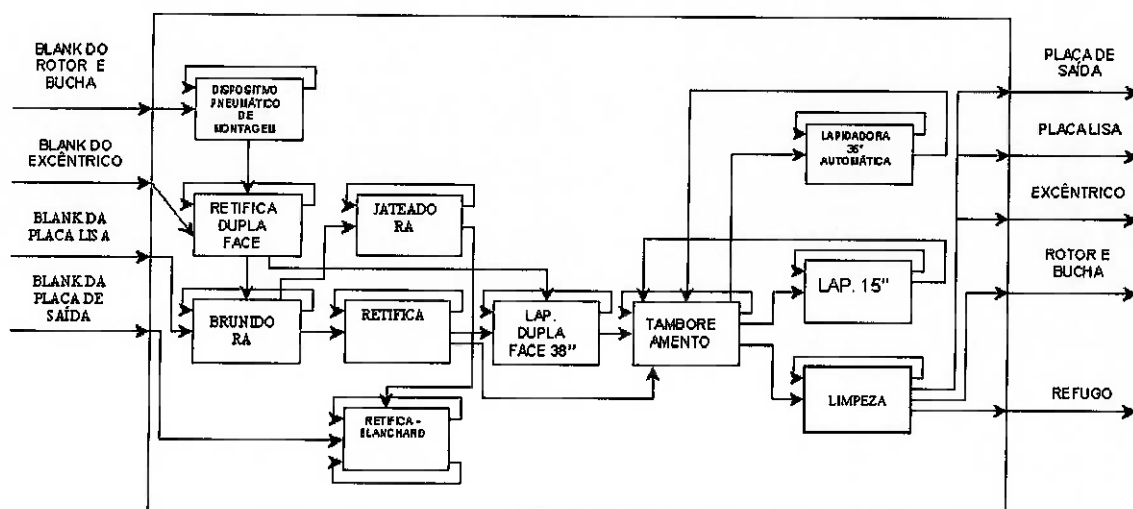


Figura 67 – Sistemógrafo do processo de fabricação da família de lapidação

Os processadores deste sistemógrafo são os mesmos presentes nas peças individualmente, possuindo as mesmas características quanto ao nível, categoria e tipo (operacional, decisional e informacional).

Como já demonstrado, os processadores anteriores são de quinto nível, pois possuem laços operacionais, informacionais e decisoriais, pois através de informações obtidas no processo eles acabam por decidir se o objeto processado segue para o próximo processador, se devem ser retrabalhados ou então refugados. Os processadores foram classificados quanto ao tipo, considerando tanto o espaço (transporte), tempo (depósito) e forma (fabricação).

Como pode ser visto em todos os sistemógrafos anteriores para a família verde, o retrabalho é imediato, sendo que as peças não passam para um próximo estágio sem que estejam perfeitas. O refugo do processo de fabricação destas peças é mínimo, e não ocorrem devido a características geométricas indesejadas, e sim devido principalmente aos processos de retificação, onde as peças podem ser 'queimadas' e portanto, não atendendo às necessidades do cliente.

Para garantir que as peças tenham total qualidade atendendo às normas ISO e QS, deve-se analisar os processadores acima em nível maior de detalhe. Para isto, utiliza-se a ferramenta de Fluxo de Trabalho ("Workflow"), sendo que os resultados obtidos serão apresentados nos próximos itens.

9.6.1 Fluxo de Trabalho do Dispositivo Pneumático de Montagem

A figura 68 mostra o Fluxo de Trabalho do dispositivo pneumático de montagem:

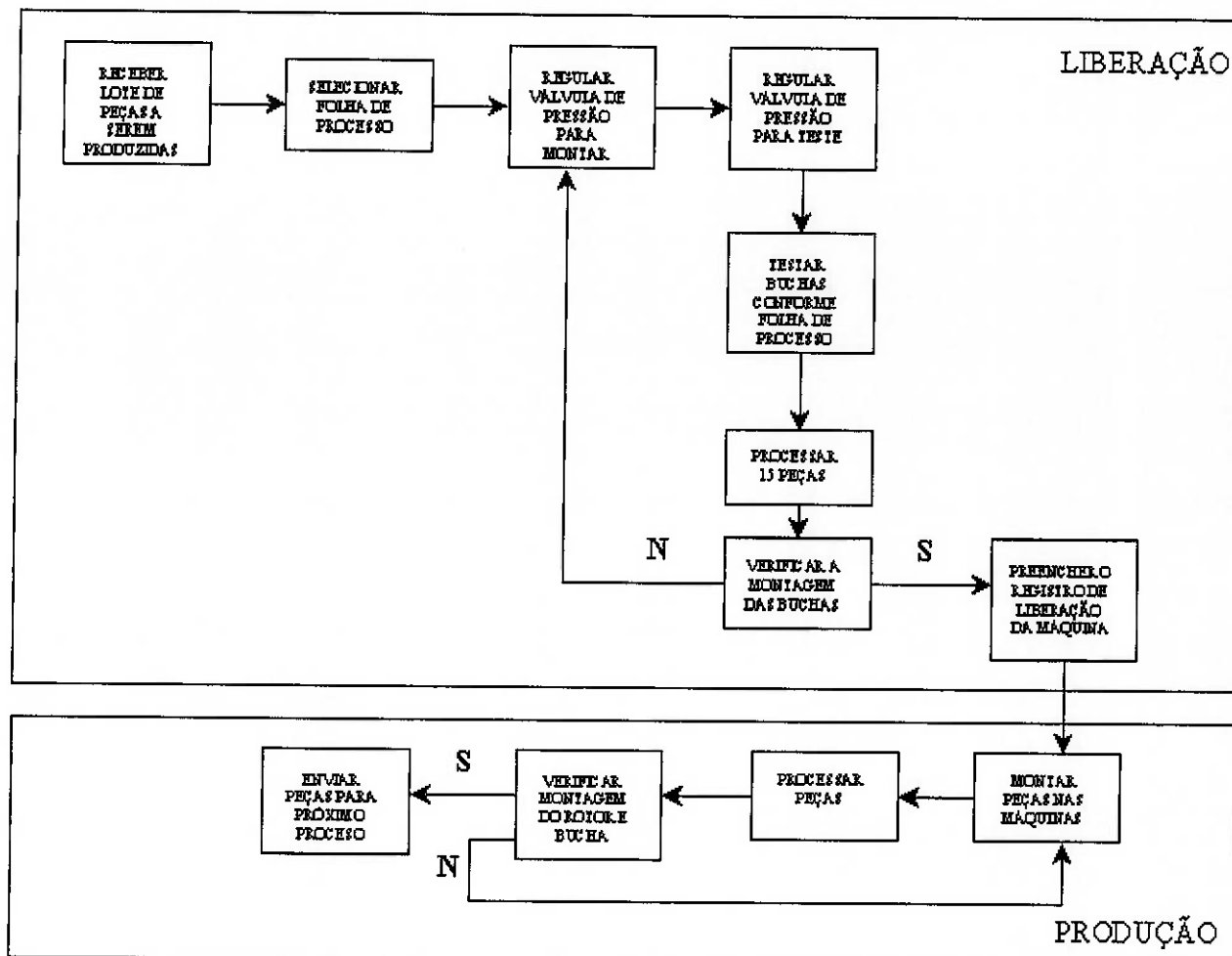


Figura 68 – Fluxo de Trabalho do dispositivo pneumático de montagem

A liberação da máquina somente é realizada apenas se todas as peças testadas estiverem de acordo com as especificações.

A fase de liberação apenas deve ser executada quando houverem as seguintes ocorrências:

- Primeira corrida da peça;

- Troca de turno;
- Manutenção

9.6.2 Fluxo de Trabalho da Retífica Dupla Face

A figura 69 mostra o Fluxo de Trabalho da retífica dupla face:

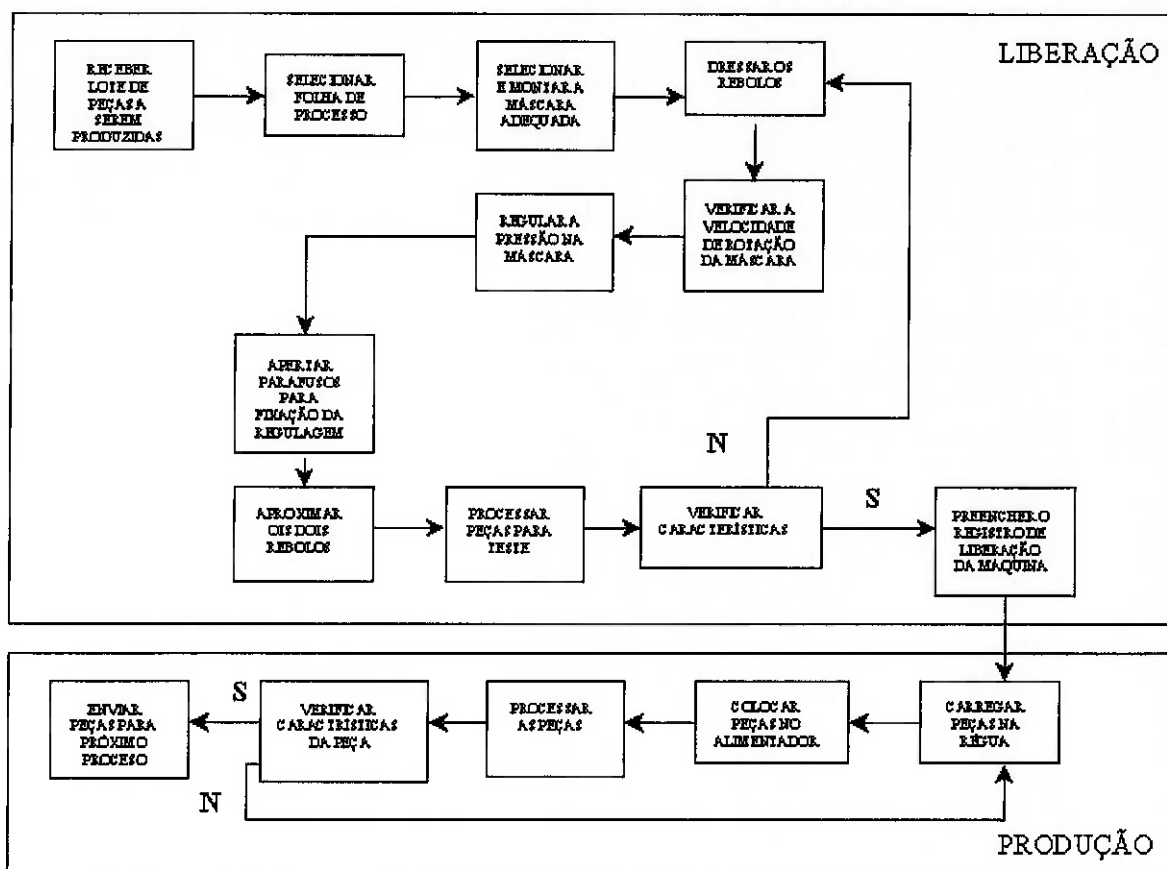


Figura 69 - Fluxo de Trabalho da Retífica Dupla Face

Novamente, a liberação da máquina somente é realizada apenas se todas as peças testadas estiverem de acordo com as especificações.

A fase de liberação apenas deve ser executada quando houverem as seguintes ocorrências:

- Primeira corrida da peça;
- Troca de turno;
- Troca de rebolo;
- Troca da máscara;
- Manutenção.

