

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA POLITÉCNICA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECATRÔNICA
E SISTEMAS MECÂNICOS

ESTUDO DA IMPLANTAÇÃO DA TECNOLOGIA DE
GRUPO EM UMA EMPRESA DE PRODUÇÃO
SERIADA DE SISTEMAS ENGRANADOS

Carlos Alberto Monezi de Oliveira

Dissertação apresentada ao Departamento de Engenharia
Mecatrônica e Sistemas Mecânicos da Escola Politécnica
da USP para obtenção do título de Mestre em Engenharia
Mecânica, opção em Sistemas Mecânicos.

Orientador: Prof. Dr. Marco Stipkovic Filho

São Paulo – 2.001

CONSULTA
FD-2946

AGRADECIMENTOS

Aqui fica o meu muito obrigado para:

Prof. Marco Stipkovic Filho pela orientação e atenção a mim dispensada;

Cecilia, minha esposa, pelo incentivo, fundamental para que eu concluí-se este trabalho;

A Deus, que nos presenteou com a chegada de Pedro e Rafael, e que sem o qual nada faria

sentido.

DEDALUS - Acervo - EPBC



31200006166

ÍNDICE

Índice de Figuras	i
Índice de Tabelas	iii
Lista de Abreviaturas e Siglas	iv
Resumo	v
Abstract	vi
1 - Introdução e Objetivos	01
1.1 Introdução Histórica	01
1.2 Objetivos do Trabalho	03
2 - Conceituação e Histórico do Desenvolvimento da Tecnologia de Grupo	06
2.1 Conceituação	06
2.2 Histórico do Desenvolvimento	07
3 - Sistemas de Produção	14
3.1. Generalidades	14
3.2. Layout Funcional	15
3.3 Layout de linha	18
3.4 Layout de Grupo	20
3.5 Condições para implantação da TG.	24
4 - Sistemas de Classificação e Codificação	26
4.1 Generalidades	26
4.2 Introdução	26
4.3 Requisitos Básicos e Definições	27
4.4 Classificação dos Sistemas de Codificação	28
4.5 Sistema BRISCH	29

83	7. Estudo de caso: implantação da TG em uma empresa de produção seriada de sistemas engrenhados
78	6.5 CAD / CAM / TG
77	6.4 O Relacionamento entre a TG e o Comando Numérico (CN)
73	6.3 Benefícios Proporcionados pela TG
69	6.2. A Implantação da TG
69	6.1 Generalidades
69	6 - A Implantação da Tecnologia de Grupo
65	5.5 Comentários sobre os Métodos
54	5.4 Formação de Famílias de Componentes Através da Análise de Fluxo de Produção (AFP)
47	5.3 Formação de Famílias de Componentes Através de um Sistema de Classificação e Codificação.
46	5.2 Formação de Famílias de Componentes Através de Inspeção Visual
46	5.1 Generalidades
46	5 - Métodos de Formação das Famílias de Componentes
41	4.12 Escolha do SCC
39	4.11.3 Aplicação de um SCC na Produção
39	4.11.2 Aplicação de um SCC no Planejamento do Processo
38	4.11.1. Aplicação de um SCC no Projeto do Produto
38	4.11 Áreas de Aplicação de um SCC.
36	4.10 Outros Sistemas de Classificação e Codificação
35	4.9 Sistema de Classificação KK3
34	4.8 Sistema de Classificação CODE
33	4.7 Sistema de Classificação VUOSO
30	4.6 Sistema de Classificação de OPTZ

83	7.1	Motivos para nova estrutura e organização de fábrica
84	7.2	Benefícios esperados
85	7.3	Condições críticas
87	7.4	Planejamento de uma nova estrutura
87	7.4.1	Introdução
88	7.4.2	Propostas
89	7.4.3	Objetivos
90	7.5	Aplicabilidade das células para a empresa
91	7.6	Estratégia de introdução das células de manufatura
91	7.6.1	Determinação das famílias e grupos
94	7.6.2	Relação dos equipamentos e número de operários por Célula
104	7.6.3	Layout das Células
113	7.6.4	Tipos de peças que formam cada família
119	7.6.5	Implementação
122	8	Conclusões
124	9	Sugestões para novos trabalhos
125	10	Bibliografia

ÍNDICE DE FIGURAS

08	Figura 2.1 - Primeira fase do desenvolvimento da TG
09	Figura 2.2 - Componente composto ou complexo
12	Figura 2.3 - Célula de máquinas
16	Figura 3.1 - Tipos de layout
18	Figura 3.2 - Fluxo de peças em um layout funcional
21	Figura 3.3 - Diferentes arranjos das máquinas dentro dos grupos
23	Figura 3.4 - Comparação do fluxo no layout funcional e no de grupo
26	Figura 4.1 - Sistemas básicos de numeração
30	Figura 4.2 - Expansão de uma classe principal
31	Figura 4.3 - Sistema de Classificação de OPTZ
32	Figura 4.4 - Detalhe do código de OPTZ aplicado a componentes rotacionais
33	Figura 4.5 - Código OPTZ aplicado a um eixo
34	Figura 4.6 - Peças codificadas pelo sistemas de OPTZ e Vuoso
35	Figura 4.7 - Código CODE aplicado a um eixo
36	Figura 4.7 - Código KK3 aplicado a um eixo
37	Figura 4.9 - Peça codificada segundo vários SCC
41	Figura 4.10 - Métodos de classificação de peças
48	Figura 5.1 - Formação de famílias e grupos usando SCC
49	Figura 5.2 - Curva de aprendizado para o sistema de OPTZ
50	Figura 5.3 - Parte de uma listagem de codificação de peças
51	Figura 5.4 - Componentes típicos com números de códigos da figura 5.3
53	Figura 5.5 - Dispositivo de furção para família de peças
55	Figura 5.6 - Fases principais da Análise de Fluxo da Produção
56	Figura 5.7 - Folha de Processo dividida por Departamentos e codificada
57	Figura 5.8 - Tabela de frequência dos NRPs
I	

ÍNDICE DE TABELAS

40	Tabela 4.1 - Áreas de influência de um SSC
44	Tabela 4.2 - Comparação entre vários SSC em relação a alguns parâmetros
94	Tabela 7.1 Relação de máquinas da Célula 1 e as peças da Família A fabricadas
94	Tabela 7.2 Relação de máquinas da Célula 2 e as peças da Família B fabricadas
95	Tabela 7.3 Relação de máquinas da Célula 3 e as peças da Família C fabricadas
95	Tabela 7.4 Relação de máquinas da Célula 4 e as peças da Família D fabricadas
96	Tabela 7.5 Relação de máquinas da Célula 5 e as peças da Família E fabricadas
96	Tabela 7.6 Relação de máquinas da Célula 6 e as peças da Família F fabricadas
97	Tabela 7.7 Relação de máquinas da Célula 7 e as peças da Família G fabricadas
97	Tabela 7.8 Relação de máquinas da Célula 8 e as peças da Família Miscelânea
98	Tabela 7.9 Relação de máquinas da Célula 9 de acabamento
99	Tabela 7.10 Grau de previsão de utilização das máquinas da Célula 1
99	Tabela 7.11 Grau de previsão de utilização das máquinas da Célula 2
100	Tabela 7.12 Grau de previsão de utilização das máquinas da Célula 3
100	Tabela 7.13 Grau de previsão de utilização das máquinas da Célula 4
101	Tabela 7.14 Grau de previsão de utilização das máquinas da Célula 5
101	Tabela 7.15 Grau de previsão de utilização das máquinas da Célula 6
102	Tabela 7.16 Grau de previsão de utilização das máquinas da Célula 7
102	Tabela 7.17 Grau de previsão de utilização das máquinas da Célula 8

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF	Análise de Ferramental
AFF	Análise do Fluxo da Fábrica
AFP	Análise de Fluxo de Produção
AG	Análise de Grupo
AL	Análise de Linha
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAPP	Computer Aided Process Planning
CN	Controle Numérico
CNC	Computerized Numeric Control
LF	Layout Funcional
NRP	Numero de Rota de Processo
SCC	Sistema de Classificação e Codificação
TG	Tecnologia de Grupo
UP	Unidade Produtiva

RESUMO

Neste trabalho é feita uma apresentação detalhada da Tecnologia de Grupo como uma filosofia de produção. São dados os principais conceitos pertinentes a ela assim como as vantagens que ela proporciona. Também são apresentados os principais métodos de formação de famílias de peças e grupos de máquinas. O trabalho é complementado com o estudo da implantação da Tecnologia de Grupo em uma empresa de produção seriada de sistemas engrenados, onde são mostradas todas as etapas e os resultados da implementação.

This essay presents in greater details the Technology of Group as a production philosophy. The main concepts related to it as well as their advantages are presented. Besides, the methods for formation of parts families and machinery groups are shown. The essay has been completed with a study of the Technology of Group implementation in a firm of serial manufacture gear systems, where all the steps and the implementation results are shown.

ABSTRACT

1 - INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

1.1 Introdução Histórica

Fazendo-se uma retrospectiva dos sistemas de manufatura verifica-se que, com a revolução industrial, o trabalho, tipicamente manual, foi substituído pela produção em massa, a fim de atender às necessidades de um amplo mercado. Neste contexto encontramos uma baixa diversificação do produto, os tamanhos dos lotes variando de médio para grande, os resultados dependendo da alta gerência da empresa, fluxo de material mal direcionado, enfim, um sistema formado de uma automação rígida e com alta divisão do trabalho.

Hoje, apesar de se acreditar que se vive numa era de produção em massa, é interessante constatar que a maioria das indústrias, nos chamados países industrializados trabalha com lotes pequenos a médios. Já em 1965, MERCHANT [1] apresentava uma pesquisa americana realizada pelo Departamento de Trabalho dos Estados Unidos onde mostrava que 75% de toda a produção mecânica dos Estados Unidos constava de lotes com menos de 50 peças e estimava-se que para a década de 70, 75% de toda a produção mundial de peças seria feita na base de lotes pequenos. Esta tendência tornou-se uma realidade devido principalmente a dois fatores: o advento do comando numérico que tornou possível a produção econômica em lotes de pequeno número de peças, e a pequena vida dos produtos, por razões de mercado, com maiores alternativas e diversificação dos produtos.

A maioria das indústrias mecânicas que fabricam componentes em lotes pequenos e médios ainda utiliza um sistema de fabricação que praticamente não sofreu

nenhuma evolução desde o início do século XX. Outro fato que tem sido relatado [2] é

que nessas indústrias somente cerca de 5% do tempo total de produção, entendendo-se por tempo total de produção como sendo o tempo gasto desde a emissão da ordem de fabricação do componente até a sua entrega no almoxarifado de peças acabadas, é realmente gasto na máquina ferramenta enquanto que os outros 95% são gastos com movimentação e esperas nas máquinas; e ainda dos 5%, somente cerca de 30% são gastos realmente com o corte do material. Neste contexto, evidencia-se a necessidade de maiores esforços no sentido de aumentar a produtividade desta área de fabricação.

Este aumento necessário pode ser conseguido através da introdução de uma técnica denominada "Tecnologia de Grupo" (TG). A TG tem sido considerada como a única evolução real do sistema de fabricação em lotes pequenos a médios e ainda é aclamada como um requisito básico para a implantação com sucesso de Projeto Assistido por Computador (CAD) e Fabricação Assistida por Computador (CAM).

A TG também é conhecida pelo nome "Fabricação por famílias de peças". Esse nome é bem mais sugestivo e indica claramente que a ideia central é o agrupamento de peças em "famílias". Essas peças, que formam uma "família", irão utilizar o mesmo grupo de máquinas e o mesmo ferramental. Uma decorrência é que também o planejamento e controle do processo de produção se tornam mais simplificados uma vez que aquela família sempre será produzida num determinado local da fábrica e por um determinado grupo de trabalhadores. Os benefícios obtidos com essa técnica são: redução de variedades e padronização, prazos de entrega mais realistas e confiáveis, diminuição de trabalho em progresso, diminuição de estoques, redução no fluxo de papéis, isto dentre os benefícios tangíveis. Existem também alguns benefícios

intangíveis e os mais importantes são: o melhoramento das relações humanas entre os

funcionários e uma maior satisfação pessoal. Todos esses benefícios são largamente

documentados na bibliografia.

Na Europa e nos Estados Unidos várias são as indústrias que aplicaram essa

técnica obtendo benefícios análogos aos anteriormente descritos. No Brasil ainda tem-se

poucos exemplos de aplicação dessa técnica[3]. Uma das razões desse estado de coisas é

a falta de informação sobre o assunto e outra é o fato de que a implantação desse

sistema por famílias de peças exige um certo tempo e esforço organizacional por parte

da indústria e o comprometimento total da alta administração. Aliás, esse é o fator

principal do sucesso ou do fracasso da TG uma vez que, como é sabido, existe uma

resistência muito grande à mudanças dentro de uma indústria.

1.2 Objetivos do Trabalho

Os objetivos desse trabalho podem ser resumidos em:

a) Apresentação da Tecnologia de Grupo como uma filosofia de produção, dando a

conceituação, aplicabilidade e os resultados a serem esperados.

b) Mostrar como se dá a implantação da TG em uma empresa de produção seriada de

sistemas engrenados.

A empresa estudada fabrica redutores e seus derivados. A competitividade

requer prazos de entrega cada vez mais curtos, baixo custo e alta flexibilidade. Lotes

com pequenas quantidades de peças, ou até unitários, fabricados em uma planta de

acordo com arranjo funcional, acabam gerando um tempo de processamento mais longo

que o prazo dado para entrega do produto. Componentes são, então, produzidos para

estoque para depois serem requisitados para montagem.

Esta estrutura resulta em grandes inventários em processo, grandes estoques

de componentes acabados e uma administração complexa e custosa.

A necessidade de reduzir inventários em processo, e consequentemente

reduzir o custo global da organização, leva à simplificação através da criatividade

humana, e conduz a uma estrutura industrial nova. A fábrica será, então, dividida em

pequenas ilhas autônomas (células ou grupos), as quais são orientadas para as famílias

de componentes. Desta maneira passa-se a ter um fluxo de processo com pequenos

ciclos de produção e, com a introdução do planejamento de carga máquina, reduz-se o

investimento em estoques e aumenta-se a flexibilidade, isto resulta na habilidade da

produção em atender rapidamente as mudanças de demanda do mercado.

Este trabalho está dividido em 8 capítulos. Neste primeiro capítulo é feita

uma introdução genérica sobre o assunto e a definição dos objetivos do trabalho. No

segundo capítulo é dada uma conceituação da **TG** e um histórico do seu desenvolvimento.

to enquanto que no capítulo seguinte faz-se uma comparação entre os sistemas de

fabricação baseados no layout funcional, no layout de grupo juntamente com as

condições ideais de implantação desse último.

No quarto capítulo é feito um estudo dos sistemas de classificação e

codificação. Os métodos de formação de famílias são apresentados no quinto capítulo e

no sexto, mostra-se o caminho a ser seguido na implantação da **TG**, os resultados a

serem esperados e a interação **TG, CN, CAD e CAM**.

No sétimo é apresentada a implantação da **TG** em uma empresa de produção

seriada de sistemas engrenados e no oitavo são apresentadas as conclusões finais. A

bibliografia é dada após o oitavo capítulo.