9.6.3 Fluxo de Trabalho da Brunidora

A figura 70 mostra o Fluxo de Trabalho da brunidora:

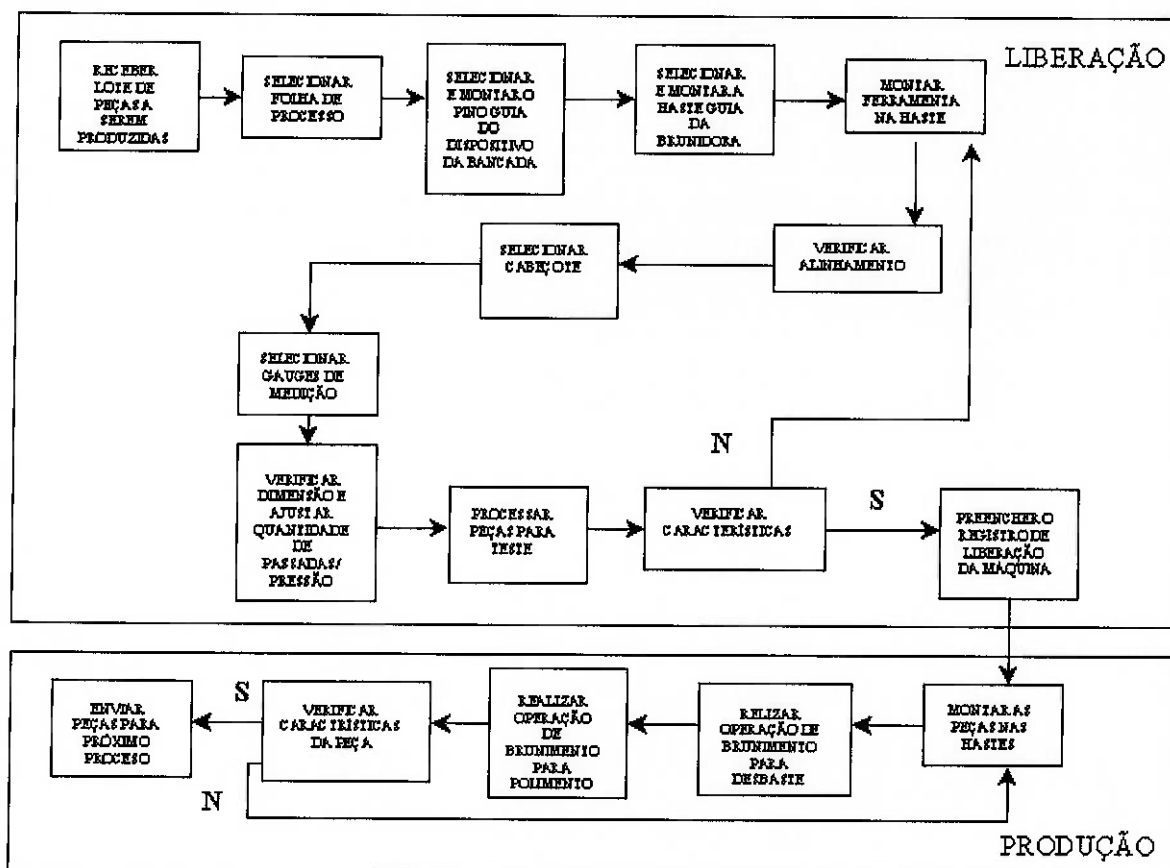


Figura 70 - Fluxo de Trabalho da Brunidora

No Fluxo de Trabalho acima, a operação de brunimento para polimento da peça é efetuada apenas no rotor (a placa lisa apenas passa pela operação de desbaste)

A liberação da máquina somente é realizada apenas se todas as peças testadas estiverem de acordo com as especificações.

A fase de liberação apenas deve ser executada quando houverem as seguintes ocorrências:

- Primeira corrida da peça;
- Troca de haste;
- Manutenção.

9.6.4 Fluxo de Trabalho da Retífica

A figura 71 mostra o Fluxo de Trabalho da Retífica:

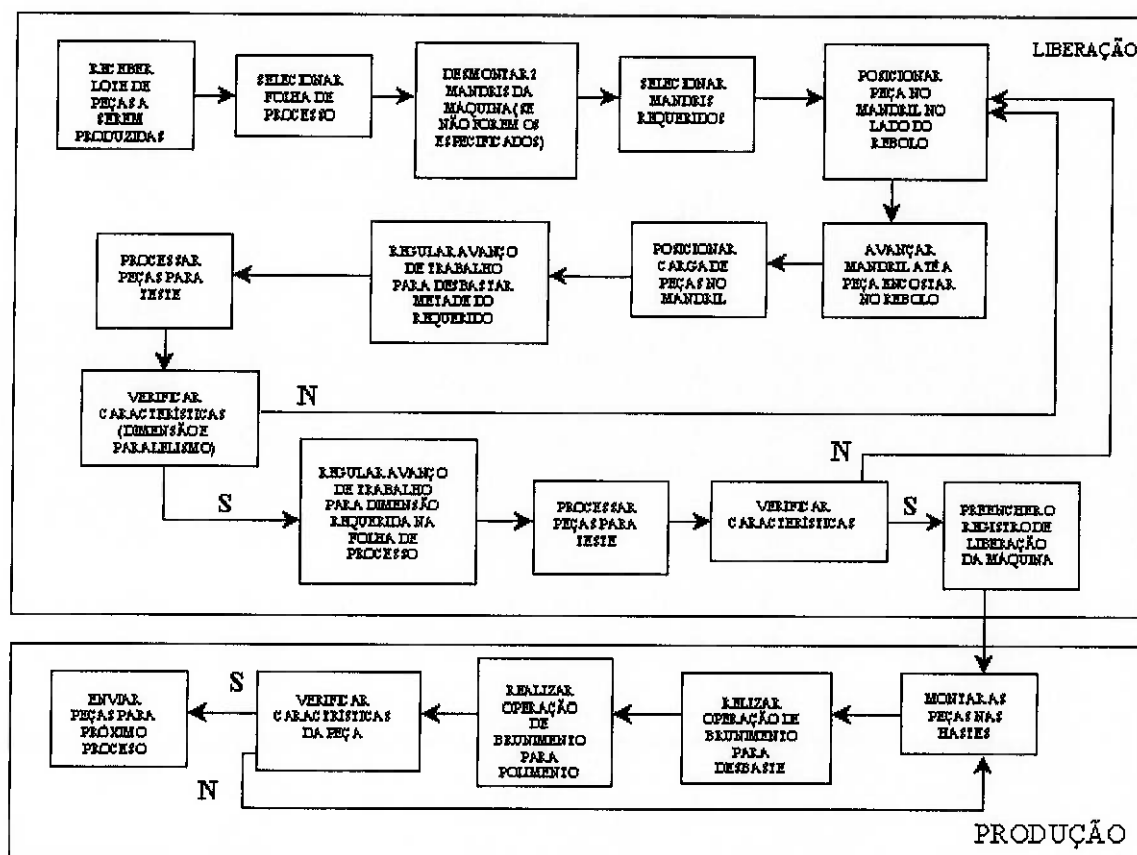


Figura 71 - Fluxo de Trabalho da Retífica

Novamente, a liberação da máquina somente é realizada apenas se todas as peças testadas estiverem de acordo com as especificações.

A fase de liberação apenas deve ser executada quando houverem as seguintes ocorrências:

- Primeira corrida da peça;
- Substituição do mandril
- Substituição do rebolo;
- Manutenção.

9.6.5 Fluxo de Trabalho da Lapidadora Dupla Face 38"

A figura 72 mostra o Fluxo de Trabalho da lapidadora dupla face 38":

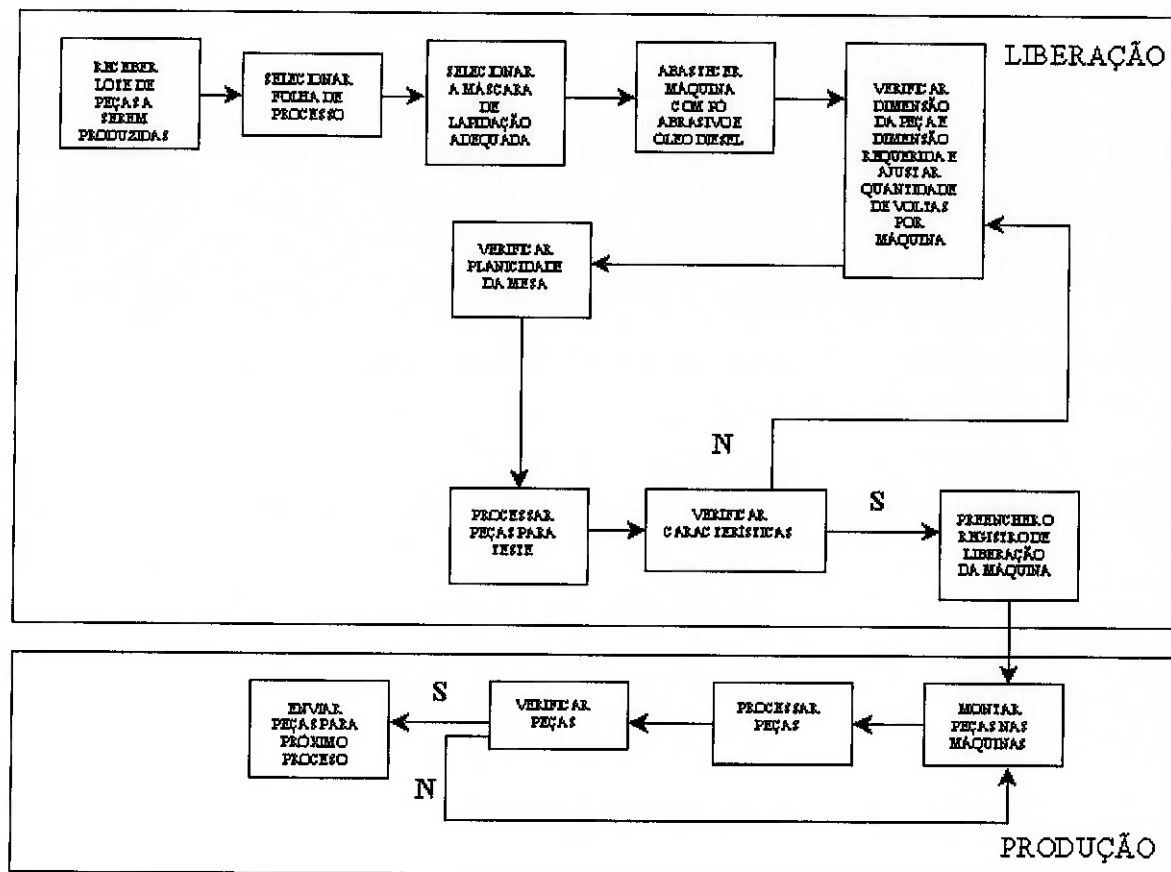


Figura 72 - Fluxo de Trabalho da Lapidadora Dupla Face 38"

A máquina somente deverá ser liberada para trabalhar continuamente se todas as características medidas forem aprovadas em toda a amostra colhida.

A fase de liberação apenas deve ser executada quando houverem as seguintes ocorrências:

- Primeira corrida da peça;
- Manutenção para troca dos discos de lapidação.

9.6.6 Fluxo de Trabalho dos Tambores de Rotação

A figura 74 mostra o Fluxo de Trabalho dos tambores de rotação

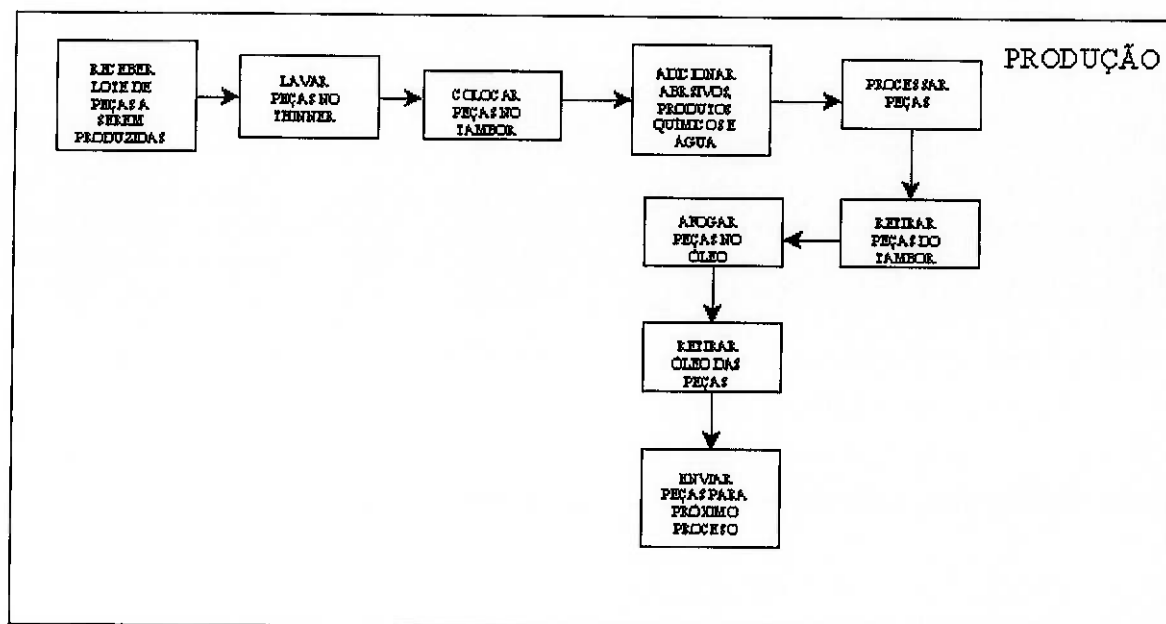


Figura 73 - Fluxo de Trabalho dos Tambores de Rotação

Como pode ser visto no Fluxo de Trabalho acima, não existe fase de liberação para este processo.

As diferenças entre os processos de desbaste e acabamento através destes tambores são os tipos de abrasivos e produtos químicos utilizados além do tempo de processamento.

9.6.7 Fluxo de Trabalho da Retífica-Blanchard

A figura 74 mostra o Fluxo de Trabalho da retífica – blanchard:

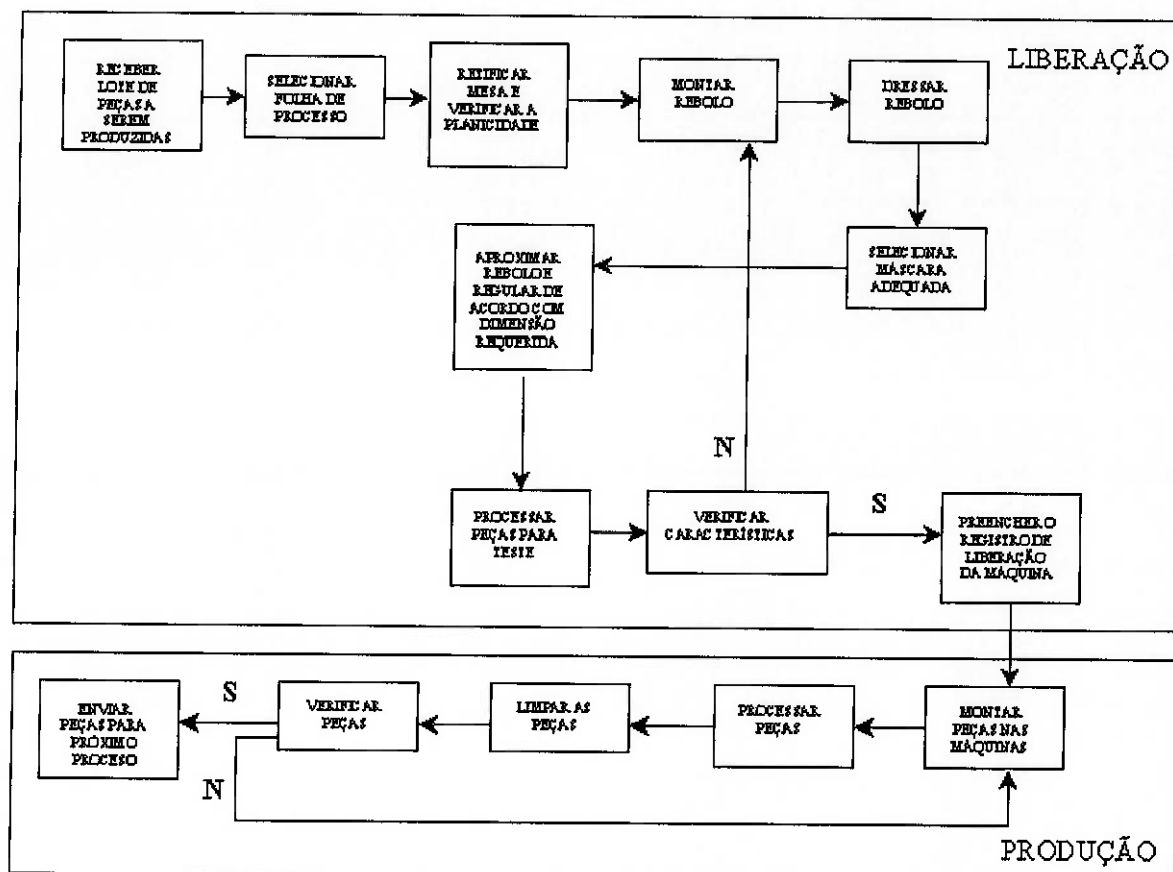


Figura 74 - Fluxo de Trabalho da retífica blanchard

A máquina somente deverá ser liberada para trabalhar continuamente se todas as características medidas forem aprovadas em toda a amostra colhida.

A fase de liberação apenas deve ser executada quando houverem as seguintes ocorrências:

- Primeira corrida da peça;
- Troca/dressagem de rebolo;
- Troca da mesa;

9.6.8 Fluxo de Trabalho da Lapidadora 15"

A figura 75 mostra o Fluxo de Trabalho da lapidadora 15":

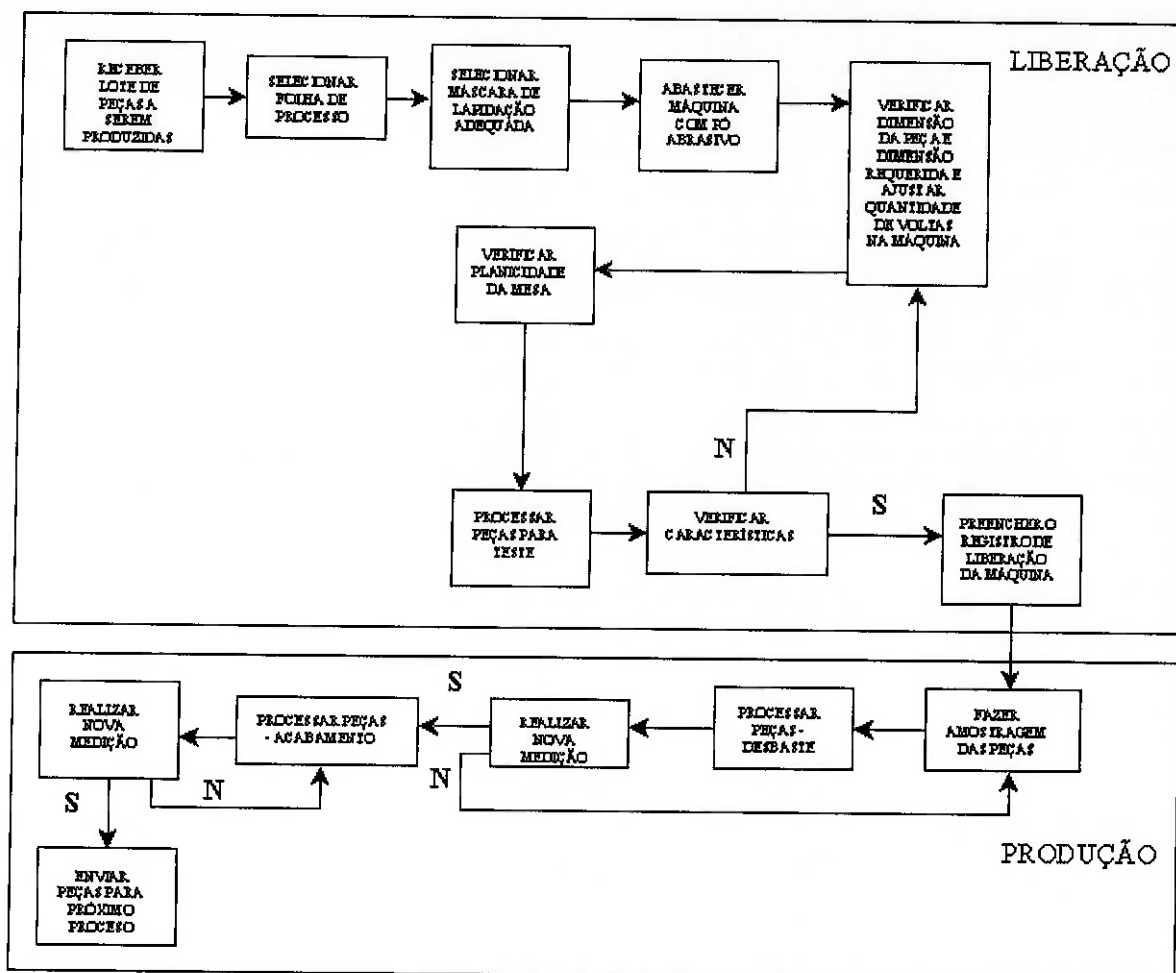


Figura 75 - Fluxo de Trabalho da Lapidadora 15"

Novamente, a máquina somente deverá ser liberada para trabalhar continuamente se todas as características medidas forem aprovadas em toda a amostra colhida.

A fase de liberação apenas deve ser executada quando houverem as seguintes ocorrências:

- Primeira corrida da peça;
- Manutenção para trocas dos discos de lapidação;

9.6.9 Fluxo de Trabalho da Lapidadora Automática 36"

A figura 76 mostra o Fluxo de Trabalho da lapidadora automática 36":

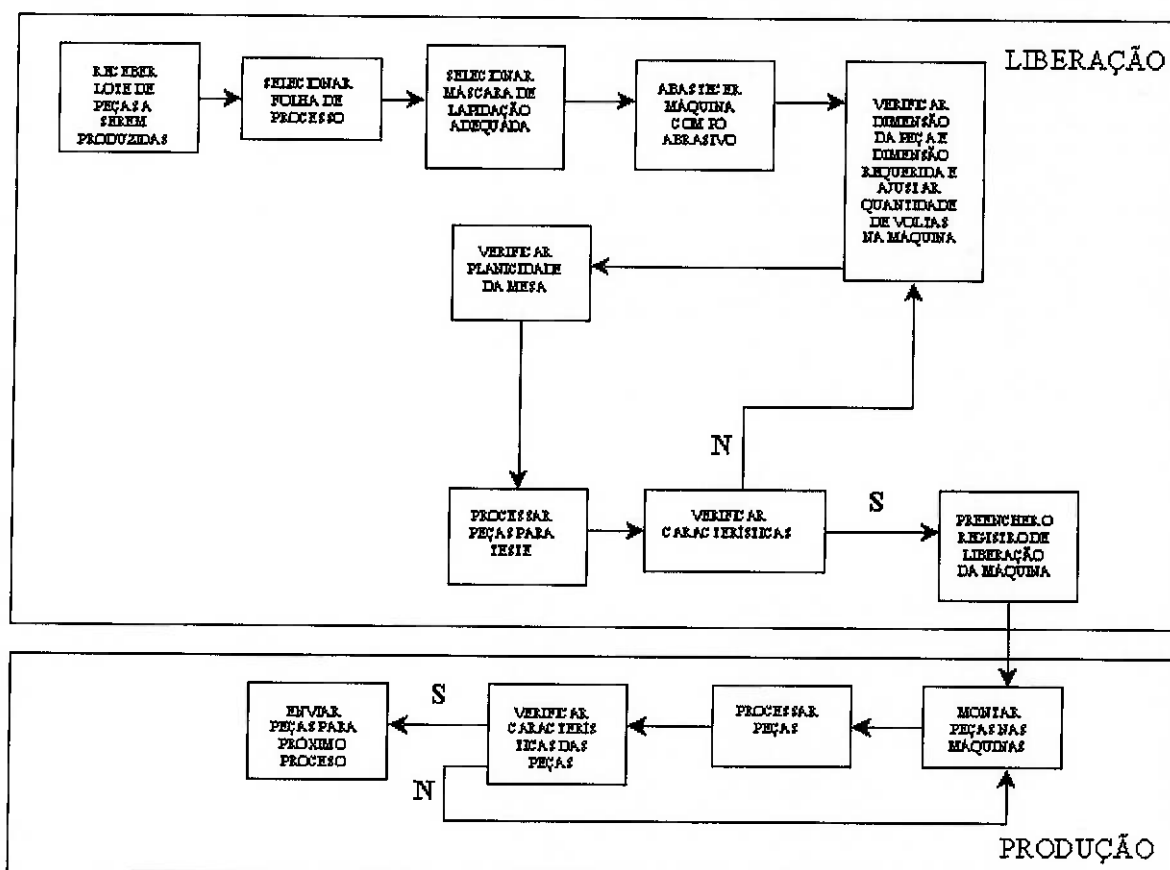


Figura 76 – Fluxo de Trabalho da Lapidadora Automática 36"

Mais uma vez, a máquina somente deverá ser liberada para trabalhar continuamente se todas as características medidas forem aprovadas em toda a amostra colhida.

A fase de liberação apenas deve ser executada quando houverem as seguintes ocorrências:

- Primeira corrida da peça;
- Manutenção para trocas dos discos de lapidação;

9.6.10 Fluxo de Trabalho da Jateadora

A figura 77 mostra o Fluxo de Trabalho da jateadora:

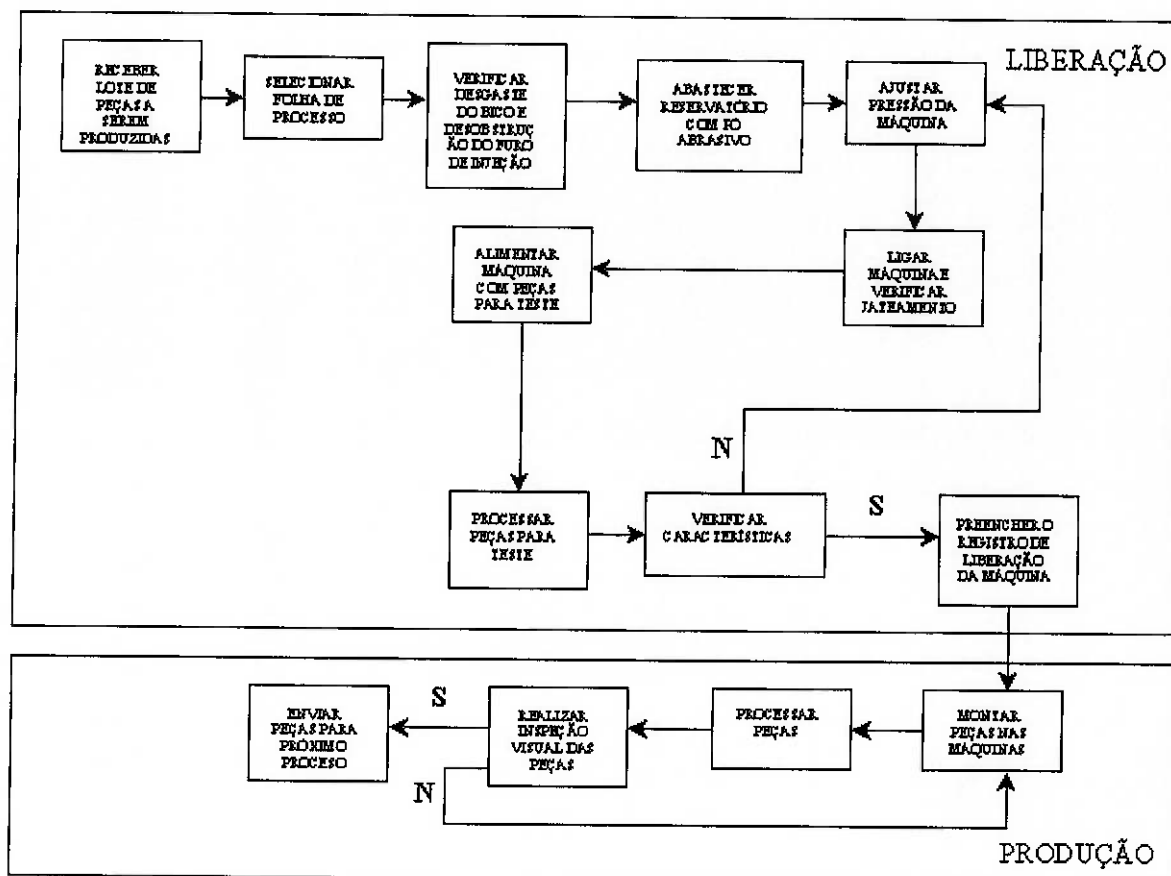


Figura 77 - Fluxo de Trabalho da Jateadora

Novamente, a máquina somente deverá ser liberada para trabalhar continuamente se todas as características medidas forem aprovadas em toda a amostra colhida.