2 - CONCEITUAÇÃO E HISTÓRICO DO DESENVOLVIMENTO DA

TECNOLOGIA DE GRUPO

2.1 Conceituação

Ao longo da sua evolução, a **TG** tem recebido inúmeras definições, cada uma delas tentando abranger o seu significado.

Assim, segundo E. A. HAWORTH [4] "a Tecnologia de Grupo é a técnica da identificação e aglomeração de peças similares em um processo de produção com o objetivo de utilizar as vantagens inerentes dos métodos de produção em massa".

E. A. ARN [5] diz: "o termo Tecnologia de Grupo significa um método que tenta analisar e arranjar a gama de peças e os processos de fabricação aplicáveis de acordo com as similaridades de desenho e usinagem tal que uma base de grupos e famílias possa ser estabelecida para a racionalização dos processos de produção na área da produção em lotes médios e pequenos".

J.L. BURBIDGE, [6][38] escreve: "a Tecnologia de grupo é um novo caminho para a Administração da Produção que visa, primeiro, obter vantagens econômicas na produção sob encomenda e em lotes, similares àquelas já conseguidas usando linha de produção, nas indústrias de processos contínuos e na produção em massa e, segundo, proporcionar um tipo melhor de sistema social para a indústria no qual seja fácil de conseguir relações melhoradas entre os operários".

Inúmeras outras definições são dadas por pesquisadores como G.A.B. EDWARDS [7], F.R.E. DURIE [8], C.C. GALLAGHER e W.A. KNIGHT [9], G.M. RANSON [10], entre outros. O fato é que realmente é muito difícil resumir em uma

definição toda a gama de aplicações abrangida, atualmente, sob o nome Tecnologia de

Grupo. Dentro de uma indústria mecânica, por exemplo, ela encontra aplicação no Departamento de Engenharia do Produto, Departamento de Engenharia de Produção,

Departamento de Engenharia de Processos, entre outros.

Na definição sugerida por E. A. ARN [5], aparecem os nomes "Grupo" e

"Família". Pelo nome "Família", entende-se um conjunto de peças ou componentes que

apresentam similaridade geométrica e/ou de processos de produção. Existem famílias

que são similares na forma geométrica e no processo de produção e famílias que são

dissimilares na forma geométrica porém similares com relação ao processo de produção.

Pelo nome "Grupo" entende-se um conjunto de máquinas operatrizes capaz de processar

inteiramente todos os componentes de uma família.

2.2 Histórico do Desenvolvimento

A TG iniciou seu desenvolvimento formal e científico após a 2ª Guerra

Mundial. Segundo T. J. GRAYSON [11], os primeiros relatórios sobre essa nova técnica

são provenientes dos países da Europa Oriental, e principalmente da antiga União

Soviética, onde foi publicado, em 1959, por S. P. MITROFANOV [12], um dos

primeiros livros sobre o assunto, intitulado "Scientific Principles of Group Technology".

Inicialmente a ideia era de fabricar um conjunto de componentes similares em uma

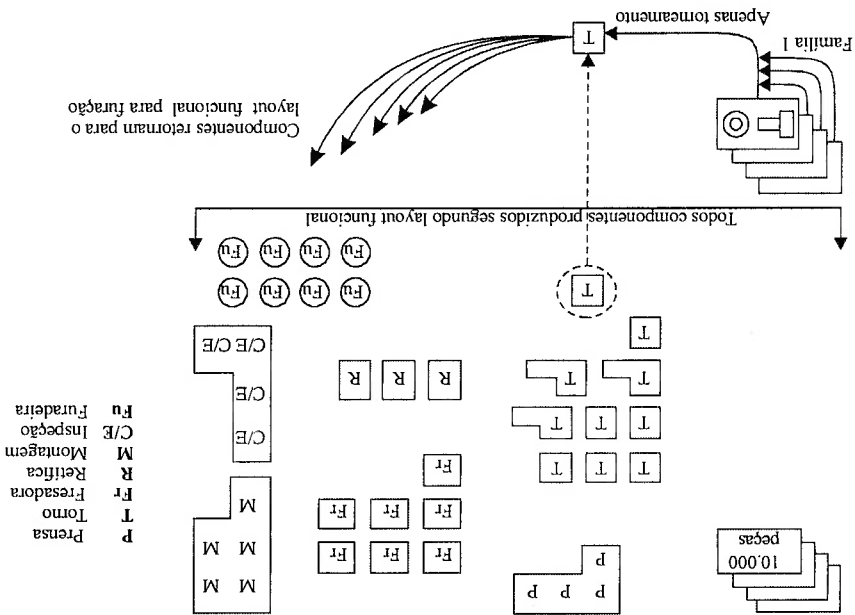
única (e usualmente simples) máquina ferramenta.

A figura 2.1 ilustra esta primeira fase da TG.

A idéia, então, era preparar uma máquina operatriz que fosse capaz de produzir o componente composto e, portanto qualquer um dos componentes da família. O objetivo principal desta fase inicial era o de minimizar os tempos de preparação da máquina quando da mudança de componente a ser processado. Evidentemente, apenas parte do ferramental vai trabalhar quando se processar um determinado componente.

Nesta primeira etapa do desenvolvimento da TG foi muito utilizado o conceito de "componente composto" lançado por MITROFANOV [12]. O componente composto é uma peça imaginária que apresenta todos os detalhes existentes nas peças que compõem uma família. Na figura 2.2 tem-se um componente composto formado com os elementos de forma das peças da família.

Figura 2.1 - Primeira fase do desenvolvimento da TG.



nos rendimentos, para evitar descontentamento dos operadores.

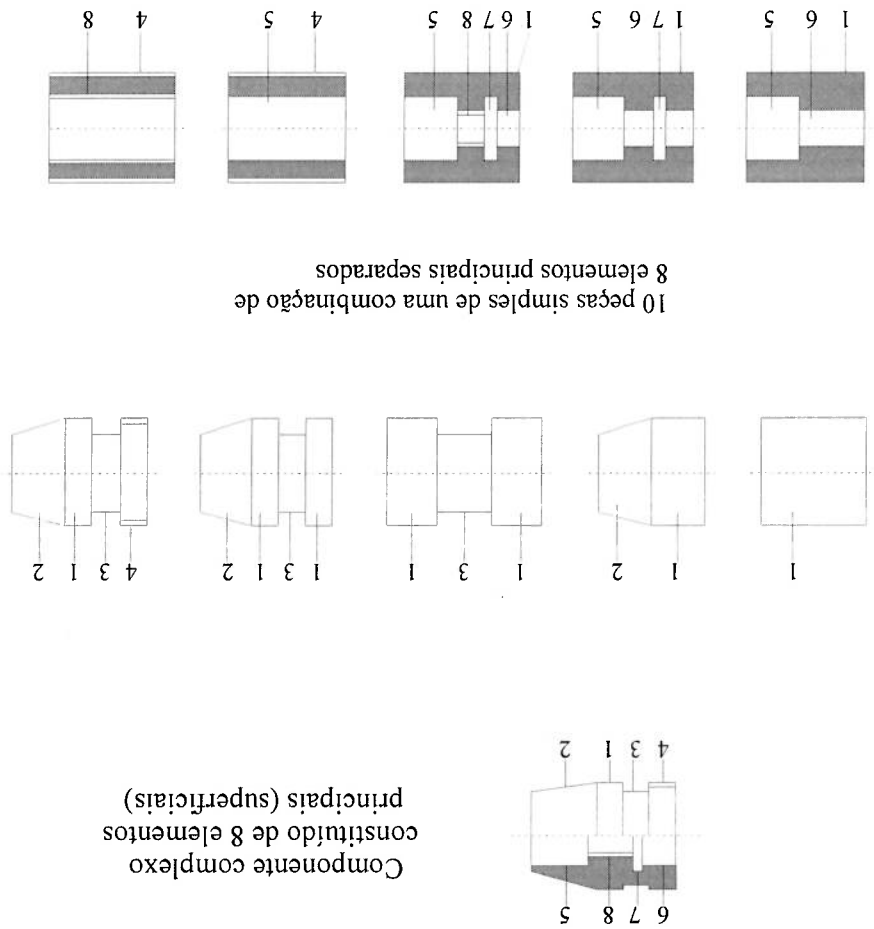
b) Uma vez que as montagens foram exintas, foi necessário criar uma compensação
ferramental.

a) Devido ao aumento de produção, os dois tornos não eram utilizados completamente,
permanecendo durante um certo tempo, ociosos. A firma, entretanto, preferiu
deslocar os operadores para outras máquinas, do que mexer no arranjo do

podem ser resumidos como segue:

Um exemplo de empresa que aplicou TG nesta primeira fase é a English
Electric Co. Ltd., Bradford[14] fabricante de motores elétricos cujos resultados obtidos

Figura 2.2 - Componente composto ou complexo[13]



Componente complexo
constituído de 8 elementos
principais (superficiais)

10 peças simples de uma combinação de
8 elementos principais separados

c) Houve uma substancial redução de burocracia no planejamento e controle da

produção porque a companhia estabeleceu um tempo médio por peça, que era aplicado a todos os componentes. Este tempo foi estabelecido por um estudo do trabalho realizado em cada máquina em um período de 8 semanas.

d) A introdução deste esquema de usinagem por grupo foi precedido por uma quantidade considerável de trabalho, incluindo o exame de um grande número de desenhos de peças.

e) A produção aumentou pelo menos 75% depois que os operadores estavam completamente familiarizados com o ferramental montado e que não mudava de trabalho para trabalho.

f) O tempo entre dois trabalhos reduziu-se a um máximo de 15 min., que é o tempo requerido para o operador estudar o desenho da peça e o procedimento de usinagem (seqüência de operações).

Entretanto, muitas firmas que experimentaram essa primeira fase, apesar de obterem grandes economias devido redução do tempo de preparação e aumento de produtividade, constataram que [15]:

a) Os problemas de espera nas máquinas seguintes se agravaram.

b) O tempo total gasto desde a emissão da ordem de fabricação até a montagem final do produto não diminuiriam.

c) O trabalho em progresso foi sensivelmente aumentado.

Esta primeira etapa ocorreu na década de 50 e início da década de 60.

Pode-se dizer que antes de 1959, existe pouca evidência da TG ter sido aplicada fora da URSS. Porém, num breve espaço de tempo (4 anos), esta técnica se difundiu pela

Europa Ocidental sendo aplicada sucessivamente na Hungria, Tchecoslováquia,

Alemanha Oriental e Ocidental, França, Itália e Inglaterra. Instituições como a

Universidade de Manchester - Inglaterra e Universidade de Aachen - Alemanha,

passaram a dedicar uma maior atenção à **TG**, na década de 60. Pesquisadores de renome

mundial como H. OPTZ, J. L. BURBIDGE, F. KOENIGSBERGER reconheceram o

potencial existente nesta nova técnica e muito contribuíram para o seu desenvolvimento.

Assim, uma vez que os resultados da 1ª fase de desenvolvimento não foram

de todo satisfatório, porém eram animadores, foram feitos estudos suplementares a fim

de se resolver os problemas encontrados naquela fase. Estes estudos, levaram ao

conceito de célula de máquinas, que nada mais é que um conjunto de máquinas apto a

fabricar todas as peças de uma família. A figura 2.3 mostra a formação de uma célula,

juntando-se várias máquinas. O segundo estágio é, então, aquele onde o conceito de

família foi estendido a fim de levar em conta também o processo de fabricação e não

somente a forma geométrica da peça.

As primeiras células montadas para estudo, neste estágio, proporcionaram os

seguintes resultados:

a) As células piloto tinham pouca influência na quantidade de estoques de peças

semi-acabadas em termos monetários. Porém ficou evidente o grande potencial de

redução de trabalho em progresso dentro dos limites da célula.

b) Os tempos de transporte foram drasticamente cortados.

c) As datas de término das ordens de fabricação tornaram-se mais precisas e melhor

mantidas.

d) A célula piloto accentuou o problema de balanceamento da produção uma vez que a

velocidade dentro da célula era muito maior que fora dela, ou seja, dentro do "layout

funcional".

e) A redução dos tempos de preparação foi significativa dentro da célula.

f) Pelo fato da velocidade dentro da célula ser maior que fora dela, pouco se ganhou

em termos de tempo total de produção de um produto pois as peças produzidas na

célula tinham que esperar as que eram produzidas dentro do layout convencional

para se fazer a montagem final.

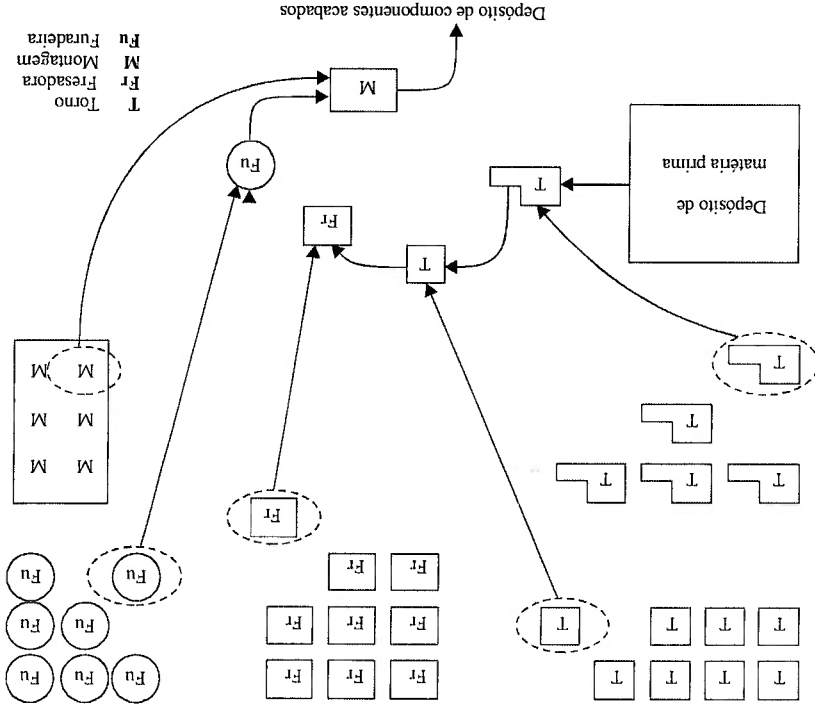


Figura 2.3 - Célula de máquinas [13]

Essas falhas levaram a TG a um estágio posterior de desenvolvimento que

caracteriza a 3ª fase, onde se procurou enquadrar a TG dentro de um conceito de

"sistema total de fabricação".

Nesta última e atual fase de desenvolvimento foi dado não só um enfoque

técnico mas também um enfoque social visando um enriquecimento do trabalho do operário. Essa satisfação é hoje uma preocupação fundamental dentro do meio produtivo em que se vive. Numa era em que se está presenciando grandes transformações técnicas e sociais, é fundamental para o bom desempenho do operário que ele se sinta satisfeito, realizado com o seu trabalho. A **TG** proporciona essa satisfação pois dentro do grupo, o operário pode observar todas as etapas de fabricação e controle e pode cooperar em todas elas e não simplesmente fazer apenas uma pequena operação sobre a peça.

Para alcançar esse "Sistema Total" de fabricação, todo o layout funcional deve ser abandonado reagrupando as máquinas dentro de um layout de Grupo. Esses grupos seriam formados de acordo com as famílias de peças previamente determinadas. Também, a atividade de projeto deve-se enquadrar dentro da nova filosofia, assim como as atividades de planejamento e controle. Vários exemplos de aplicação são descritos na literatura[16][17], sendo mais amplamente divulgado o caso da Serk Audco Valves [10][18].

Apesar de tudo o que já foi escrito sobre **TG** e de todos os resultados já obtidos ela parece ser pouco conhecida no Brasil [3]. A maior parte das indústrias ainda não aplicou essa técnica em virtude do desconhecimento do assunto.

3 - SISTEMAS DE PRODUÇÃO

3.1. Generalidades

A produção de um determinado produto ou componente é sempre feita com o auxílio de recursos materiais e humanos. A maneira de se agrupar esses recursos dão origem a toda uma estrutura que é denominada Sistema de Produção.

Este trabalho limitará-se à apresentação dos Sistemas de Produção mais comuns nas Indústrias Mecânicas, e, adotar-se-á o termo "layout" em vez do termo "arranjo físico" para designar uma disposição característica dos recursos de uma indústria.

Atualmente, podem-se distinguir três Sistemas de Produção [19]:

- a) Sistema de Produção baseado em um layout de linha (linha de produção).
- b) Sistema de Produção baseado em layout funcional (LF).
- c) Sistema de Produção baseado em um layout de grupo.

Dos três, aquele baseado no LF é, sem dúvida, o mais difundido. A maioria das indústrias que produzem sob encomenda em lotes pequenos e médios usa o layout funcional, enquanto que as firmas que produzem grandes lotes, ou em massa, utilizam o layout de linha.

A linha de Produção oferece como vantagem principal um menor tempo de fabricação dos componentes, reduzindo, dessa forma, os custos de produção. Porém, como ela é projetada para produzir um determinado componente, ela possui pequena flexibilidade.

Neste tipo de arranjo, as máquinas são dispostas por processo, isto é, máquinas que desempenham a mesma função são colocadas juntas em determinados locais da fábrica. Como resultado obtêm-se secções de torneamento, fresamento, furação, e outros. Dentro da secção de torneamento, por exemplo, pode-se ter vários tipos de tornos, como tornos universais, revólveres, automáticos; colocados juntos formando subgrupos funcionais ideais de modo que uma peça possa ser processada em uma ou outra máquina do subgrupo. Este método de agrupar as máquinas é lógico e muito simples e, em virtude disso, ele é o método mais aceite na fabricação em lotes. Na figura 3.1 c) tem-se um esquema desse layout e a respectiva rota seguida por uma peça ao ser fabricada.

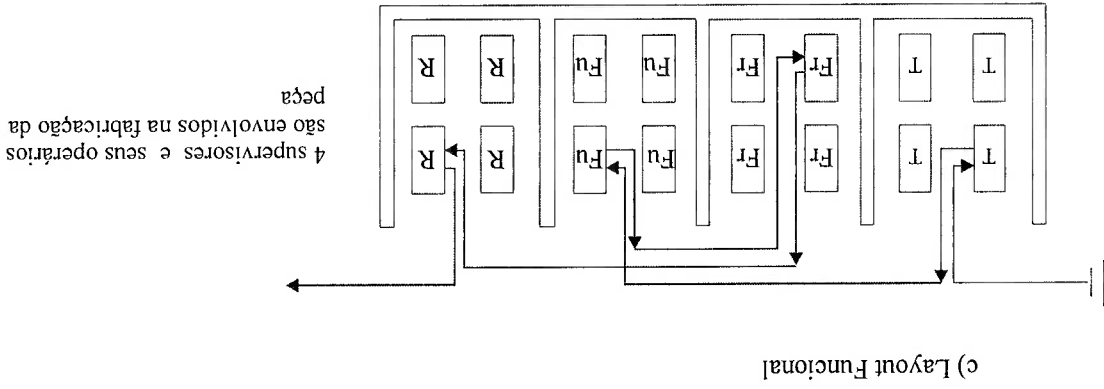
3.2. Layout Funcional

O layout de grupo somente agora está sendo utilizado e pode ser considerado uma evolução nos sistemas de produção. Este layout é um dos aspectos chaves da **TG** e tenta através de uma disposição conveniente das máquinas, alcançar algumas economias proporcionadas pelo layout de linha, sem a desvantagem da rigidez da linha de produção. A conceituação de cada layout será dada neste capítulo, juntamente com suas vantagens e desvantagens.

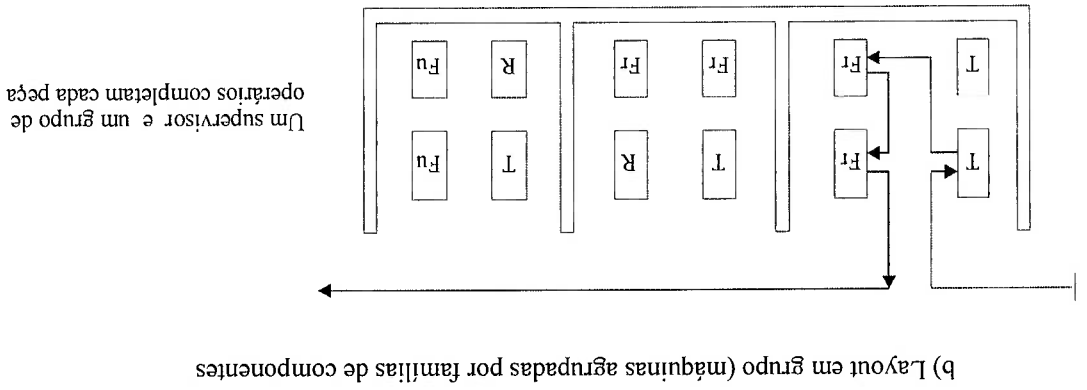
O layout funcional, por outro lado, é utilizado em situações completamente opostas às do layout de linha, ou seja, em situações que se tem grande diversificação de produtos, alguns sendo feitos de acordo com especificações do comprador e em lotes de pequena quantidade de componentes. Esta situação de mercado exige da fábrica uma grande flexibilidade para atender aos pedidos, flexibilidade esta que é proporcionada pelo layout funcional.

Dentre as vantagens desse layout podem-se citar:

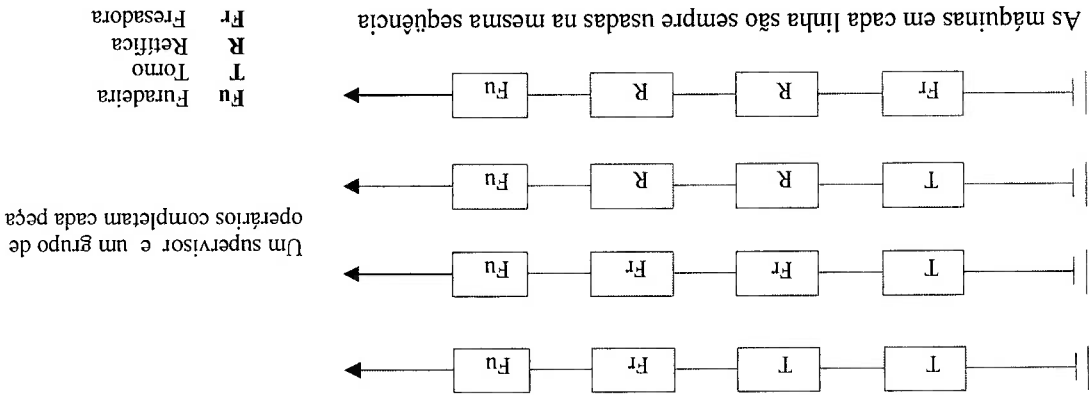
Figura 3.1 - Tipos de layout



As máquinas em cada grupo não necessitam serem usadas na mesma sequência



As máquinas em cada linha são sempre usadas na mesma sequência



a) Flexibilidade de produção - isto é particularmente importante quando a estabilidade do produto não pode ser garantida.

b) Baixo custo de quebra de máquina - a flexibilidade geral do layout funcional possibilita que o distúrbio da produção seja mínimo devido a quebras de máquinas.

c) Concentração de habilidades e de ferramentas - a colocação das máquinas de um mesmo tipo juntas, facilita o treinamento de pessoal e a concentração do ferramental em um único local.

Dentre as desvantagens, as mais significativas são:

a) Tempo total de produção muito longo: em virtude das várias seções que a peça tem que visitar para completar seu processamento, o tempo total desse percurso é demasiadamente longo originando elevado trabalho em progresso e altos custos de movimentação. A figura 3.2 ilustra a complexidade das rotas dos componentes através da fábrica.

b) Controle de produção complexo: por causa da complexidade das rotas torna-se difícil o controle da produção.

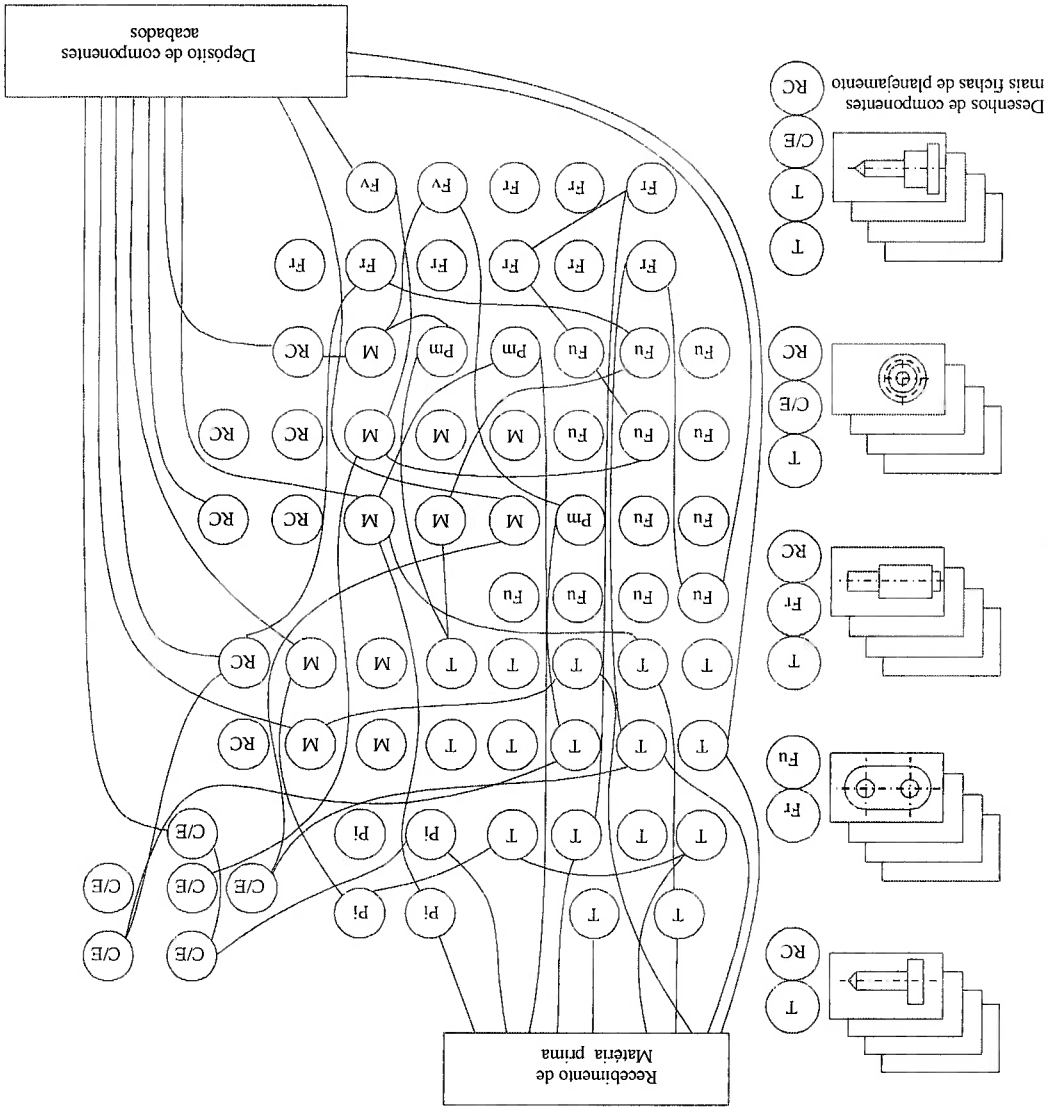
c) Fragmentação da responsabilidade de fabricação e inspeção: a responsabilidade pela fabricação de um componente se acha dividida entre as várias seções pelas quais a peça deverá passar.

d) Limitação do papel desempenhado pelo operário: o layout funcional parece oferecer limitada esfera de ação em termos de realização profissional e, portanto, satisfação pessoal.

O layout de linha pode ser aplicado tanto para a fabricação como para a montagem de um produto, sendo, neste último caso, denominado "Linha de Montagem". O princípio básico da linha de produção é a colocação das máquinas em linha, na sequência que elas serão usadas. Cada componente do lote percorre a linha, desde a primeira máquina até a última, sofrendo determinadas operações em cada uma. A

3.3 Layout de linha

Figura 3.2 - Fluxo de peças em um layout funcional



transferência de uma máquina para outra pode ou não ser automática. Se a transferência for automática tem-se a denominada "Linha de Transferência".

Na figura 3.1 a) está esquematizado esse layout. É interessante notar a simplicidade da rota de um componente ao ser fabricado.

As vantagens decorrentes da aplicação desse princípio são:

- a) Tempo total de produção pequeno - uma vez que as máquinas estão colocadas em linha, uma próxima da outra, o tempo total alcança um valor mínimo e o tempo de fabricação de um componente se resume ao tempo de operação mais demorada. A quantidade de trabalho em progresso é mínima com esse layout.
- b) Supervisão e mão de obra não especializada - a automatização existente permite o uso da mão de obra e supervisão não especializadas.

c) Controle de produção simplificado.

- d) Máximos lucros devido ao uso de equipamento e ferramental especializados - em virtude das quantidades a serem produzidas o uso de equipamentos especializados torna-se viável.

Como desvantagens podem-se citar:

- a) Baixa flexibilidade - devido complexidade envolvida e à especialização do equipamento de produção é quase impossível adaptar a linha para a produção de um componente diferente daquele para o qual ela foi projetada.
- b) Alto custo de quebra de máquina - a falha de um equipamento da linha pode produzir grandes prejuízos, devido à interdependência existente.

Dependendo dos componentes da família e da maneira em que as máquinas são dispostas dentro do grupo pode-se ter um fluxo unidirecional tornando o grupo semelhante a uma linha de produção, porém com maior flexibilidade. A figura 3.3 mostra as duas possibilidades de disposição das máquinas dentro dos grupos. A disposição da esquerda tem a vantagem de possibilitar o uso de correias transportadoras permitindo que o fluxo seja dirigido em uma só direção. A disposição da direita tem a

vantagem de ser mais compacta.

O layout de grupo consiste em grupos de máquinas de diferentes tipos de forma que cada grupo seja capaz de produzir todos os componentes de uma determinada família. A principal diferença entre o layout de linha e o layout de grupo é que no segundo, as peças não precisam usar a mesma sequência de máquinas e, pode ser até mesmo que algumas peças não necessitem usar uma ou mais máquinas do grupo onde elas são processadas. Na figura 3.1 b) tem-se quatro grupos esquematizados. Também nesse layout as rotas dos componentes são bastante simples quando comparadas com as do layout funcional.