A fase de liberação apenas deve ser executada quando houverem as seguintes ocorrências:

- Primeira corrida da peça;
- Troca do bico do jato;
- Início do turno.

9.6.11 Fluxo de Trabalho da Máquina de Limpeza por Ultra-som

A figura 78 mostra o Fluxo de Trabalho da máquina de limpeza por ultra-som:

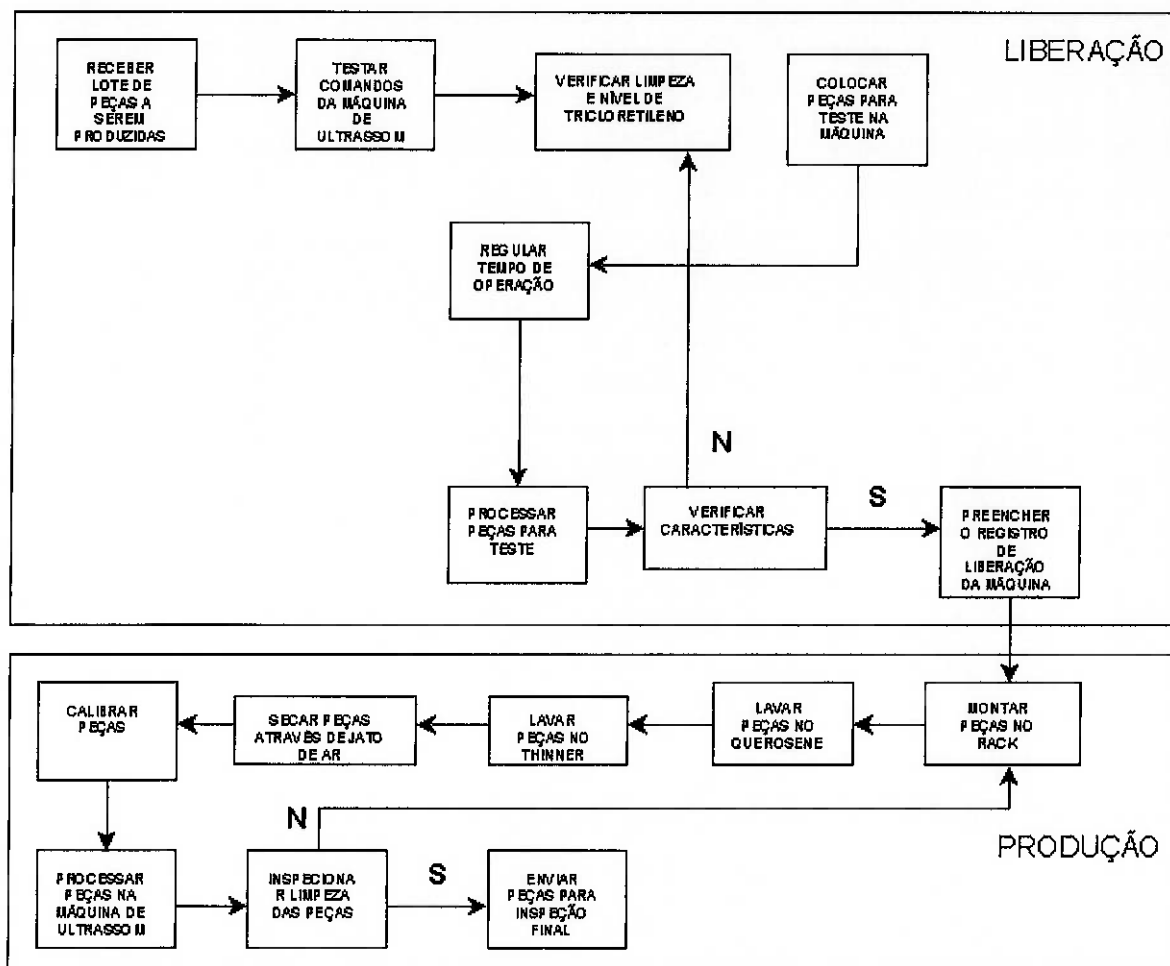


Figura 78 - Fluxo de Trabalho da Máquina de Limpeza por Ultra-som

O processo de calibração das peças no Fluxo de Trabalho acima está presente apenas no processo de fabricação do rotor e da placa de saída.

Novamente, a máquina somente deverá ser liberada para trabalhar continuamente se todas as características medidas forem aprovadas em toda a amostra colhida.

A fase de liberação apenas deve ser executada quando houverem as seguintes ocorrências:

- Substituição do tricloretileno;
- Substituição de filtro;
- Material anteriormente lavado for niquelado.

9.7 Mapeamento de Erros do Processo de Fabricação

Através da análise detalhada dos Sistemógrafos e Fluxos de Trabalho apresentados anteriormente, foram mapeados os possíveis erros para as peças da família de lapidação com relação as máquinas usadas, figura 79 :

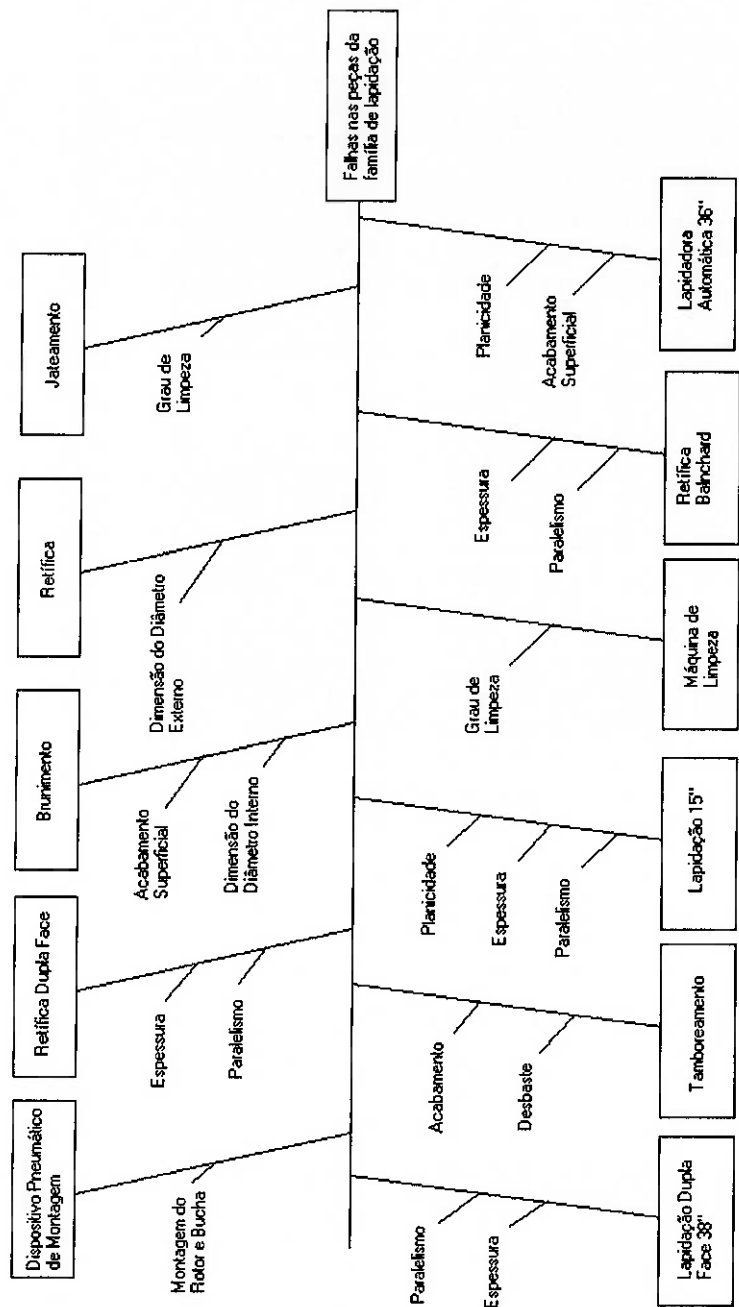


Figura 79 – Espinha de Peixe do Processo de Lapidação

Para o rotor temos que:

- Os erros de montagem do rotor e bucha no dispositivo pneumático de montagem estão associados à pressão de teste e pressão de montagem;
- Os erros de espessura e paralelismo no processo da retifica dupla face estão associados à preparação correta da máquina, à velocidade do alimentador, à velocidade do rebolo e ao revestimento abrasivo do rebolo;
- Os erros de dimensão do diâmetro interno e acabamento superficial no processo de brunimento ocorrem devido às características da pedra de brunimento;
- Os erros de dimensão do diâmetro externo no processo de retificação estão associados ao revestimento abrasivo do rebolo, aos erros de posição e paralelismo deste rebolo e à velocidade do rebolo;
- Os erros de paralelismo e espessura no processo de lapidação dupla face 38" são devidos ao número de voltas e à planicidade dos pratos de lapidação;
- Os erros na operação de desbaste no processo de tamboreamento estão associados ao tempo de operação enquanto que os erros de acabamento neste mesmo processador estão associados à quantidade média de abrasivo;
- Os erros de espessura, planicidade e paralelismo no processo de lapidação 15" ocorrem devido ao número de voltas e à planicidade dos pratos de lapidação;
- Os erros de limpeza da peça na máquina de limpeza por ultra-som ocorrem devido à temperatura e limpeza do solvente;

Para o excêntrico temos que:

- Os erros de espessura e paralelismo no processo da retífica dupla face estão associados à preparação correta da máquina, à velocidade do alimentador, velocidade do rebolo e ao revestimento abrasivo do rebolo;
- Os erros de paralelismo e espessura no processo de lapidação dupla face 38" são devidos ao número de voltas e à planicidade dos pratos de lapidação;
- Os erros na operação de desbaste no processo de tamboreamento estão associados ao tempo de operação enquanto que os erros de acabamento neste mesmo processador estão associados à quantidade média de abrasivo;
- Os erros de espessura, planicidade e paralelismo no processo de lapidação 15" ocorrem devido ao número de voltas e à planicidade dos pratos de lapidação;
- Os erros de limpeza da peça na máquina de limpeza por ultra-som ocorrem devido à temperatura e limpeza do solvente;

Para a placa lisa temos que:

- Os erros de dimensão do diâmetro interno no processo de brunimento ocorrem devido às características da pedra de brunimento;
- Os erros de nível de limpeza da superfície da peça no processo de jateamento estão associados à pressão do jato;
- Os erros de espessura e paralelismo no processo de retificação - blanchard estão associados à preparação correta da máquina, à velocidade do alimentador, à velocidade do rebolo e ao revestimento abrasivo do rebolo;

-
- Os erros na operação de desbaste no processo de tamboreamento estão associados ao tempo de operação enquanto que os erros de acabamento neste mesmo processador estão associados à quantidade média de abrasivo;
 - Os erros de planicidade e acabamento superficial no processo de lapidação automática 36" são devidos à planicidade dos pratos de lapidação;
 - Os erros de limpeza da peça na máquina de limpeza por ultra-som ocorrem devido à temperatura e limpeza do solvente;

Para a placa de saída temos que:

- Os erros de espessura e paralelismo no processo de retificação - blanchard estão associados à preparação correta da máquina, à velocidade do alimentador, velocidade do rebolo e ao revestimento abrasivo do rebolo;
- Os erros na operação de desbaste no processo de tamboreamento estão associados ao tempo de operação enquanto que os erros de acabamento neste mesmo processador estão associados à quantidade média de abrasivo;
- Os erros de planicidade e acabamento superficial no proceso de lapidação automática 36" são devidos à planicidade dos pratos de lapidação;
- Os erros de limpeza da peça na máquina de limpeza por ultra-som ocorrem devido à temperatura e limpeza do solvente;

9.8 Otimização do arranjo físico (layout)

9.8.1 Situação Atual

Nos dois últimos anos, a empresa em questão passou por um processo de reestruturação onde a linha de produtos se diversificou, além de que os produtos de maior demanda acabaram tornando-se outros. Estes produtos de maior demanda, responsáveis por cerca de 80% do faturamento, são os produtos da família de lapidação, cujos processos de fabricação já foram estudados anteriormente (placa lisa, placa de saída, excêntrico e rotor).

Apesar disto, esta mudança ocorrida na empresa não foi acompanhada pela atualização do arranjo físico da mesma.

Na figura 79 pode-se observar o arranjo físico atual da fábrica. Baseado nos diagramas de fluxo do processo e nos sistemógrafos relativos aos diversos produtos, conclui-se que existe uma distância extremamente desnecessária entre as máquinas responsáveis por operações consecutivas, resultando em rotas de produtos dentro da fábrica desnecessárias. Com isso, os custos envolvidos na fabricação das peças da família de exportação acabam se tornando bem elevados devido ao tempo de transporte de material entre as máquinas, acúmulo de estoques, maior possibilidade de contaminação das peças, maior quantidade de refugo no processo, etc... , além dos custos envolvidos com a organização e controle do processo.



Figura 80 – Arranjo Físico atual da fábrica

9.8.2 Situação desejada

Os diagramas de fluxo de processo e os respectivos sistemógrafos, que serão utilizados na otimização do arranjo físico, já foram discutido previamente neste trabalho. Para uma análise mais profunda deste problema, obteve-se o diagrama cruzado do processo em questão, que pode ser visto na figura 80:



Figura 81 – Diagrama cruzado dos processadores da família de lapidação

Com base nestas 3 ferramentas citadas anteriormente, com destaque principal aos sistemógrafos obtidos, conseguiu-se chegar às seguintes conclusões sobre o arranjo físico desejado:

- O tipo de fluxo padrão mais indicado é o fluxo horizontal (tem-se apenas o nível do chão de fábrica) em forma circular, devido à sua fácil administração e também devido à existência de uma única área de recebimento de material (vários tipos de blanks) e de saída de produtos. Assim, o fluxo deve terminar praticamente no mesmo lugar onde começou, e o espaço físico disponível para os equipamentos deve ser apropriado para este tipo de fluxo.
- O processo é em lotes ou bateladas, pois é produzida uma quantidade relativamente grande de produtos com poucas variedades, não chegando a se caracterizar o processo de produção em massa;

- O tipo de arranjo físico adequado é o arranjo físico celular, onde dentro de cada célula temos os equipamentos organizados em linha. Assim, podemos ter o processamento de fabricação de várias peças diferentes da família de lapidação em uma determinada célula (com um correto planejamento do chão de fábrica), o que acaba por aumentar a utilização de equipamento, aumentar o trabalho em grupo (o que aumenta a produtividade) e de minimizar as distâncias no transporte dos materiais.

A figura 81 indica o tipo de Arranjo físico proposto, baseado nos resultados obtidos anteriormente. A única restrição existente foi a impossibilidade de rearranjo dos tambores de rotação pois o sistema de canalização se encontra fixo na estrutura da fábrica.

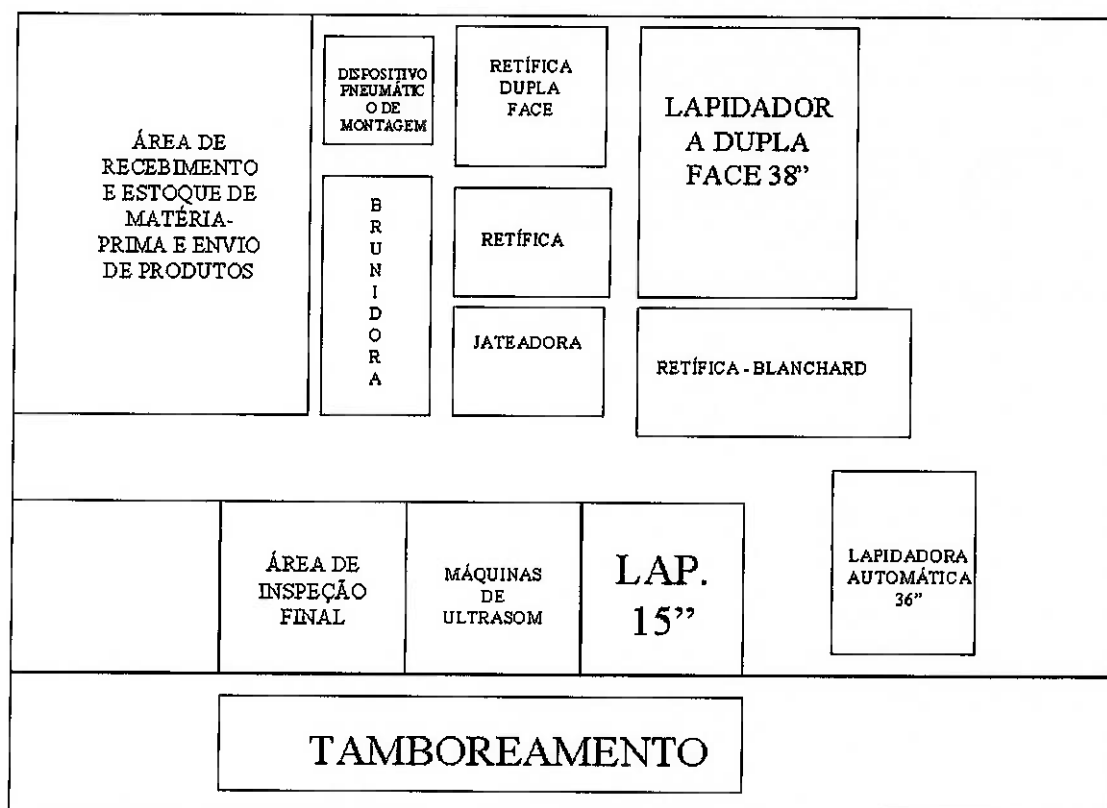


Figura 82 – Arranjo físico desejado da fábrica

Como pode ser visto na figura acima, a maior distância percorrida com este arranjo físico é no transporte de rotor e excêntrico das lapidadoras dupla face 38" para os tambores de rotação

9.9 Dados sobre o processo de fabricação e capacidade da fábrica

As peças da família de lapidação já estudadas são fabricadas em lotes. Os lotes são divididos em caixas, e cada caixa contém um número determinado de peças. Assim, temos que:

- Rotor: lotes de 9 caixas de 1200 peças cada;
- Excêntrico: lotes de 15 caixas de 700 peças cada;
- Placa lisa: lotes de 18 caixas de 600 peças cada;
- Placa de saída: lotes de 18 caixas de 600 peças cada.

Para a produção destas peças, a fábrica dispõe dos processadores citados anteriormente, cada um com uma determinada capacidade. Assim, coletou-se os seguintes dados:

- Brunimento (3 máquinas)

	Placa Lisa	Rotor
Tempo Ciclo	1 caixa/hora	1 caixa/2,5 horas
Preparação	15 minutos	15 minutos
Retrabalho	~0%	~0%
Refugo	~0,5%	~0,5%
Núm. De Pessoas	2	3

Tabela 7 – Capacidade do Brunimento

- Dispositivo Pneumático de Montagem (1 máquina)

	Rotor
Tempo Ciclo	2 caixas/ hora
Preparação	10 minutos
Retrabalho	~1%
Refugo	~0%
Núm. De Pessoas	1

Tabela 8 – Capacidade do Dispositivo Pneumático de Montagem

- Retífica Dupla Face (1 máquina)

	Rotor	Excêntrico
Tempo Ciclo	1caixa/1,5 horas	1 caixa/hora
Preparação	50 minutos	50 minutos
Retrabalho	~0%	~0%
Refugo	~0%	~0%
Núm de Pessoas	1	1

Tabela 9 – Capacidade da Retífica Dupla Face

- Retífica (2 máquinas)

	Rotor
Tempo Ciclo	1caixa/2 horas
Preparação	10 minutos
Retrabalho	~0%
Refugo	~0%
Núm de Pessoas	1

Tabela 10 – Capacidade da Retífica

- Retífica – Blanchard (2 máquinas)

	Placa Lisa	Placa de Saída
Tempo Ciclo	2caixas/ hora	2caixas/ hora
Preparação	10 minutos	10 minutos
Retrabalho	~0%	~0%
Refugo	~0%	~0%
Núm de Pessoas	2	2

Tabela 11 – Capacidade da Retífica – Blanchard

- Lapidadora Dupla Face 38" (5 máquinas)

	Rotor	Excêntrico
Tempo Ciclo	1caixa/1,5 horas	1 caixa/hora
Preparação	10 minutos	10 minutos
Retrabalho	~2%	~2%
Refugo	~0%	~0%
Núm de Pessoas	1	1

Tabela 12 – Capacidade da Lapidadora Dupla Face 38"

- Lapidadora 15" (2 bancadas, cada uma com 3 máquinas para desbaste e 1 para acabamento, além de 2 mesários)

	Rotor	Excêntrico
Tempo Ciclo	1caixa/70 minutos	1caixa/40 minutos
Tempo Ciclo (Amostragem 100%)	1caixa/ 7 horas	1 caixa/ 4horas
Preparação	15 minutos	15 minutos
Retrabalho	~1%	~1%
Refugo	~3%	~3%
Núm de Pessoas	7	7

Tabela 13 – Capacidade da Lapidadora 15"

Na tabela acima, a amostragem de 100% é feita em média em apenas 1% das caixas a serem processadas.

- Lapidadora Automática 36" (3 máquinas)

	Placa Lisa	Placa de Saída
Tempo Ciclo	1 caixa / 40 minutos	1 caixa/ 40 minutos
Preparação	10 minutos	10 minutos
Retrabalho	~0%	~0%
Refugo	~0%	~0%
Núm de Pessoas	4	4

Tabela 14 – Capacidade da Lapidadora Automática 36"

- Jateadora (1 máquina)

	Placa Lisa
Tempo Ciclo	1 caixa / 15 minutos
Preparação	10 minutos
Retrabalho	~0%
Refugo	~0%
Núm de Pessoas	1

Tabela 15 – Capacidade da Jateadora

- Tambores de Rotação (10 máquinas)

	Placa Lisa	Placa de Saída	Rotor	Excêntrico
Tempo Ciclo	18 caixas/ 16 horas	18 caixas/ 16 horas	9 caixas/ 16 horas	15 caixas/ 16 horas
Preparação	35 minutos	35 minutos	35 minutos	35 minutos
Retrabalho	~0%	~0%	~0%	~0%
Refugo	~0%	~0%	~0%	~0%
Núm de Pessoas	2	2	2	2

Tabela 16 – Capacidade dos Tambores de Rotação

- Máquina de Limpeza por Ultra-som (3 máquinas)

	Placa Lisa	Placa de Saída	Rotor	Excêntrico
Tempo Ciclo	1 caixa/ 1,5 horas	1 caixa/ hora	1 caixa/ hora	1 caixa/ 1,5 horas
Preparação	10 minutos	10 minutos	10 minutos	10 minutos
Retrabalho	~0%	~0%	~0%	~0%
Refugo	~0,5%	~0%	~0%	~0,5%
Núm de Pessoas	3	3	3	3

Tabela 17 – Capacidade da Máquina de Limpeza por Ultra-som

- Inspeção Final

	Placa Lisa	Placa de Saída	Rotor	Excêntrico
Tempo Ciclo	1 caixa/ hora	1 caixa/ hora	1 caixa/ hora	1 caixa/ hora
Preparação	Não há	Não há	Não há	Não há
Retrabalho	~0%	~0%	~0%	~0%
Refugo	~0,5%	~0%	~0%	~0,5%
Núm de Pessoas	6	6	6	6

Tabela 18 – Capacidade do Processo de Inspeção Final

Os tempos acima considerados são os tempos totais desde o início do processamento até o envio do lote de peças para o próximo processador. Além disso, o trabalho é feito em 2 turnos de 8 horas, com a possibilidade da existência de um terceiro turno de acordo com a demanda existente.

9.10 Mapeamento dos processos de Gerenciamento de Demanda e Estoques

O contrato de fornecimento que esta fábrica possui junto ao seu cliente envolve o fornecimento das quatro peças estudadas: rotor, placa lisa, excêntrico e placa de saída. Este contrato estabelece que a empresa deve fornecer cerca de 2 milhões de peças no período de um ano, sendo renovável ao final de cada período. O número de 2 milhões representa a soma do fornecimento das quatro peças; entretanto, o contrato dá especial atenção a placa lisa e placa de saída, uma vez que o rotor é fornecido por outro fornecedor e o papel da empresa é suprir uma eventual deficiência no fornecimento do mesmo.