3.4 Layout de Grupo

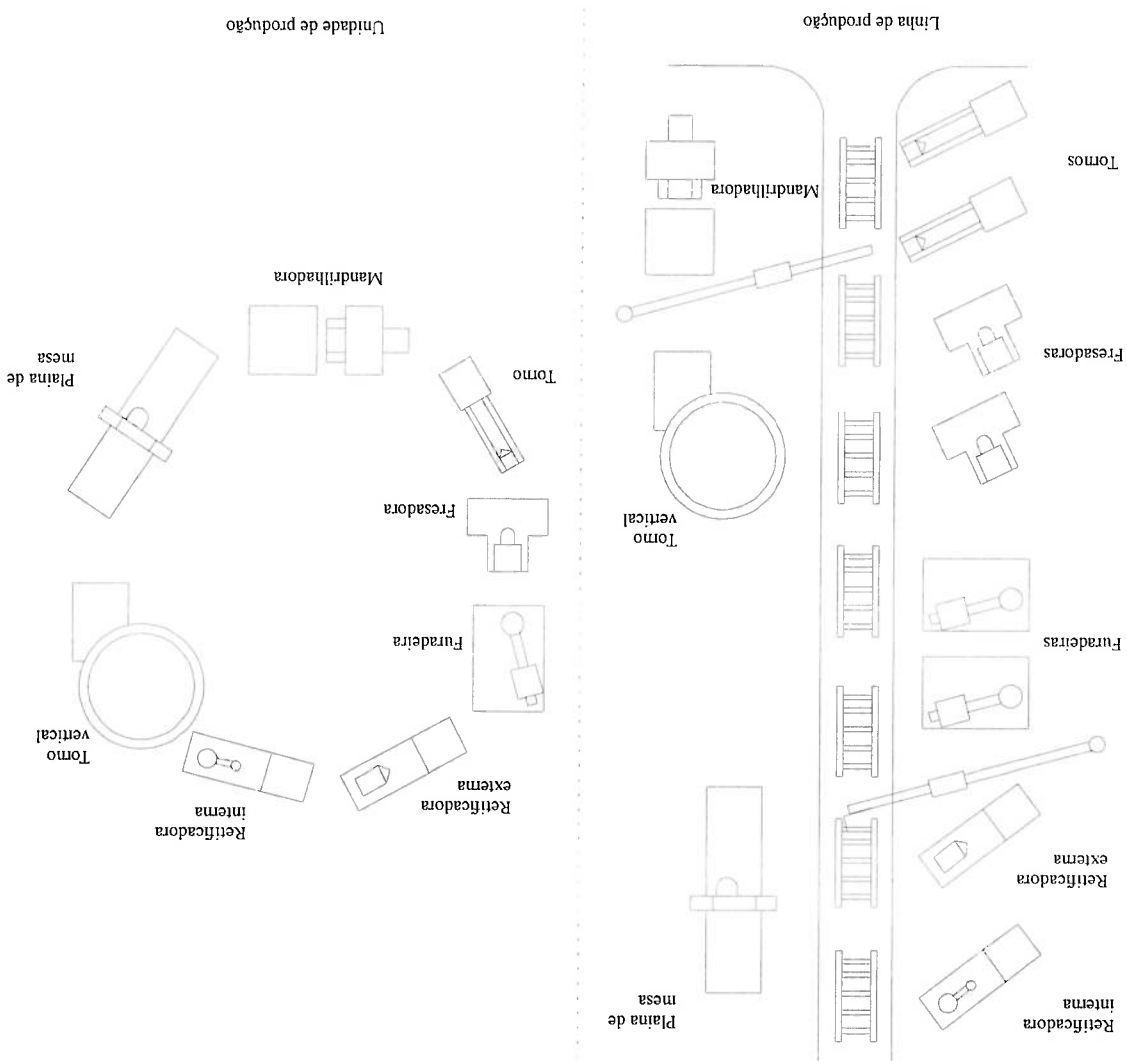
- agitação no meio industrial nos dias de hoje.
- constantemente realizando um ciclo de trabalho repetitivo, é citado como sendo a raiz da
- d) Papel limitado do operário - o tratamento tipo máquina recebido pelo operário, somente para altíssimas séries de componentes estáveis.
- c) Alto investimento inicial - o caráter único da linha de produção torna-a adequada

a) Tempo total de Produção pequeno - pela proximidade das máquinas e facilidade de programação, os tempos de movimentação e espera são diminuídos, levando a um tempo total de produção menor.

As vantagens do layout de grupo podem ser sumarizadas como segue:

Uma das grandes vantagens do layout de grupo de produção sobre o layout funcional reside na simplificação do fluxo de material através da fábrica, permitindo reduzir o investimento em estoques e os custos de transportes. Uma comparação entre os fluxos nos dois sistemas, pode ser observada na figura 3.4.

Figura 3.3 - Diferentes arranjos das máquinas dentro dos grupos.



b) Possibilidades de escolha da máquina mais adequada - o conhecimento dos

componentes a serem produzidos pelo grupo permite uma especificação adequada da

máquina operatriz levando, possivelmente, a um custo menor do produto.

c) Controle de fabricação melhorado - parte da responsabilidade pelo controle da

produção também é delegada ao grupo.

d) Diminuição do trabalho em progresso - isto é consequência da melhoria no

planejamento e controle da produção. De fato, diminuindo-se o tamanho do grupo,

diminui-se a complexidade do planejamento da produção permitindo uma carga de

máquina eficiente eliminando os tempos de espera e, consequentemente, o trabalho

em progresso.

e) Papel melhorado do operário na indústria - a participação do indivíduo dentro do

grupo é de importância fundamental para a solução dos problemas que surgirão.

Cada indivíduo sente, então, que faz parte de um time com objetivos comuns. Como

parte da tarefa de programação e controle da produção e do controle de qualidade é

deixada a cargo do grupo e, ele deve se deslocar muitas vezes de máquina para

máquina para realizar diferentes tarefas, a monotonia existente nos dois layouts

anteriores deixa de existir contribuindo para a realização do indivíduo.

Como desvantagem, as mais significativas são:

a) Menor flexibilidade - a flexibilidade do layout de grupo pode ser considerada como

sendo intermediária entre o layout de linha e o funcional.

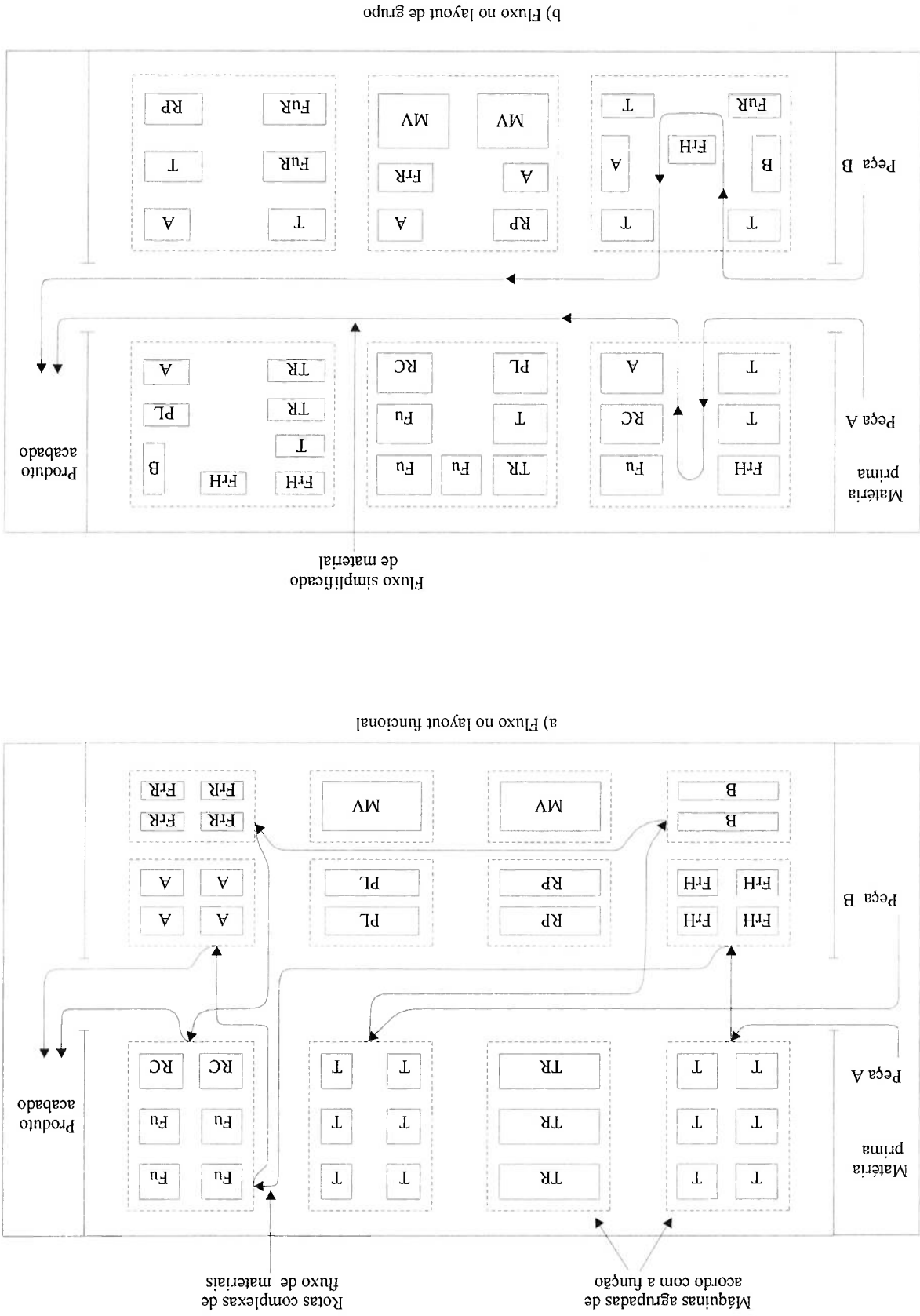
b) Risco de quebra aumentado - o problema de quebra de máquina nesse layout é mais

grave que no layout funcional por causa da dependência tipo cadeia dos processos

dentro do grupo. Uma falha em uma máquina, provavelmente resulte em perda de

produção.

Figura 3.4 - Comparação do fluxo no layout funcional e no de grupo.



3.5 Condições para implantação da TG.

A TG, como tem sido dito desde o primeiro capítulo não está relacionada às indústrias que utilizam processos contínuos ou de produção em massa - indústrias de tintas, alimentícias, automobilísticas - mas sim, àquelas que manufaturam produtos como válvulas, bombas, aviões e máquinas ferramentas. Entretanto, mesmo para essas indústrias, existe uma série de requisitos que, quando satisfeitos em maior número possível, proporcionarão facilidades na implantação da TG.

Segundo LEONARD e KOENIGSBERGER [20] as condições ótimas são:

a) Um grande número de pequenos lotes:

Esta é talvez a principal condição para da TG. Ocorrendo o contrário, ou seja, pequeno número de grandes lotes, máquinas especiais e técnicas de produção em massa são indicadas.

b) Informação acurada dos componentes e respectivos dados de produção:

A introdução da TG se baseia na análise dos componentes e nos dados da produção. Estes dados devem ser confiáveis para permitir uma formação realmente adequada das famílias e respectivos grupos. Alguns erros mais comuns dentro de uma indústria, são:

- folha de processo conflitante com o processo real utilizado na produção.
- tempos padrões não atualizados.
- desenhos não atualizados.

c) Componentes leves:

Este é um requisito muito desejável, pois o transporte de componentes leves permite um fluxo automático de trabalho ao longo do grupo.

Codificação.

métodos usados para o projeto desse layout baseia-se em um Sistema de Classificação e adequabilidade de layout de grupo, considerado um dos aspectos chaves da **TG**. Um dos Essas condições, quando satisfeitas em maior número possível indicam uma para a fabricação de dois componentes consecutivos, seja mínimo.

Componentes satisfazendo a este requisito farão com que o ajuste das máquinas,

g) Similiaridade de componentes e de operações de produção:

Isto significa que teremos uma otimização da mão de obra e não da máquina. e deslocar o operador de máquina para máquina a fim de manter um fluxo constante. grupo, podemos colocar um número de máquinas maior que o número de operadores das mesmas, ou seja, de um índice de utilização mais baixo. Dessa forma, dentro do A existência de máquinas de baixo custo permite a aceitação de uma certa ociosidade

f) Máquinas baratas:

requeiram tanta habilidade é o desejável. operação aumenta. Assim, movimento de operadores entre trabalhos que não O grau de flexibilidade decai a medida que o nível de habilidade necessária a uma

e) Trabalhos simples e flexibilidade da mão de obra:

desviar da linha. feito durante a transferência dos componentes de uma máquina para outra sem os inspetor de qualidade para cada célula de tal modo que o controle de qualidade é componentes necessitarem de inspeções entre as operações, pode-se designar um fluxo de trabalho entre as máquinas não é interrompido. Entretanto, se os Componentes requerendo inspeção mínima são mais adequados pois, com isso, o

d) Inspeção mínima:

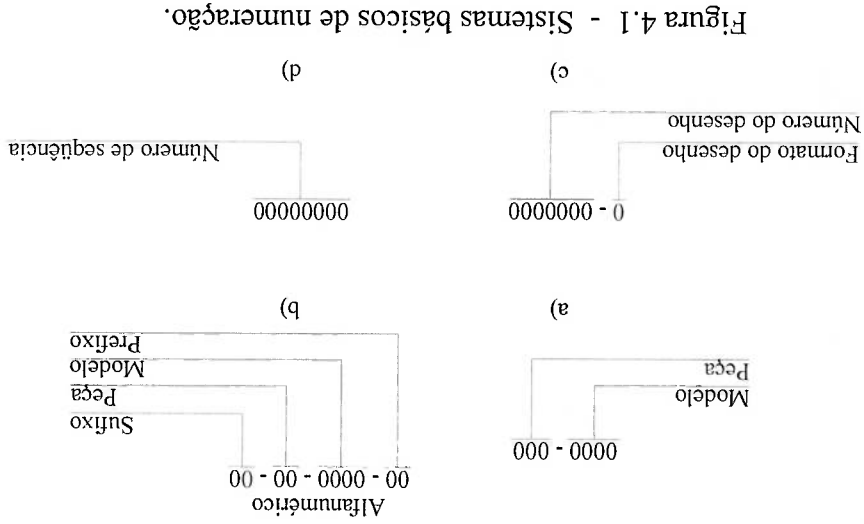
4 - SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO

4.1 Generalidades

Um Sistema de Classificação e Codificação (SCC) possui um papel destacado dentro do contexto da TG não só pela sua aplicação na formação de famílias, como também pelas vantagens que pode proporcionar quando aplicado em outros setores como projeto do produto, planejamento do processo, produção, e outros[21][22][23]. Em virtude dessa importância, serão detalhados, neste capítulo alguns dos principais SCC disponíveis no mercado.

4.2 Introdução

Até por volta de 1960, muito pouca atenção era dada, quando da escolha de um sistema de numeração por parte de uma indústria. Assim, a única função que um sistema de classificação e codificação possuía era de identificar univocamente uma peça ou produto dentro da indústria. A figura 4.1, mostra 3 tipos básicos de sistemas que foram e ainda são muito utilizados.