Além disso, o contrato rege que os destinos desta peça podem ser três: Austrália, China e Estados Unidos, sendo este último o país que recebe maior volume com maior frequência, pois os outros são pedidos esporádicos, exigindo-se pelo menos 6 semanas de antecedência.

Um outro ponto que o contrato aborda é a existência de um armazém de estocagem em território americano, como forma do cliente ter um estoque de segurança. Este estoque funciona por processo de Kanban entre o armazém e a fábrica, sendo o número mínimo de peças de placa lisa e placa de saída é de 20000 unidades cada.

Como forma de se proteger, existe uma cláusula imposta pelo cliente que caso haja um não fornecimento de peças, a empresa será responsável pelo pagamento de suas horas paradas.

Atualmente, os envios de peças são feitos a cada duas semanas e demoram duas semanas para chegarem ao armazém.

Com relação ao fornecedor o tempo de entrega é de quatro semanas. Isto tudo porque existe uma tarifa mínima de transporte por menor que seja seu peso e volume, tornando necessário um acúmulo de peças para envio.

Nota-se uma diminuição da demanda ao longo de dois anos, devendo-se ao fato de que a bomba de combustível formada das peças em questão estar em sua fase de declínio de seu ciclo de vida. Assim, espera-se quedas progressivas até uma estabilização, quando a cliente, com relação a esta bomba, atuar somente no mercado de reposição.

9.11 PROJETO DE SOFTWARE

Baseado no paradigma do ciclo de vida clássico (capítulo 8) e no Fluxo de Trabalho abaixo, foram gerados os seguintes documentos para o desenvolvimento do software de controle de estoques, controle do chão de fábrica e controle de pedidos da empresa em questão:

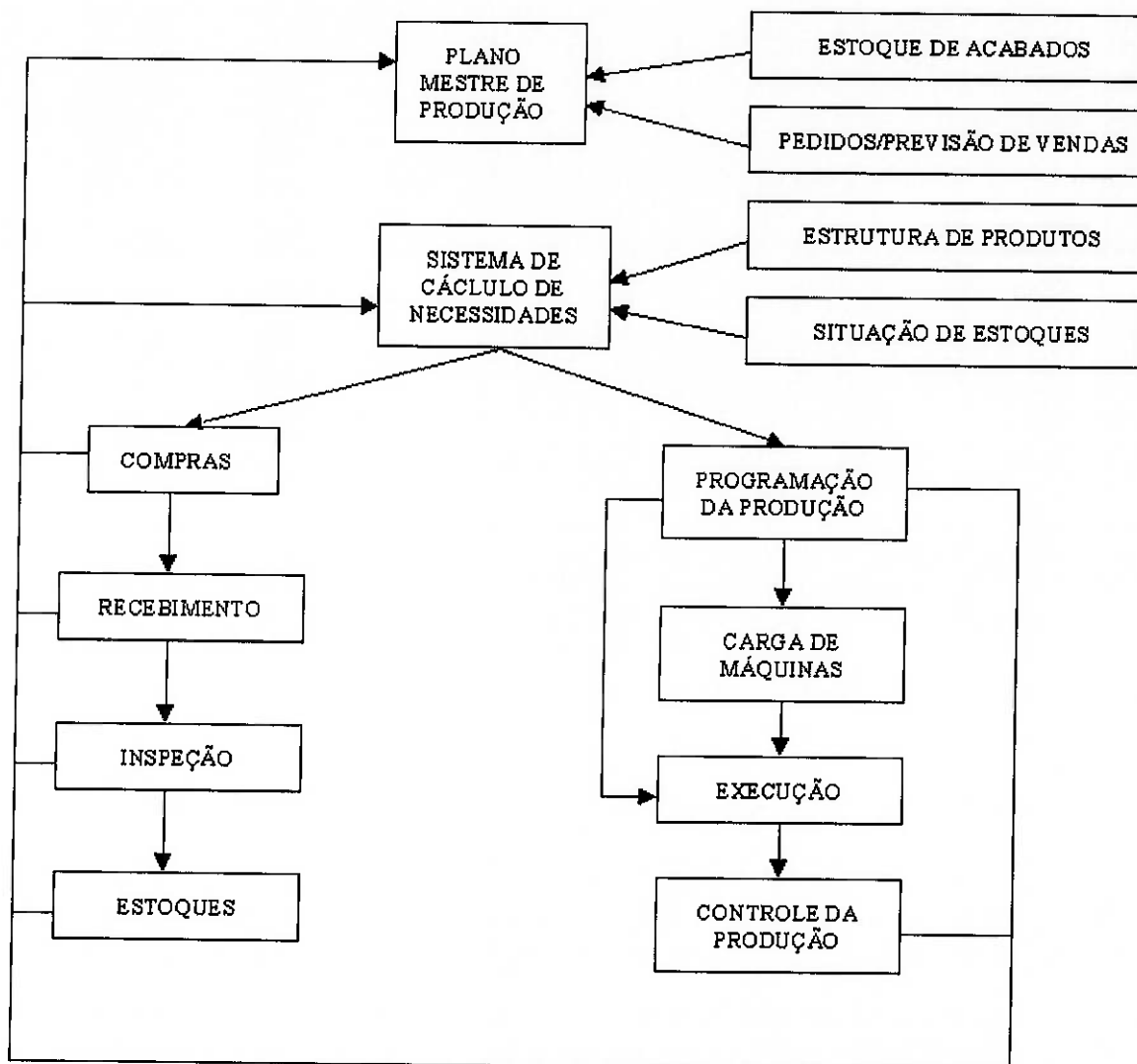


Figura 83 – Fluxo de Trabalho para projeto do Software

9.11.1 Proposta de Projeto

Nas indústrias hoje em dia, o fluxo de matérias primas tem ocorrido com rapidez cada vez maior, necessitando de um sistema eficiente de pedidos de peças e controle do chão de fábrica e estoques.

O projeto de software consiste na informatização de um sistema de gerenciamento de matéria prima e estoques e controle da produção da indústria em questão., visando agilizar o processamento e facilitar o acompanhamento do recebimento de matéria prima e controle da produção tanto pelo departamento de gerenciamento de materiais quanto pelo departamento responsável pelo planejamento e controle da produção (PCP).

Para gerenciar a matéria prima em estoque e em processamento e o estoque de produtos acabados, cada peça da família de lapidação será identificada por um código e uma descrição, além de um status indicando se ela está em estoque, em processamento ou como produto acabado . Dessa maneira, os pedidos de compra serão feitos especificando cada matéria prima e a quantia desejada, sempre levando em conta a quantidade de matéria prima em estoques e as previsões de demanda.

O gerenciamento da produção e do chão de fábrica responsável por decidir o que e quando produzir será feito de acordo com previsões de demanda e controle de estoques, seguindo uma determinada ordem de atendimento que será feita de acordo com os prazos de entrega. Além disso, para cada lote de peças produzidas será feita a aquisição dos dados do chão de fábrica, para uma futura análise em caso de defeito das peças.

Adicionalmente, será construída uma interface diferenciada para consultas internas do departamento de compras e PCP, para poder verificar a situação de estoques e produtos acabados com bastante rapidez.

O programa será construído com interface em Visual Basic, e utilizará um banco de dados Access com tabelas relacionadas de forma a guardar informações acerca dos pedidos, do estoque, da demanda de peças, funcionários responsáveis, dados sobre o chão de fábrica, senhas e códigos.

9.11.2 Especificação Funcional

9.11.2.1 Escopo

Este documento tem como escopo apresentar as especificações de requisitos para o projeto do sistema de automação de pedidos de matéria prima, estoques e controle do chão de fábrica para a empresa em questão, registrando as características que o projeto terá e todas as suas funções.

9.11.2.2 Descrição Geral

9.11.2.2.1 Objetivos

O objetivo do projeto é automatizar um sistema de pedidos de matéria prima, estoques e controle do chão de fábrica da empresa em questão, facilitando o seu acompanhamento pelos departamentos de compras, gerência e PCP da empresa. Isto será feito baseado em previsões de demanda e no controle de estoques.

9.11.2.2.2 Perspectiva Histórica

Atualmente, a empresa não possui um sistema automatizado de controle da produção (estoques, matéria prima, etc..), fazendo com que este trabalho seja feito manualmente. Além disso, a empresa prevê a demanda das peças da família de lapidação baseada em métodos puramente qualitativos e elabora

sua programação e sequenciamento da mesma forma, estando sujeita a erros grosseiros que podem gerar desperdícios significativos.

Um outro fato agravante neste cenário é a lentidão deste processo associado a um acesso a informação ineficiente, dificultando as tomadas de decisões e a integração de todos os departamentos da empresa.

9.11.2.2.3 Perspectiva de Usuários, Produtos e Funções

Basicamente, o sistema será utilizado por quatro tipos de usuários: alta gerência, gerente do sistema e supervisores das áreas de PCP e compras.

Os usuários de compras terão acesso ao sistema através da função de registro de pedidos de matéria prima, sendo eles responsáveis pelo prazo de recebimento e o código do pedido, tudo isto baseado no número de peças a serem recebidas e a semana de referência (tempo máximo para o recebimento da matéria prima). Além disso, estas informações serão consultadas pelo tipo do produto ou pelo número do pedido.

Já o usuário de PCP terá acesso ao sistema através das funções de previsão de demanda, controle e atualização de registros de estoques, programação e controle dos dados de processo. Os dados a do processo de cada tipo de peça a serem controlados foram extraídos da análise feita no item 9.7 deste trabalho, e podem ser vistas no próximo item do trabalho.

O usuário de alta gerência poderá consultar todo o processo anterior, tendo funções meramente gerenciais, ou seja, elaboração de relatórios e acompanhamento de ordens de pedidos, estoques e demanda (através do tipo do produto). O último usuário será o usuário de gerenciamento de sistemas,

que será o responsável pelo controle de acesso e senhas dos usuários do sistema.

9.11.2.2.4 Perspectiva de Sistemas

O sistema irá acessar o sistema Access de banco de dados, pois todas as informações de demanda, pedidos, estoques, usuários, funcionários e controle de processos serão armazenadas em um banco de dados desse tipo. Além disso, um programa em Visual Basic irá suportar o acesso a este banco de dados, onde serão realizadas consultas, inserções, remoções e atualizações de registros.

9.11.3 Manual de Utilização do Software "DILSON & ANDRE SYSTEMS"

Para a utilização do software o usuário deverá estar cadastrado no sistema, e então poderá ter acesso a uma ou mais das quatro opções de acesso como mostra a figura 83:

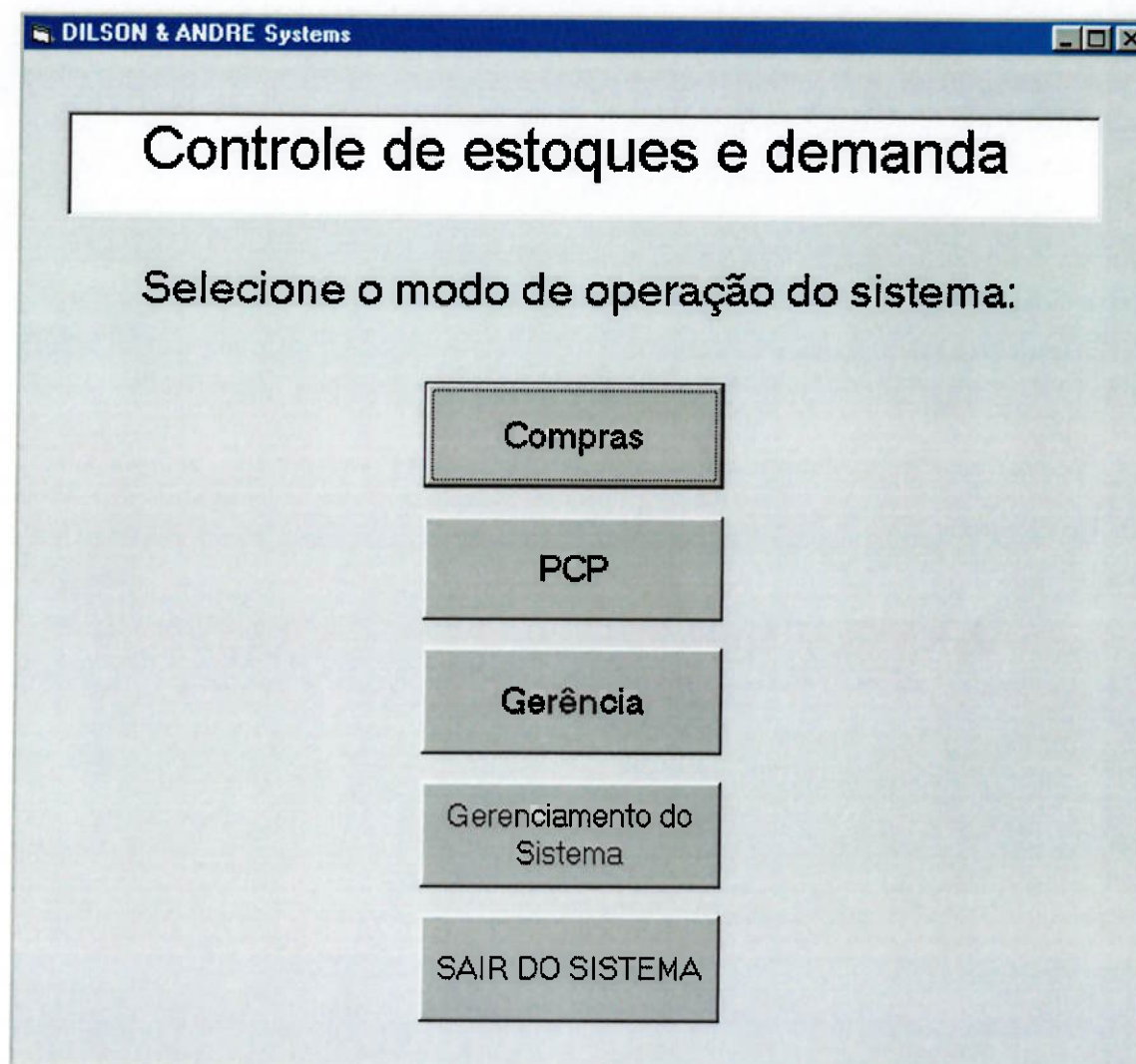


Figura 84 – Opções de acesso ao sistema

Ao tentar entrar em cada uma das quatro opções, o usuário deverá fornecer o seu login e sua senha, e caso eles sejam válidos, ele terá acesso a determinadas funcionalidades do sistema (figura 84).