Com o aparecimento da **TG**, juntamente com a possibilidade de usar o computador, não só em projeto como em produção, passou-se a dar maior importância e consideração aos sistemas de classificação e codificação. Assim surgiram os sistemas de classificação de OPTZ, VUOSO, BRISCH, ZAFO, KK1, KK3, entre outros. Todos eles com o objetivo de aumentar a produtividade através de uma manipulação facilitada da informação nos diversos departamentos envolvidos na produção como: projeto, processo, produção, montagem e controle da qualidade.

4.3 Requisitos Básicos e Definições

a) Classificação

A classificação pode ser definida como sendo a divisão das peças dentro de classes de acordo com suas similaridades. Essas similaridades podem ser de forma ou de processo ou de quaisquer outras características convenientes, como por exemplo, valor, tipo de produto, etc.

b) Codificação

A codificação pode ser definida como a designação de símbolos para as classes de tal maneira que os símbolos transmitam informações sobre a natureza das classes. Assim, quando um código é decifrado, ele deve transmitir uma informação específica.

c) Requisitos Básicos

Para aplicações da **TG**, um sistema de classificação e codificação deve satisfazer os seguintes requisitos básicos:

- Um meio útil para rápida recuperação de desenhos e processo;
- Fácil de aprender e manusear;

- a) Monocódigo;
- b) Policódigo;
- c) Misto.

Quanto à sua construção, pode-se ter:

seis valores diferentes.

Os códigos numéricos apresentam algumas vantagens sobre os alfabéticos. Eles são mais facilmente entendidos em um número maior de países; possuem um menor risco de erros de leitura. Por outro lado, apresentam a desvantagem de terem apenas 10 valores diferentes para cada dígito, enquanto que o alfabético pode ter vinte e

- a) Numéricos - somente números.
- b) Alfabéticos - somente letras.
- c) Alfanuméricos - letras e números.
- d) Hexadecimal - usa 16 caracteres (0-9 e A-F).

Quanto aos caracteres empregados, os SCC podem ser classificados em:

4.4 Classificação dos Sistemas de Codificação

- Usável com equipamento de processamento de dados;
- Aplicável através de todos os departamentos da indústria;
- Uma ferramenta para a seleção de grupos de componentes similares com relação à produção;
- Baseado em características permanentes;
- Adaptável a futuras mudanças.

Este sistema abrange todos os itens da indústria e não somente as peças produzidas. O primeiro dígito classifica todos os itens dentro de 10 classes principais, cada classe é então expandida detalhando os itens dentro dela. Assim, se o primeiro dígito é 3, temos a classe dos componentes (peças).

- a) É um monocódigo;
- b) É um código numérico de comprimento constante, de base decimal.
- c) É projetado "sob medida" para satisfazer os requisitos de cada indústria; e
- d) É baseado inteiramente em características permanentes dos itens classificados.

regras principais:

O sistema de classificação e codificação BRISCH é baseado em quatro

4.5 Sistema BRISCH [24], [25]

cada firma.

projetados "sob medida" são construídos para satisfazer os requisitos particulares de pronto uso, como exemplo, pode-se citar o código de OPTZ e o KK3. Os sistemas sistemas universais são de aplicação geral e se acham disponíveis no mercado para Finalmente, os SCC podem ser universais ou projetados "sob medida". Os

dada pelos outros dígitos.

Cada dígito no código contém informações próprias e não qualifica a informação Um polícódigo é um código no qual cada dígito é independente de todos os

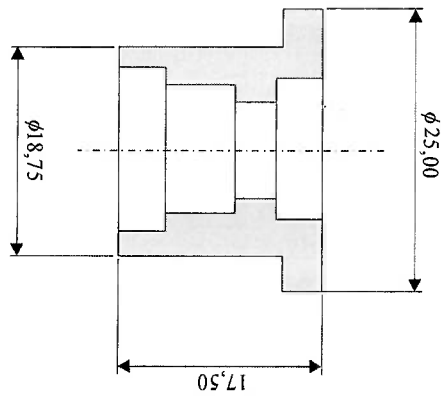
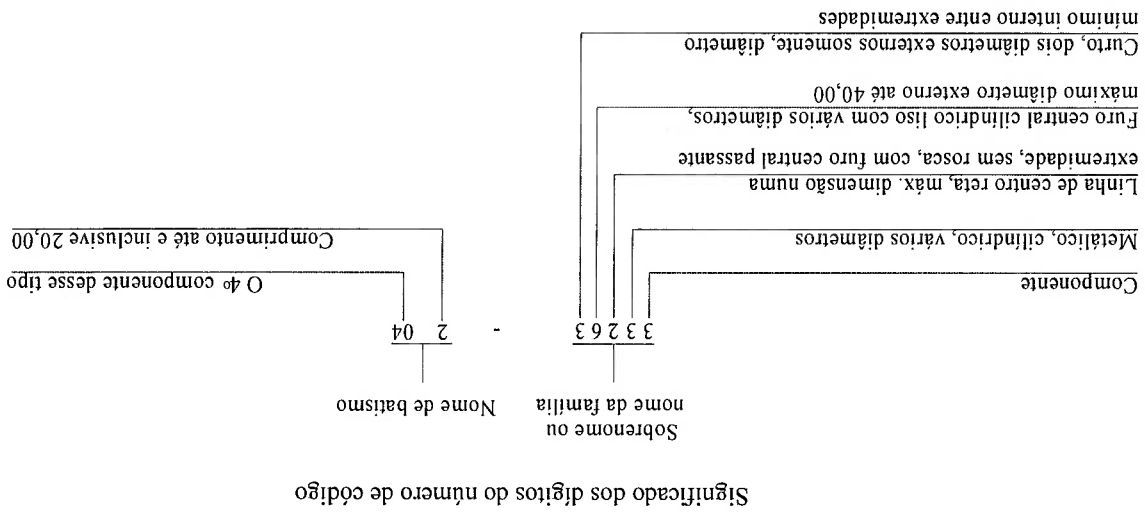
usado nas bibliotecas do mundo inteiro.

Um monocódigo é um código no qual cada dígito amplifica a informação dada pelo dígito anterior. Um exemplo bem conhecido é o sistema decimal de Dewey,

O sistema de OPTZ foi construído com o objetivo de auxiliar as áreas de projeto e de produção. É um sistema misto, de base decimal. O código é composto de 9

4.6 Sistema de Classificação de OPTZ [26][27]

Figura 4.2 - Expansão de uma classe principal



A figura 4.2 ilustra uma expansão de classe 30.000, dando a codificação de um componente. Neste caso, um "Sobrenome" de 5 dígitos define a família de um componente e um "Nome de batismo" de três dígitos é suficiente para estabelecer uma identidade exata para cada item particular dentro da classe geral.

últimos constituem o código adicional ou suplementar.

digitos, sendo que os 5 primeiros constituem o código geométrico ou de forma e os 4

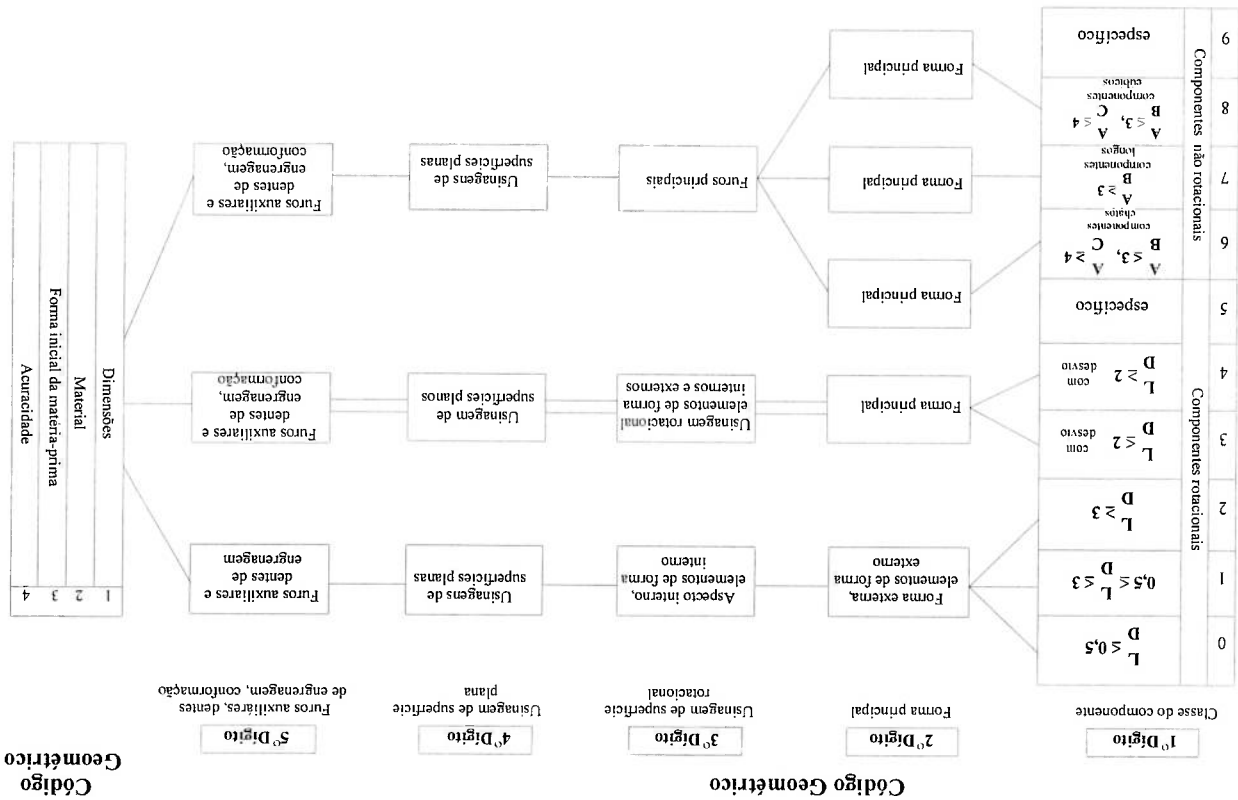


Figura 4.3 - Sistema de Classificação de OPTZ.

A figura 4.3 mostra a estrutura geral do Sistema de Classificação do OPTZ. L e D são comprimento e diâmetro, respectivamente, para peças rotacionais e A, B e C comprimentos das arestas de componentes não rotacionais em ordem decrescente de grandeza. A figura 4.4 mostra um detalhe do código relativo a peças rotacionais.

Basicamente o primeiro dígito divide os componentes em rotacionais e não rotacionais, e de acordo com a relação L/D ou A/B, respectivamente. As classes 5 e 9 são reservadas para casos específicos de cada indústria. O segundo dígito dá a forma externa principal e os elementos de forma para os componentes rotacionais e os

principais desvios de forma para os não rotacionais. O terceiro dígito da forma interna e seus elementos de forma e os furos principais. O quarto dígito descreve usinagens de superfícies planas e o quinto, os furos de broca, engrenagens, etc.

1º Dígito		Classe do componente	
0	$L \leq 0,5$	Componentes rotacionais	
1	$0,5 \leq L \leq D \leq 3$		
2	$L \geq 3$		

2º Dígito		Forma externa, elementos de forma externo	
0	Forma	Liso, sem elementos de	
1	Sem elementos de forma		
2	Com rosca	Escalonado em uma extremidade ou liso	
3	Com ranhura funcional		
4	Semelementos de forma		
5	Com rosca	Escalonado em ambas as extremidades	
6	Com ranhura funcional		
7	Cone funcional		
8	Rosca operativa		
9	Outros	(10 diâmetros funcional)	

3º Dígito		Forma interna, elementos de forma interno	
0	Furo cego		
1	Sem elementos de forma		
2	Com rosca	Liso ou escalonado em uma extremidade	
3	Com ranhura funcional		
4	Sem elementos de forma		
5	Com rosca	Escalonado em ambas as extremidades	
6	Com ranhura funcional		
7	Cone funcional		
8	Rosca operativa		
9	Outros		

4º Dígito		Usinagens de superfícies planas	
0	Sem usinagem de superfície		
1	Superfície plana externa e/ou superfície curvada em uma direção		
2	Superfícies planas externas relacionadas umas às outras por graduação em torno de um círculo		
3	Ranhura e/ou rasgo externo		
4	Estrado e/ou polígono externo		
5	Superfície plana e/ou ranhura e/ou rasgo estado externo		
6	Superfície plana e/ou ranhura interna		
7	Estrado e/ou polígono interno		
8	Estria e/ou rasgo ranhura externa e interna		
9	Outros		

5º Dígito		Furos auxiliares e usinagens de dentes de engrenagem	
0	Sem furos auxiliares		
1	Furos axiais sem máscara de furação	Sem dentes de engrenagens	
2	Furos axiais com máscara de furação		
3	Furos radiais sem máscara de furação		
4	Furos axiais e/ou radiais e/ou em outras direções sem máscara		
5	Furos axiais e/ou radiais e/ou em outras direções com máscara		
6	Engrenagens retos ou helicoidais		
7	Engrenagens cônicas		
8	Outros dentes de engrenagens		
9	Outros		

Figura 4.4 - Detalhe do código de OPTZ aplicado a componentes rotacionais.

No código de forma (principal) somente a forma usinagem é codificada, ficando a forma inicial do blank para ser codificada no código secundário. Um exemplo de codificação de uma peça através do código de OPTZ é dado na figura 4.5

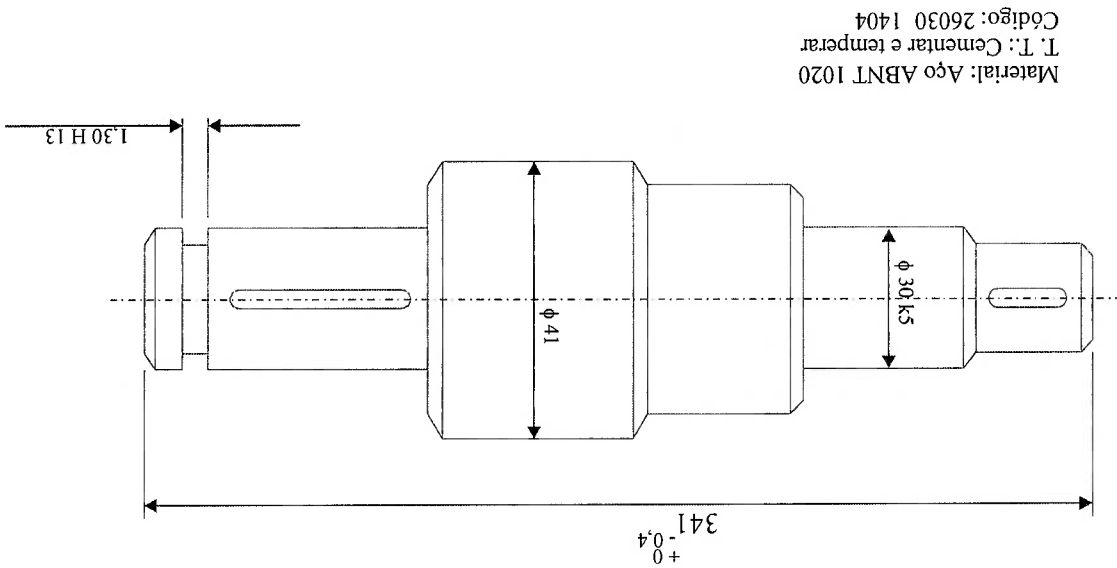
A figura 4.6 mostra alguns exemplos de codificação de peças. Observe-se que as peças à esquerda são similares às da direita com ligeira diferença geométrica, porém, observa-se também como os números de códigos se alteram.

Desenvolvido no Instituto de Pesquisa de Máquinas Ferramenta de Praga, o sistema codifica uma peça através de quatro dígitos, simplesmente. O sistema foi originalmente desenvolvido para estudos de estatísticas de peças, porém pode ser adequado em pequenas indústrias e escritórios de projetos.

O primeiro dígito representa o tipo de componente - por exemplo, 1 representa peça rotacional sem furo axial e 7 representa peça não rotacional, tipo caixa. O segundo dígito representa a classe - por exemplo, 2 define peças cujos diâmetros estão na faixa 0-40 mm com a razão $L/D = 6$ (para rotacionais) e $L_{máx} = 200$ mm. O terceiro dígito dá o grupo da peça e identifica aspectos como roscas, rasgos e estrados. O quarto dígito é independente dos demais e identifica o material da peça.

4.7 Sistema de Classificação VUOSO [9][28]

Figura 4.5 - Código OPTZ aplicado a um eixo.

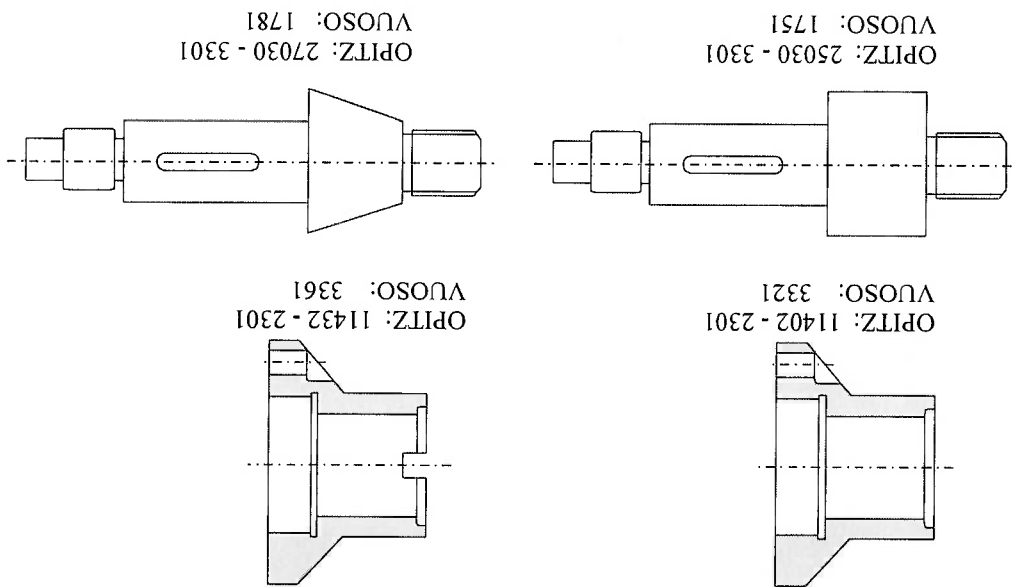


O sistema CODE foi desenvolvido para redução de variedades de componentes no setor de projetos. O CODE é composto de 8 dígitos com a seguinte denominação para cada dígito:

- 1º dígito: Forma básica da peça dentro do grupo;
- 2º dígito: Forma externa - diâmetro;
- 3º dígito: Forma interna;
- 4º dígito: Furos;
- 5º dígito: Rasgos;
- 6º dígito: Rasgo profundo;
- 7º dígito: Maior diâmetro externo;
- 8º dígito: Comprimento.

4.8 Sistema de Classificação CODE [29]

Figura 4.6 - Peças codificadas pelo sistemas de OPTZ e VUOSO.



7º dígito: Formas principais e relações entre as dimensões;
 5º e 6º dígitos: Dimensões principais;
 3º e 4º dígitos: Informações sobre o material;
 1º e 2º dígitos: Nome da peça;

peças rotacionais são:

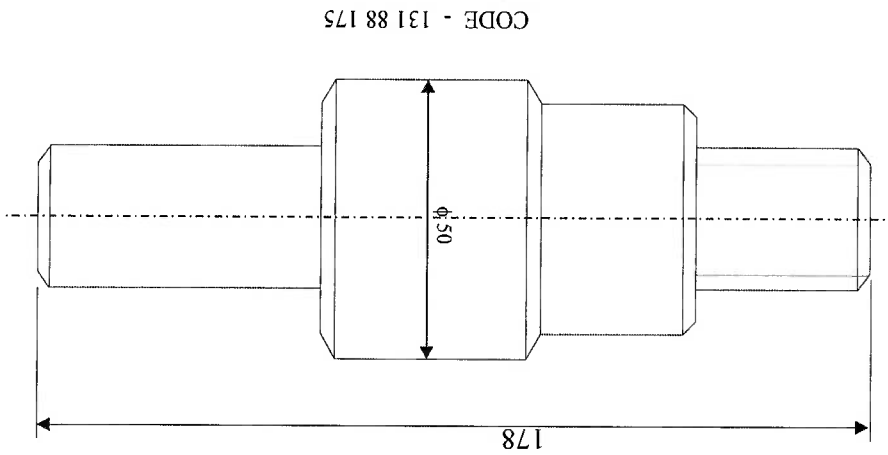
Sinteticamente, as informações contidas nos 21 dígitos do Sistema KK3 para

rotacionais (classes de 5 a 9),

OPTZ, também faz a divisão em componentes rotacionais (classes de 0 a 4) e não tendo 21 dígitos e dez classes (0 a 9) baseados no sistema decimal. Semelhante ao O sistema KK3 foi desenvolvido em 1976, para classificação de peças,

4.9 Sistema de Classificação KK3 [30]

Figura 4.7 - Código CODE aplicado a um eixo.



básica da peça. A figura 4.7 ilustra uma peça codificada por este sistema.

Os dígitos 2º a 8º são dependentes do 1º dígito, já que este define a forma

vários SCC.

Como ilustração, na figura 4.9 tem-se uma mesma peça codificada segundo

podendo, serem aplicados às duas áreas principais - Projeto e Produção.

pacotes de CAD/CAM. Muitos tentam abranger aspectos geométricos e de processos

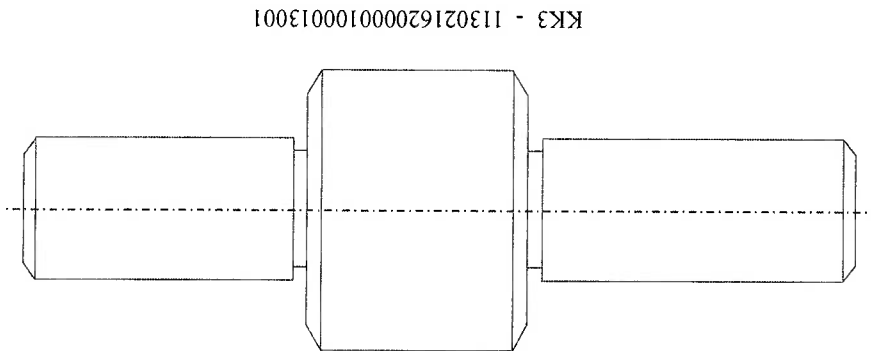
SULZER [5], ZIMMERMANN [9], e MICLASS [31]. Alguns deles fazem parte de

vários outros SCC. Dentre eles podem-se citar o SCC de MITROFANOV [12],

A bibliografia fornecida no final deste trabalho, fornece informações sobre

4.10 Outros Sistemas de Classificação e Codificação

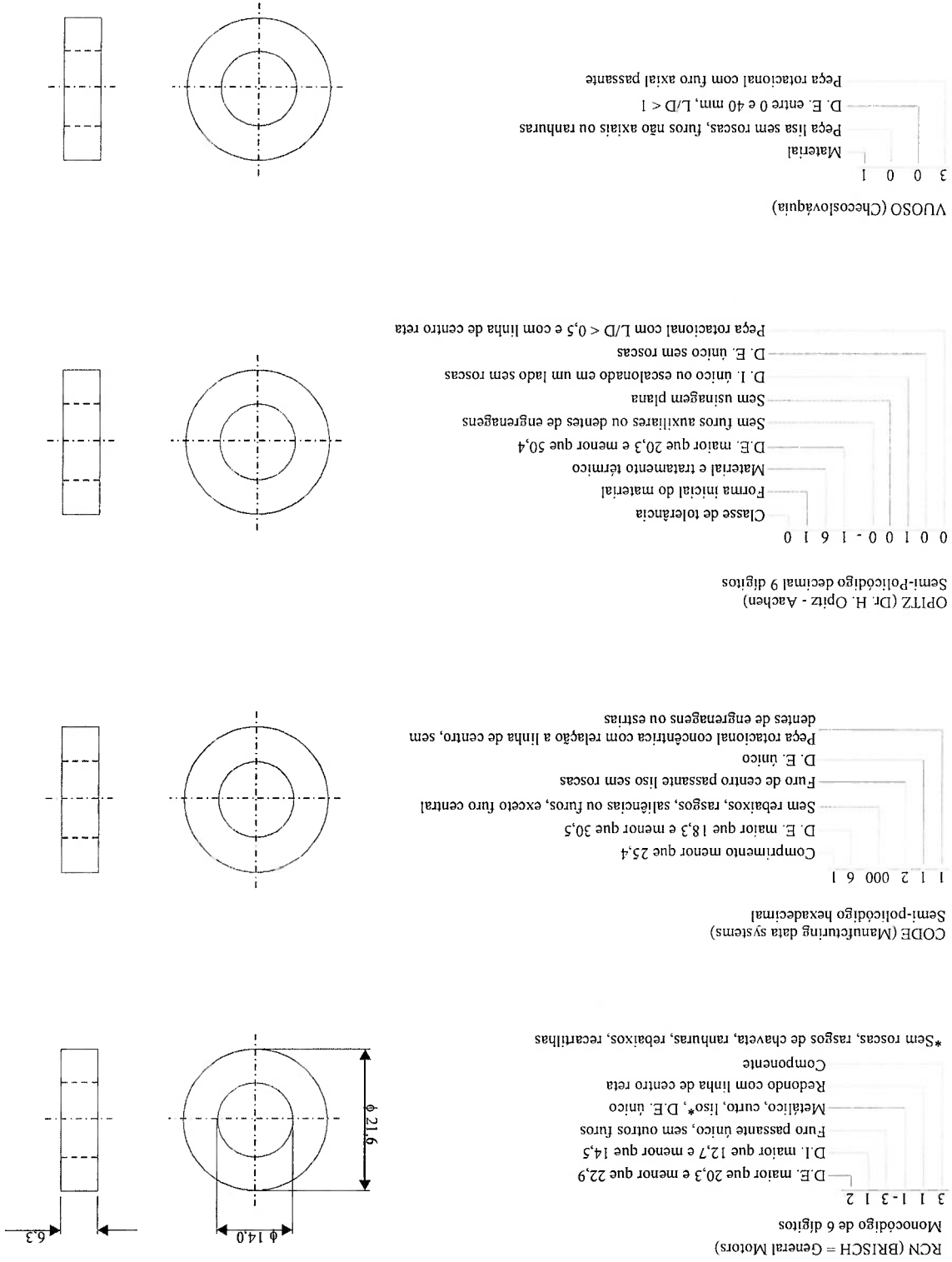
Figura 4.8 - Código KK3 aplicado a um eixo.



A figura 4.8 um eixo codificado pelo sistema KK3.

- 21º dígito: Acuracidade do componente.
- 20º dígito: Detalhes de forma em processos não de corte;
- 18º e 19º dígitos: Detalhes de forma e processos nos furos concêntricos;
- 17º dígito: Detalhe da superfície final;
- 14º a 16º dígitos: Detalhes da superfície interna e usinagens envolvidas;
- 8º a 13º dígitos: Detalhes da superfície externa e usinagens envolvidas;

Figura 4.9 - Peça codificada segundo vários SCC.



4.11 Áreas de Aplicação de um SCC.

4.11.1 Aplicação de um SCC no Projeto do Produto

A contribuição de um SCC, sob este aspecto, é fundamental para o bom desempenho do setor de projeto. Como a especificação do produto nasce na Engenharia do produto, qualquer esforço no sentido de evitar um aumento de variedades desnecessárias deve se concentrar aí. É importante, portanto, ter-se um sistema que permita confrontar rapidamente os componentes de um produto novo, com os já existentes. Normalmente, como os SCC atualmente em uso são voltados para o produto, isto é, os desenhos são arquivados de acordo com o produto a que pertencem e os números são sequenciais apenas, não dando nenhuma informação sobre o componente, fica praticamente impossível encontrar componentes similares àquelas que estão sendo cogitados no novo produto. Porém, se o SCC for projetado baseado nas características geométricas e físicas dos componentes, os desenhos podem ser arquivados segundo este código, de modo que peças similares fiquem em família.

Quando o projetista necessitar de um componente em um produto novo, o primeiro passo é fazer um esboço do componente e codificá-lo de acordo com o SCC. Feito isso, o segundo passo é dado, fazendo uma pesquisa no arquivo anteriormente citado. Três situações podem ocorrer:

a) Existe um componente que pode ser utilizado no projeto em questão. Neste caso, não há necessidade de desenhar a peça;

b) Existe um componente similar que com pequenas modificações poderão ser utilizados. Neste caso, pode-se tentar reportar a peça de modo a se utilizar a peça já

existente, ou no pior dos casos, mantém-se o maior número de aspectos geométricos possíveis afim de utilizar o mesmo processo, ferramental, estimativa de tempos;

c) Não existe um componente similar. Neste caso, então, um novo desenho deve ser feito que acarretará um novo processo de fabricação, ferramental, estimativa de tempos.

Este procedimento evita o aumento desnecessário de variedades permitindo um aumento de produtividade tanto no setor de projeto como no de produção.

4.11.2 Aplicação de um SCC no Planejamento do Processo

Geralmente peças similares na forma possuem o mesmo processo de fabricação. Se o departamento de processos possuir um arquivo com os processos colocados segundo um SCC será possível encontrar processos relativos a peças similares, evitando a confecção de novos processos. Toda a informação pode ser recuperada rapidamente.

4.11.3 Aplicação de um SCC na Produção

A existência de um SCC possibilita a formação de famílias que serão produzidas no mesmo grupo de máquinas. Isto permite encontrar o melhor seqüenciamento com o conseqüente aumento de produtividade. Ainda, o conhecimento exato das peças produzidas em um determinado grupo leva a melhoria na política de compra de máquinas, permitindo um melhor ajuste das máquinas ferramentas aos componentes.

É fato notório que dentro de uma indústria mecânica, as máquinas utilizadas normalmente possuem uma capacidade muito superior àquela necessária para a

produção dos componentes. A existência de um SCC juntamente com layout de grupo

na produção evita que tal fato ocorra.

A tabela 4.1 sintetiza a influência de um SCC nas várias áreas produtivas.

Pode-se observar, nesta figura, que um SCC além de permitir a formação de famílias de peças e, consequentemente, a formação de grupos de máquinas, inclui decisivamente em outras áreas ligadas ao processo de produção proporcionando outras economias.