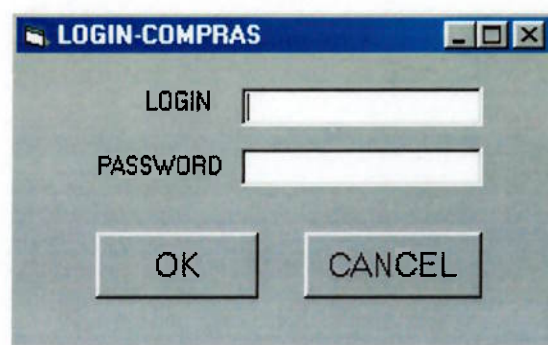


Figura 85 – Tela de login para o usuário de compras

A seguir têm-se as opções de utilização do sistema de cada um dos quatro modos de operação do mesmo:

9.11.3.1 Gerenciamento do Sistema

O gerente de sistemas é o usuário capaz de cadastrar usuários, assim como removê-los do sistema. Portanto, ele faz o controle de todos aqueles que poderão ter acesso ao sistema, assim como o tipo de acesso que os usuários poderão ter.

9.11.3.2 PCP

O usuário de PCP é aquele responsável pelo controle de estoques e previsão de demanda, tendo portanto estas duas opções de utilização do sistema. Isto pode ser visto na figura 85:

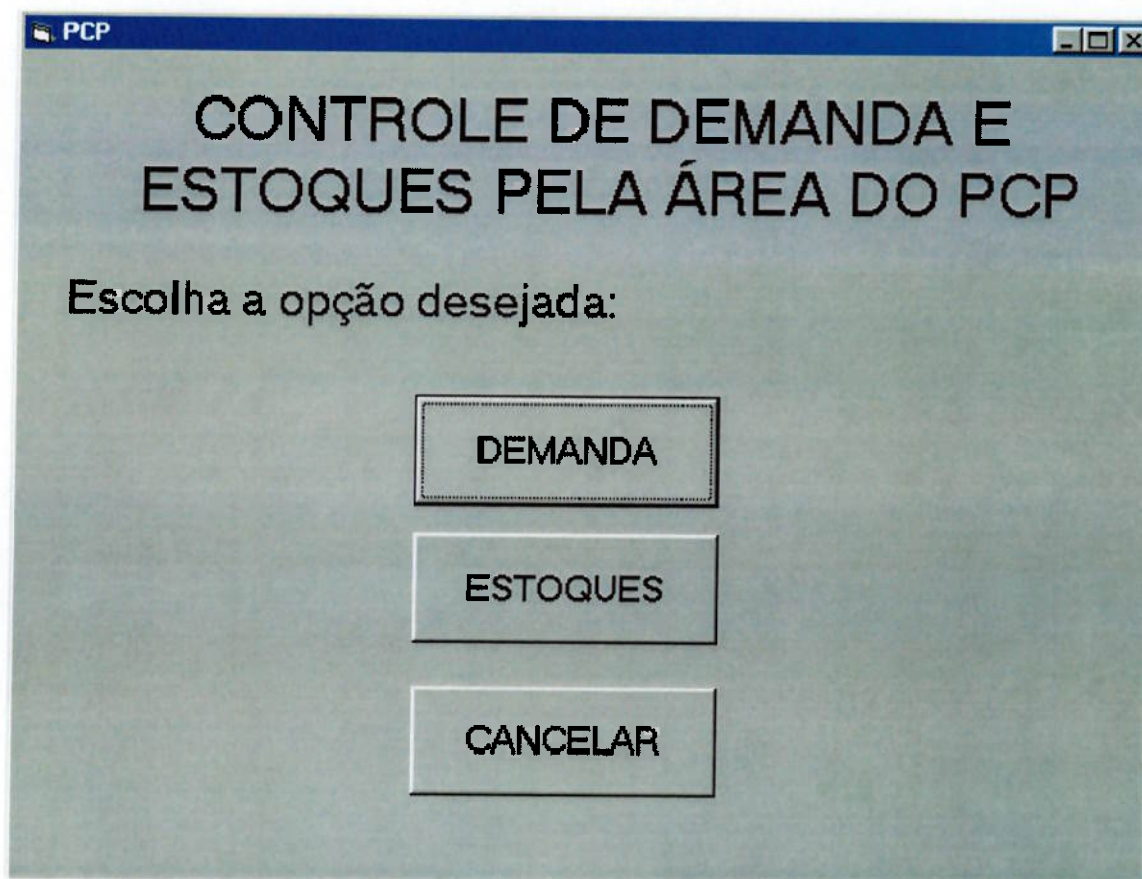


Figura 86 – Opções disponíveis para o usuário de PCP

Na opção de estoques, o usuário poderá consultar as quantidades de matéria-prima em estoque e em processo, além da quantidade de produtos acabados. Existe também uma interface para facilitar os cálculos necessários para a atualização destes registros de estoque.

Além disso, o usuário pode fazer o cadastramento de lotes de peças para uma futura entrada de dados de processo, assim como consultar quais os funcionários estão aptos a trabalhar em cada uma das máquinas.

Estas funcionalidades estão exemplificadas nas figuras 86 a 91:

CONTROLE DE ESTOQUES

CONTROLE DE ESTOQUES DAS PEÇAS DA FAMÍLIA DE LAPIDAÇÃO

Registro de lotes das peças de lapidação

Produto

ID do lote

Funcionários

Escolha a máquina

Escolha uma peça da família de lapidação:

Cálculos

Quantidade a ser processada

Quantidade para estoque de acabados

Estoque de Matéria Prima

Peças em processo

Produtos Acabados

Figura 87 – Interface para controle de estoques

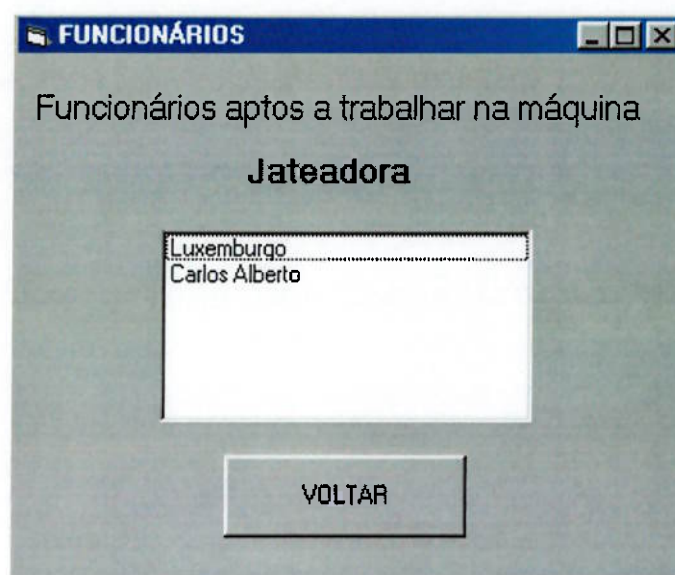


Figura 88 – Tela de controle de funcionários ao selecionar uma máquina e clicar no botão “mostrar funcionários”

PLACA DE SAÍDA

Parâmetros para Controle de Qualidade da Placa de Saída

LOTE 123

Retífica - Blanchard

Velocidade do Alimentador	<input type="text" value="0"/>
Velocidade do Rebolo	<input type="text" value="0"/>
Revestimento Abrasivo do Rebolo	<input type="text" value="0"/>
Funcionário Responsável	<input type="text" value="0"/> ▼

Tamboreamento

Tempo de Operação	<input type="text" value="0"/>
Quantidade Média de Abrasivo	<input type="text" value="0"/>
Funcionário Responsável	<input type="text" value="0"/> ▼

Lapidadora 36" AUTOMÁTICA

Número de Voltas	<input type="text" value="0"/>
Planicidade dos Pratos de Lapidação	<input type="text" value="0"/>
Funcionário Responsável	<input type="text" value="0"/> ▼

Máquina de Limpeza

Temperatura do Solvente	<input type="text" value="0"/>
Funcionário Responsável	<input type="text" value="0"/> ▼

VOLTAR **Atualizar**

Figura 89 – Tela de atualização de informações de processo de um lote de peças da placa de saída

EXCÊNTRICO

Parâmetros para Controle de Qualidade do Excêntrico

LOTE 456

Retífica Dupla Face	
Velocidade do Rebolo	0
Velocidade do Alimentador	0
Revestimento Abrasivo do Rebolo	0
Funcionário Responsável	0

Lapidadora Dupla Face 38"	
Número de Voltas	0
Planicidade dos pratos de Lapidção	0
Funcionário Responsável	0

Tamboreamento	
Tempo de Operação	0
Quantidade Média de Abrasivo	0
Funcionário Responsável	0

Lapidadora 15"	
Número de Voltas	0
Planicidade dos Pratos de Lapidção	0
Funcionário Responsável	0

Máquina de Limpeza	
Temperatura do Solvente	0
Funcionário Responsável	0

VOLTAR **Atualizar**

Figura 90 – Tela de atualização de informações de processo de um lote de peças de excêntrico

ROTOR

Parâmetros para Controle de Qualidade do Rotor

LOTE 455

Dispositivo Pneumático de Montagem

Pressão de Teste

Pressão de Montagem

Funcionário Responsável

Retífica Dupla Face

Velocidade do Rebolo

Velocidade do Alimentador

Revestimento Abrasivo do Rebolo

Funcionário Responsável

Brunidora

Velocidade

Tipo de Pedra de Brunimento

Funcionário Responsável

Retífica

Velocidade do Rebolo

Revestimento Abrasivo do Rebolo

Funcionário Responsável

Lapidadora Dupla Face 38°

Número de Voltas

Planicidade dos pratos de Lapidção

Funcionário Responsável

Tamboreamento

Tempo de Operação

Quantidade Média de Abrasivo

Funcionário Responsável

Lapidadora 15°

Número de Voltas

Planicidade dos Pratos de Lapidção

Funcionário Responsável

Máquina de Limpeza

Temperatura do Solvente

Funcionário Responsável

VOLTAR

Atualizar

Figura 91 – Tela de atualização de informações de processo de um lote de peças de rotor

PLACA LISA

Parâmetros para Controle de Qualidade da Placa Lisa

LOTE 567

Brunidora Velocidade <input type="text" value="0"/> Tipo de pedra de brunimento <input type="text" value="0"/> Funcionário Responsável <input type="text" value="0"/>	Jateadora Pressão do Jato <input type="text" value="0"/> Funcionário Responsável <input type="text" value="0"/>
Retífica - Blanchard Velocidade do Alimentador <input type="text" value="0"/> Velocidade do Rebolo <input type="text" value="0"/> Revestimento Abrasivo do Rebolo <input type="text" value="0"/> Funcionário Responsável <input type="text" value="0"/>	Tamboreamento Tempo de Operação <input type="text" value="0"/> Quantidade Média de Abrasivo <input type="text" value="0"/> Funcionário Responsável <input type="text" value="0"/>
Lapidadora 36" AUTOMÁTICA Número de Voltas <input type="text" value="0"/> Planicidade dos Pratos de Lapidação <input type="text" value="0"/> Funcionário Responsável <input type="text" value="0"/>	Máquina de Limpeza Temperatura do Solvente <input type="text" value="0"/> Funcionário Responsável <input type="text" value="0"/>

VOLTAR Atualizar

Figura 92 – Tela de atualização de informações de processo de um lote de peças da placa lisa

Na opção de demanda, o usuário deve entrar com o tipo de peça que ele quer prever ou atualizar os registros de demanda, sendo esta previsão feita segundo os métodos do item 6.4 deste trabalho. É necessário ressaltar que o sistema disponibiliza sempre a previsão da primeira demanda que ainda não foi prevista, assim como ele disponibiliza apenas a entrada da demanda real quando a previsão de demanda já foi feita (figura 92).