Tabela 4.1 - Áreas de influência de um SSC.

Projeto	Redução da duplicidade de componentes
	Descrição da forma
	Reconhecimentos dos componentes repetidos e de componentes análogos independentes do produto
	Desenvolvimento de projeto por CAD
	Padronização de formas características
	Montagem de arquivos de processo e desenhos
Planejamento do processo	Formação de famílias de componentes para usinagem, independente do produto
	Minimização da informação e do esforço de controle
	Planejamento sistemático de investimentos
	Fabricação por famílias de peças
Produção	Adaptação da máquina ferramenta aos componentes
	Realização de formas acuradas de organização
	Montagem de famílias de produto e sub-montagens
Montagem	Adaptação dos equipamentos de montagem aos problemas de montagem
	Realização de formas acuradas de organização

A figura 4.10 resume a adequabilidade de um sistema de classificação em

relação aos diferentes propósitos que ele pode servir. Os seis propósitos listados nesta figura deveriam ser prática comum dentro das indústrias, pois a aplicação desses conceitos gera um aumento de produtividade dos diversos setores abrangidos por eles com consequente redução de custos. A existência de um SCC adequado, permite que esses propósitos sejam mais facilmente alcançados. Ainda dessa figura, pode-se observar que um SCC que faz a identificação de peças através de números sequenciais, sem nenhuma orientação, é de pouca valia, enquanto que aquele que identifica uma peça através de um código onde parte é orientado para projeto e parte para a produção é completamente satisfatório como meio para se realizar os vários propósitos.

Identificação por		Adequabilidade para o propósito de					
Orientação	Nenhuma	Produto	Produção	Projeto	Principal - Projeto	Secundário - Produção	Número

Figura 4.10 - Métodos de classificação de peças. [32]

4.12 Escolha do SCC

Apesar dos inúmeros SCC disponíveis no mercado, nenhum deles é universalmente aceito. A razão disso é que nenhum é capaz de satisfazer as diferentes necessidades apresentadas pelas diferentes indústrias. A escolha de um SCC representa

um passo decisivo na obtenção dos benefícios proporcionados pela **TG**. Assim, para selecionar um **SCC** adequado é necessário proceder a uma avaliação comparativa dos diversos **SCC** disponíveis.

Existem muitas aplicações úteis para os **SCC**, como foi visto no Item 4.11 (figura 4.10), porém eles são basicamente usados para dois propósitos principais, para padronização e recuperação de desenhos e para o agrupamento de famílias de peças para a produção em grupo. Para uma aplicação de sucesso da **TG** ambos os aspectos são igualmente importantes. Dessa forma é aconselhável uma investigação cuidadosa dos sistemas com relação às suas características e adequabilidade.

Segundo Prof. INVYONG HAM (Pennsylvania State University) [33] vários fatores devem ser considerados na seleção de um **SCC** adequado e algumas áreas tipicamente questionadas são as seguintes:

a) Objetivo - Qual é o principal objetivo do sistema de classificação? Porque se necessita do sistema? Será usado principalmente para recuperação de desenhos ou para a fabricação por famílias de peças, ou para ambos?

b) Campo de Aplicação - Quais departamentos usarão o sistema? Quais são as necessidades específicas e informações a serem codificadas? Qual é a faixa de produtos e qual a complexidade da forma, processamento e ferramental das peças?

c) Custo e Tempo - Qual o custo que estará envolvido na instalação, treinamento e manutenção do sistema? Quanto tempo levará para se perceber os efeitos do sistema em todas as áreas de aplicação, variando desde o projeto até a produção?

d) Adaptabilidade a outros sistemas - O sistema é facilmente adaptável ao computador e aos bancos de dados que estão sendo usados pela firma? O sistema pode ser

facilmente integrado com outros sistemas tais como o sistema de planeamento de

processo, programação de CN, informações administrativas, entre outros?

e) Problemas administrativos - Todas as pessoas envolvidas com administração estão informadas e apoiam a instalação do sistema? Existe algum problema com o sindicato? Pode ser obtida uma boa cooperação entre os departamentos envolvidos?

Com o objetivo de comparar vários SCC, alguns parâmetros básicos devem

ser estabelecidos nas áreas de projeto e fabricação. Dentre esses parâmetros podem ser

citados:

a) Área de Engenharia de Projeto

- Forma principal

- Elementos de forma

- Material

- Forma original e tamanho

- Maior dimensão

- Menor dimensão

- Tolerâncias

- Funções

b) Área de Fabricação

- Maior operação

- Menor operação

- Maior dimensão e relação de dimensões

- Acabamento superficial

- Tratamento especial

- Forma e dimensões originais

- Máquina

- Dispositivos de fixação e ferramentas

- Lote

- Tempo de reparo

- Tempo de produção
- Sequência de produção

As necessidades e as informações específicas de cada departamento devem

ser checadas para se determinar a adequabilidade do sistema. A tabela 4.2 mostra um

quadro comparativo de vários SCC com relação a vários parâmetros.

Tabela 4.2 - Comparação entre vários SCC em relação a alguns parâmetros.

PARÂMETROS	RCN	CODE	MICLASS	OPTZ	VUOSO	KK3
Forma das extremidades	X		X	X		X
Forma externa	X	X	X	X	X	X
Forma interna	X	X	X	X		X
Saliências		X	X	X		X
Furos adicionais	X	X	X	X	X	X
Roscas	X	X	X	X	X	X
Rasgos e ranhuras	X	X	X	X	X	X
Rebaixos	X	X	X			X
Dentes de engrenagens ou estrias	X	X	X	X	X	X
Bipartidas, rasgos de chavetas, recartilhas, gravações	X					X
Faixa de D.E.	X	X	X	X	X	X
Faixa de D.L.	X					
Faixa de comprimento	X	X	X	X		X
Razões de dimensões	X	X	X	X	X	X
Tolerâncias			X	X		X
Tratamento térmico			X	X	X	X
Forma da matéria prima				X		X
Tipo da matéria prima			X	X	X	X
Acabamento			X			

Nesta figura estão listados vários parâmetros que devem ser englobados por

um SCC. Para cada um dos seis sistemas estão assinalados, com um x, os parâmetros

descritos por ele.

De todo o exposto anteriormente, não se pode duvidar das inúmeras

aplicações de um SCC bem projetado. A formação de famílias para a produção em

grupos de máquinas é uma dessas aplicações e será descrita com maiores detalhes no

próximo capítulo.

5 - MÉTODOS DE FORMAÇÃO DAS FAMÍLIAS DE COMPONENTES

5.1 Generalidades

O ponto focal da **TG** é a formação das famílias de componentes. A partir das famílias são formados os grupos e o arranjo desses grupos leva ao layout de grupo, visto no capítulo 3. Existe muita discussão em torno dos métodos disponíveis no sentido de se determinar qual é o melhor. Entretanto, a verdade é que a aplicação de um determinado método está condicionada a existência das informações por ele requeridas^[34].

Isto significa que, em cada caso, deve-se fazer um julgamento das vantagens e desvantagens fornecidas por cada método, com base no nível de informações disponíveis dentro da firma em estudo. No item 5.6, serão feitos comentários sobre as virtudes e as deficiências de cada método.

5.2 Formação de Famílias de Componentes Através de Inspeção Visual

Esse método consiste em fazer uma história nos vários almoxarifados da fábrica, agrupando as peças de forma similar dentro das famílias. De posse dessas famílias, faz-se um estudo dos processos de fabricação de cada uma visando a determinação dos tipos de máquinas que devem figurar em cada grupo. A quantidade de cada tipo de máquinas seria obtida fazendo-se uma análise de carga de máquina, baseada em uma programação estimada de produção.

Finalmente o layout de grupo é obtido mediante o estudo da disposição dos grupos formados. Após a determinação das famílias, a sequência acima descrita,

levando ao layout de grupo, é sempre a mesma, independentemente do método de formação das famílias empregado.

Analisando-se o procedimento adotado na The English Electric Co, Ltd [14], cujos resultados foram descritos no capítulo 2, pode-se concluir que se trata de uma variante desse método de inspeção visual. De fato, o procedimento adotado foi o de análise visual dos desenhos microfilmados com o auxílio de equipamento adequado para a projeção ampliada dos mesmos.

Uma outra variante desse método de inspeção visual foi adotado pela firma Harris Intertype Corporation, Langston Division [9]. Esta firma classificou cerca de 21.000 peças diferentes, todas de pequenas dimensões, retirando uma a cada sete peças encontradas nos almoxarifados e colocando-as em uma grade com quadrados de uma polegada de lado. A seguir eram tiradas fotografias dessas peças. Esse procedimento deu origem a 3.000 fotografias, que foram então selecionadas visualmente, obtendo-se de uma maneira rápida as famílias e respectivos grupos de máquinas.

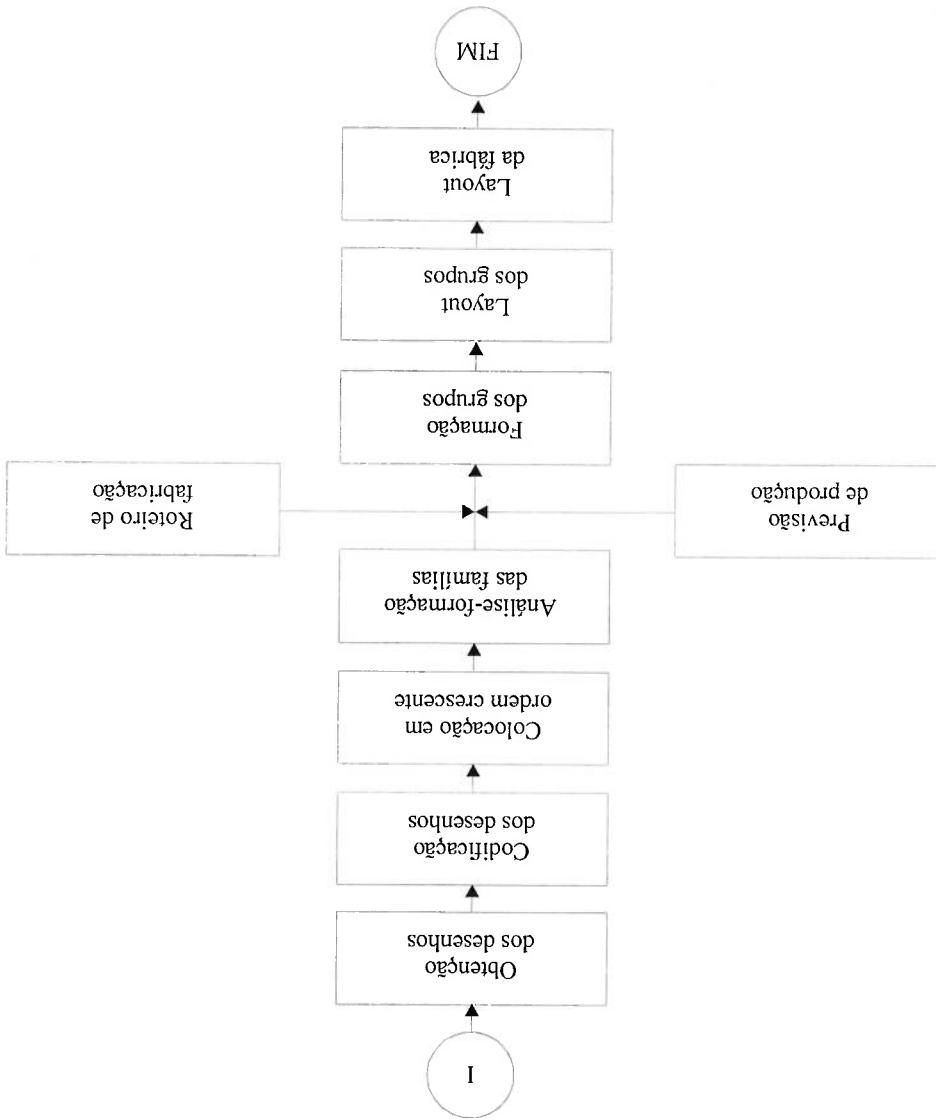
Métodos mais modernos de identificação visual de componentes através da aquisição de imagem por câmera digital[35] pode, com auxílio de um software, classificar e codificar os componentes e associar este código com um banco de dados de um CAD, o que simplifica e agiliza a codificação e consequentemente a formação de famílias dentro da TG.

5.3 Formação de Famílias de Componentes Através de um Sistema de Classificação e Codificação.

Uma decisão fundamental a ser tomada na aplicação desse método é, obviamente, o da escolha do SCC a ser adotado. Esta escolha deve ser feita de acordo

Da mesma forma que no parágrafo 5.2, mostrar-se-á todo o caminho a ser percorrido até a obtenção do layout da fábrica e não somente até a formação das famílias. A obtenção dos desenhos é a primeira e mais simples das etapas, dispensando maiores comentários.

Figura 5.1 - Formação de famílias e grupos usando SCC.



na figura 5.1. com a discussão no item 4.10, do capítulo 4. As etapas seguintes podem ser visualizadas

A segunda etapa, a codificação dos desenhos, exige um certo tempo para ser

cumprida. Em média, tem-se a velocidade de codificação da ordem de 150 desenhos por

homem por dia [9].

Nos primeiros dias de codificação a velocidade é um pouco menor,

aumentando com o desenvolver dos dias devido a uma crescente familiarização com o

sistema de codificação. Como um exemplo, uma curva de aprendizado típica para

engenheiros usando o Código OPTZ é mostrada na figura 5.2. A velocidade de

codificação é função do sistema adotado, da complexidade dos componentes e do

formato do desenho, ou seja, da facilidade de manipulação do desenho.

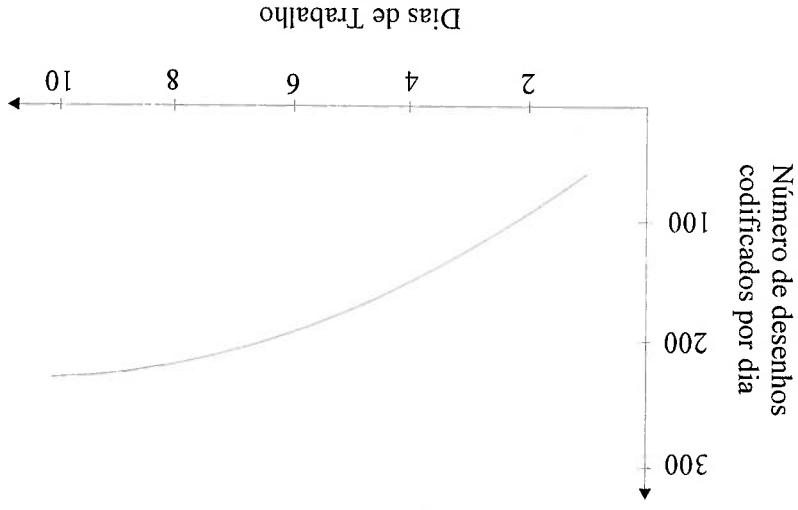


Figura 5.2 - Curva de aprendizado para o sistema de OPTZ [9].

A codificação deve abranger todos os componentes "vivos" da empresa.