CONTROLE E PREVISÃO DA DEMANDA

CONTROLE E PREVISÃO DA DEMANDA

Escolha a peça da família de lapidação

Previsão

Escolha a semana a ser prevista:

Demanda prevista:

Calcular

Entrada e modificação de dados

Escolha a semana

Demanda real

Demanda Prevista

MOSTRAR

ATUALIZAR

CANCELAR

Figura 93 – Tela de controle e previsão da demanda

9.11.3.3 Compras

Como pode ser visto na figura abaixo, o usuário de compras tem a opção de consultar o registro de estoques de cada peça, assim como verificar a demanda prevista a partir da semana atual. Além disso, este usuário pode estar cadastrando pedidos, listando os pedidos ainda não recebidos de cada tipo de peça e atualizando a semana de recebimento destes mesmos pedidos (figura 93).

A interface gráfica é uma janela com o título "PEDIDOS DE COMPRA". O conteúdo principal é dividido em seções para consulta e entrada de dados.

ADMINISTRAÇÃO DOS REGISTROS DE PEDIDOS DE COMPRA DE MATÉRIA PRIMA

Consulta aos Registros de Estoques e Demanda

Peça que deseja consultar: [campo de seleção]

Demanda Real

Entre com a semana atual: [campo de texto]

Quantidade em Estoque

Matéria Prima	Em Processo	Produtos Acabados
[campo de texto]	[campo de texto]	[campo de texto]

[BOTÃO MOSTRAR]

[Área de visualização de dados]

Entrada de Pedidos

Numero do Pedido: [campo de texto]

Produto: [campo de seleção]

Quantidade: [campo de texto]

Semana em que foi pedido: [campo de texto]

Semana de Recebimento: [campo de texto]

[BOTÃO MOSTRAR] [BOTÃO INSERIR REGISTRO] [BOTÃO ATUALIZAR]

Pedidos não Recebidos

Produto: [campo de seleção]

[Área de visualização de dados]

[BOTÃO CANCELAR]

Figura 94 – Tela para inserção de registros de pedidos e compra de matéria prima

9.11.3.4 Gerência

O usuário de alta gerência deve entrar com o tipo de peça que ele deverá consultar. Assim, ele pode verificar a situação dos estoques, os pedidos recebidos e não recebidos e a previsão de demanda deste tipo de peça a partir da semana atual (figura 94).

The screenshot shows a software window titled 'Gerência'. Inside, the main heading is 'Situação das Peças da Família de Lapidação'. Below this, there is a dropdown menu labeled 'Entre com a peça desejada'. The interface is divided into four quadrants: the top-left quadrant is for 'Quantidade em Estoque' (Inventory Quantity) with input fields for 'Matéria prima' (Raw material), 'Matéria Prima em Processo' (Raw material in process), and 'Produtos Acabados' (Finished products); the top-right quadrant is for 'Entre com a semana atual' (Enter the current week) with a large empty box; the bottom-left quadrant is for 'Pedidos Pendentes por tipo de peça' (Pending orders by part type) with a large empty box; and the bottom-right quadrant is for 'Pedidos Recebidos por tipo de peça' (Received orders by part type) with a large empty box. At the bottom of the window are two buttons: 'MOSTRAR' (Show) and 'CANCELAR' (Cancel).

Figura 95 – Tela para verificação das Peças da Família de Lapidação pelo usuário de gerência

10. CONCLUSÕES

10.1 CONCLUSÃO

A utilização da sistemografia e fluxos de trabalho na análise dos processos de fabricação e processos administrativos de uma empresa permite uma modelagem robusta destes processos, identificando redundâncias e procedimentos que podem ser eliminados, além de procedimentos que devem ser acrescentados para a melhoria e otimização destes processos. De maneira mais específica a sistemografia é, portanto, uma ferramenta de alta confiabilidade na racionalização das áreas envolvidas, pois ela tem como objetivo esta função.

Além disto, com o auxílio destas ferramentas, no estudo de caso de uma empresa baseada em processos abrasivos de retificação e lapidação, pôde-se mapear estes processos com detalhe, possibilitando, inclusive, a identificação dos parâmetros que influenciavam na qualidade final da família de peças.

Estas análises formaram a base para a análise de requisitos e implementação de um software de gerenciamento, para tornar as áreas das empresas mais eficientes e mais eficazes, pois de nada adianta criar estruturas direcionadas a negócios se a empresa não tiver a tecnologia de informação adequada para suportar o controle, a gerência e o planejamento estratégico necessários [ZACARI, 1999]

11. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para dar continuidade a este trabalho, sugere-se que os seguintes temas sejam melhor explorados:

- utilização dos sistemógrafos em todas as áreas de uma empresa industrial;
- utilização das ferramentas de “data mining” para tratamento e análise dos dados coletados no chão de fábrica;
- Ampliação do banco de dados e implementação do software para o gerenciamento de outras áreas da empresa.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRESCIANI, E.F., D'OTTAVIANO, I.M.L.; Conceitos Básicos de Sistêmica, Campinas, Unicamp, 1999.
2. BRESCIANI, E.F.; Método de estudo de Sistemas – Sistemografia, Campinas, Unicamp e Puc-Campinas, Fevereiro 1999, pp. 1-17.
3. KINTSCHNER, F., BRESCIANI E.F.; Racionalização e informatização de área de administração de materiais, Campinas, UNICAMP, 1999.
4. KINTSCHNER, F.; Metodologia de Reestruturação de administração de materiais em Empresa Industrial, Campinas, 1998, pp. 6-31. Dissertação (Mestrado), Instituto de Informática, Pontifícia Universidade Católica de Campinas.
5. SALAZAR, C.E.V.; Sistemógrafo de um sistema de administração de materiais para Blanks Soldados, São Paulo, EPUSP, 1999. Texto do Seminário apresentado na disciplina: Fundamentos da Engenharia dos Sistemas de Produção, ministrada pelo Prof. Dr. Ettore Bresciani Filho, na Faculdade de Mecânica da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), outubro de 1999.
6. TAVARES, J.J.P.Z.S., BATALHA, G.F., SILVA, J.R.; Formalization of the information system of material managment for a case study: tailored welded blank manufacturing, São Paulo, EPUSP, 2000.
7. SILVA, I.B., BRESCIANI, E.F.; Modelo de Sistema Integrado de produto e processo com Melhoria Contínua de Qualidade, Campinas, UNICAMP, 2000, pp 1-55.

-
8. ZACARI, C.L.F.; Modelagem de Workflows em Processos de Negócios, Campinas, Instituto de Informática, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, 1999.
 9. BARTHELMESS, P.; Sistemas de Workflow: Análise da Área e Proposta de Modelo, Campinas, Instituto de Informática, UNICAMP, 1996.
 10. ALMEIDA, A.E.L.; Tecnologia da Informação e Melhoria de Processos: O Foco no Desempenho Empresarial, Instituto de Informática, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, 1996.
 11. PIVA, D.J.; Recomendações para Otimização e Adaptação de Metodologias de Elaboração do Planejamento Estratégico de Sistemas de Informação aos Novos Tempos, Campinas, Instituto de Informática, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, 1996.
 12. BERNARDES, C.; Teoria geral das organizações: os fundamentos da administração integrada, Ed. Atlas, São Paulo, 1988.
 13. DAVENPORT, T. H.; Reengenharia de Processos – Como inovar na empresa através da tecnologia da informação, 3ª ed., Rio de Janeiro, Editora Campus Ltda, 1994.
 14. HAMMER, M., CHAMPY, J.; Reengenharia: Revolucionando a empresa em função dos clientes, da concorrência e das grandes mudanças da gerência, 25ª ed., Rio de Janeiro, Editor Campus, 1994.
 15. JOHANSSON, H.J.; Business Process Reengineering – Breakpoint Strategies for market dominance, John Wiley & Sons, New York, 1993.
 16. ALTER, S.; Information Systems – A Management Perspective, The Benjamim/Cummings Publishing Co., 1992.

-
17. KOTLER, Philip. Administração de Marketing: análise, planejamento, implementação e controle, 3ª ed., São Paulo, Editora Atlas, 1993.
 18. PORTER, M.E.; Vantagem Competitiva: criando e sustentando um desempenho superior, ed. Campus, Rio de Janeiro, 1992.
 19. PRAHALAD, C.K., HAMEL, G.; Competindo pelo Futuro, Editora Campus, Rio de Janeiro, 1995.
 20. MARTIN, J.; A Grande Transição, Editora Futura, São Paulo, 1996.
 21. WHEATLEY, M.J.; Liderança e a Nova Ciência, Editora Cultrix, São Paulo, 1992.
 22. WERKEMA, M.C.C.; As ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos, Editora Sografe, Belo Horizonte, 1995.
 23. FALCONI, V.C.; Gerenciamento da Rotina do Trabalho do dia-a-dia, 3ª ed., Editora Bloch, Rio de Janeiro, 1994.
 24. NAHMIAS, S.; Production and Operations Analysis, 3rd ed., McGraw-Hill International Editions, 1997.
 25. DOYLE, L.E.; Processos de Fabricação e Materiais para Engenheiros, 3ª ed., Editora Edgard Blücher, 1962.
 26. BRYNJOLFSSON, E., HITT, L.; Creating Value and Destroying Profits? Three Measures of Information Technology's Contributions, Cambridge, MIT Sloan School of Management, 1994.
 27. WARD, J., GRIFFITHS, P., WHITMORE, P.; Strategic Planning for Information Systems, John Wiley & Sons Ltd, England, 1990.
 28. TELLES, J.M.F.; Sistema Gerenciador de Workflows para a Integração de Processos em Ambientes Organizacionais Distribuídos, Instituto de Informática, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, 1997.

-
29. REIZIG, W.; Petri-Nets. Springer – Verlag, Berlin Heidelberg New York, 1982.
 30. TAVARES, J.J.P.Z.S., BATALHA, G.F., SILVA, J.R.; Informatização da Administração de Materiais na Fabricação de Blank Soldado, São Paulo, EPUSP, 2000
 31. SLACK, N., CHAMBERS, S., HARLAND, C., HARRISON, A., JOHNSTON, R.; Administração da Produção, 1ª ed., Editora Atlas, São Paulo, 1996.
 32. MARTINICH, J.S.; Production and Operations management an applied modern approach , 1st Edition, John Wiley and Sons, New York, 1997.
 33. ROTHER, M., SHOOK, J.; Aprendendo a enxergar Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício, 1ª ed., Xerox Document Company, São Paulo, 1998.
 34. EVANS, J.R.; Production/operations management: quality, performance and value, 5th Edition, West Publishing Company, 1997.
 35. MOREIRA, D.A.; Administração da produção e operações, 2ª ed, Editora Pioneira, São Paulo, 1996.
 36. VOLLMANN, T.E., BERRY, W.L.; WHYBARK, D.C.; Manufacturing planning and control systems, 4th Edition, McGraw Hill, Boston, 1997.
 37. REITSCH, A.G., HANKE, J.E.; Business Forecasting, 5th Edition, Prentice Hall, Englewood Cliff, 1995.
 38. FRANCIS, R.L., MCGINNIS, L.F., WHITE, J.A.; Facility Layout and Location: an Analytical Approach, 2nd Edition, Prentice Hall, New York, 1992.

-
39. MUTHER, R.; Practical Plant Layout, 1st Edition, McGraw Hill, New York, 1956.
40. GIANESI, I.G.N., CORREA, H.C., Just in time, MRPII e OPT: um enfoque estratégico, 1a Ed., Editora Atlas, São Paulo, 1993
41. PRESSMAN, R.S.; Software Engineering – A Practitioner's Approach, McGraw Hill, 1992.
42. AMSTEAD, D.H., OSTWALD, C.S., BEGEMAN, N.L., Manufacturing Processess, 7th Edition, John Wiley & Sons, New York, 1977.
43. DEGARMO, E.P., BLACK, J.T., KOSHER, R.A., Materials and Processess in Manufacturing, 8th Edition, McMillan Publishing Company, New York, 1988.
44. KALPAKJIAN, S., SCHIMDT, S.R., Manufacturing Engineering and Tachnology, 4th Edition, Prentice Hall, 2000.
45. DINIZ, A.E., MARCONDES, F.C., COPPINI, N.L., Tecnologia da Usinagem dos Materiais, Campinas, 1999.
46. HOOGOSENS – <http://www.hoogovens.com>
47. HANNOVER- <http://www.ifum.uni-hannover.de/5n/forschung/sfb362/>
48. WFM – Workflow Management Coalition – <http://www.aiai.ed.ac.uk>