Somente os componentes padronizados, comparados no mercado não necessitam serem

codificados. Completada a etapa de codificação, passa-se à etapa seguinte que se resume

na colocação dos números de código em ordem crescente de valor. Isto pode ser feito

manualmente, caso o número de peças não seja excessivo, ou através do uso de um

computador. Neste caso, pode-se incluir no cartão de dados outras informações como os

A etapa de análise dos números de código é uma das mais importantes uma

vez que nesta etapa é que são formadas as famílias. Quando os números de código são colocados em ordem crescente, os componentes com forma geométrica semelhantes, e portanto com mesmo número de código, ficarão juntos, dando origem às famílias de componentes. Na figura 5.3 tem-se um pedaço da listagem obtida mediante a aplicação do código de OPTZ aos componentes da Equipamentos Clark. A família, representada pelos números de código que aí aparecem, é constituída de pinos e varões, segundo nomenclatura da firma. Alguns componentes típicos estão mostrados na figura 5.4.

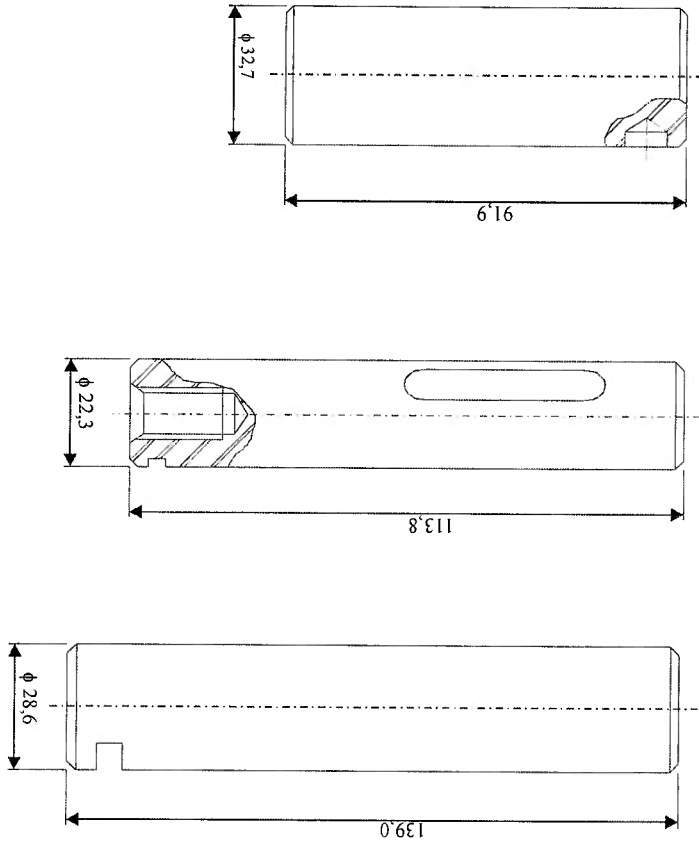


Figura 5.4 - Componentes típicos com números de códigos na figura 5.3.

Uma vez formadas as famílias passa-se à etapa seguinte de formação dos

grupos. Para isso são necessárias outras informações tais como a Previsão da Produção e

os Roteiros de Fabricação.

Muitas vezes os dispositivos devem ser projetados de modo que eles aceitem todos ou o maior número possível de componentes da família com o intuito de minimizar os tempos de preparação. A figura 5.5 mostra um exemplo de um dispositivo para furação projetado para que todas as cinco peças mostradas em (a) possam sofrer a operação de furação como mostrado em (b) trocando-se apenas a máscara de furação 1.

peça e o ferramental utilizado.

A etapa seguinte é o estudo da melhor disposição das máquinas dentro de cada grupo. A melhor disposição é aquela que dá uma sequência ótima de carga na qual se tem o mínimo de perda em tempos de preparação de máquina. Este estudo deve ser feito com base nos roteiros de fabricação verificando a sequência de operações em cada

sistema.

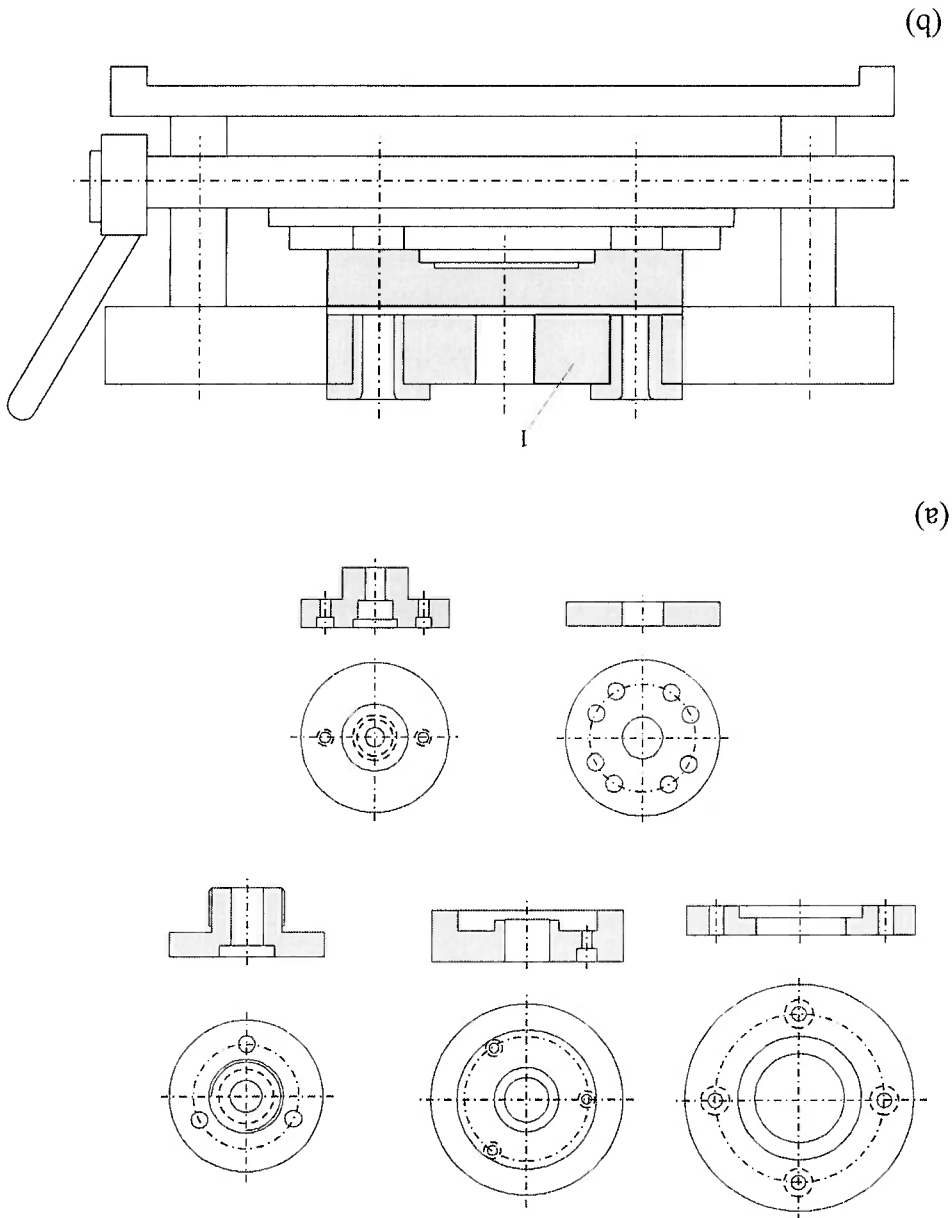
Para se chegar ao número de máquinas de cada tipo, que deve figurar em cada grupo, torna-se imprescindível uma Previsão da Produção. Esta previsão deve ser preparada pelo setor de Planejamento de Produção com base em uma Previsão de Vendas fornecida pelo Setor de Vendas, e deve ser maior do que qualquer demanda que possa vir a ocorrer no período abrangido pela previsão, a fim de evitar um colapso do

de máquinas de cada grupo são facilmente determinados a partir dos roteiros.

Caso a firma não possua os roteiros de fabricação então deve ser estudado, para cada família, um processo padrão determinando-se as operações necessárias para processar completamente todos os componentes da família. Com isso determinam-se os tipos de máquinas de cada grupo. Se a firma dispuser dos roteiros então basta uma consulta aos mesmos a fim de verificar se ocorre alguma discrepância entre os componentes da família ou nos roteiros de fabricação. Depois dessa verificação os tipos de máquinas de cada grupo são facilmente determinados a partir dos roteiros.

A última etapa é, evidentemente, o layout dos grupos dentro da fábrica. Por disposição dos grupos deve levar em conta restrições naturais que possam existir. Por exemplo, máquinas pesadas podem representar um obstáculo natural, sendo preferível formar o grupo em torno dela do que deslocá-la para outra posição. Os percursos de movimentação de materiais devem ser minimizados.

Figura 5.5 - Dispositivo de furção para família de peças [12] [33].



Enfim, todos os problemas devem ser levantados e, na medida do possível,

solucionados através de um arranjo ideal dos grupos.

5.4 Formação de Famílias de Componentes Através da Análise de Fluxo de Produção (AFP) [6][36][37][38]

O método de formação de famílias de peças descrito no item 5.3 utiliza um

SCC que geralmente está baseado na forma geométrica da peça. O desenho da peça é

portanto a principal fonte de informação exigida.

O método da AFP proposto por J. L. BURBRIDGE [38] adota um caminho

totalmente diferente do anterior uma vez que a principal fonte de informação requerida

são os roteiros de fabricação (ou folhas de processo) dos componentes. A principal

vantagem aclamada para esse método é que ele produz as famílias usando um nível de

investimento menor que aquele que utiliza um Sistema de Classificação e Codificação e

em um tempo menor.

5.4.1 O Método

O método é desenvolvido em quatro etapas:

a) Análise do fluxo da fábrica;

b) Análise de grupo;

c) Análise de linha;

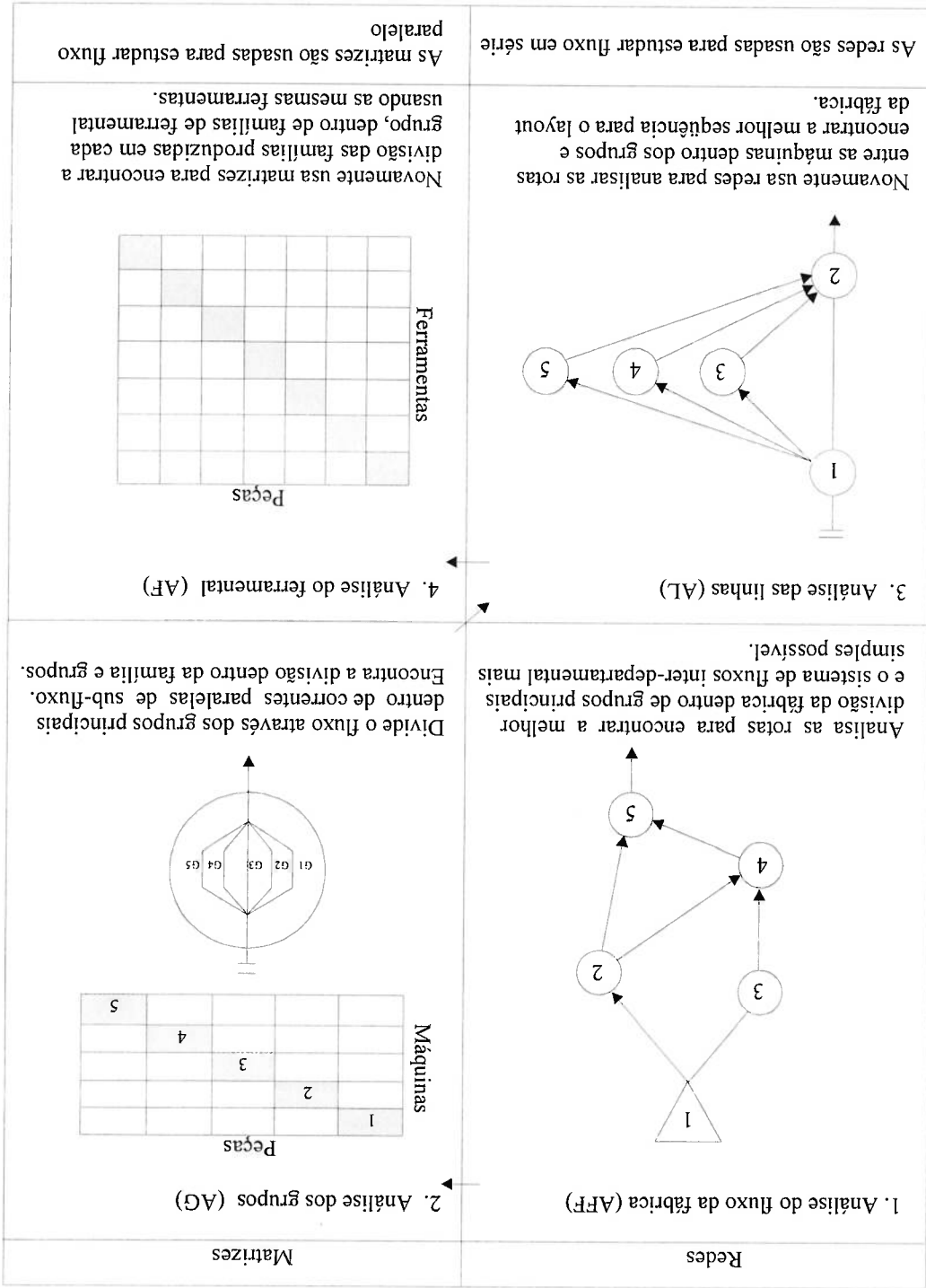
d) Análise de ferramenta.

A figura 5.6 ilustra essas quatro fases.

A análise do fluxo da fábrica, se preocupa com os caminhos pelos quais os materiais fluem entre os diversos departamentos (unidades produtivas). O objetivo, nessa etapa, é simplificar o sistema de fluxo entre os departamentos de modo a se obter

a) Análise do Fluxo da Fábrica (AFF)

Figura 5.6 - Fases principais da Análise de Fluxo da Produção.



um sistema simples e eficiente. Tudo que a AFE exige é uma folha de rota (folha de

processo) acurada, para cada componente e para cada montagem requerendo um

processamento posterior. Essas folhas devem conter:

a) todas as operações realizadas sobre o componente e todas as máquinas utilizadas nessas operações;

b) o tempo gasto para cada operação;

c) o método realmente em uso.

Para se fazer a análise, cada unidade produtiva (UP) recebe um número e,

em seguida, as folhas de rota são consultadas para se descobrir a rota seguida pelo

componente. Desse procedimento se obtém para cada componente um número que é

denominado Número de Rota de Processo (NRP).

Folha de Processo		NRP 156
--------------------------	--	---------

Nome da peça

Pino

Número da peça
E. 28271

Material

Blank de aço ABNT 1045 - ϕ 65 x 156 mm

Operação	Máquina	Descrição da operação	Tempo
----------	---------	-----------------------	-------

10

20

30

40

50

60

Serra

Torno

Torno

Fresadora

Furadeira

Cortar blank ϕ 65 x 156 mm de comprimento

Facear e centrar uma extremidade, tornar no

diâmetro ϕ 62 x 70 mm, virar a peça, prender

pelo ϕ 62, facear no comprimento e centrar.

Prender a peça entre centros e tornar em

acabamento o ϕ 62 para ϕ 59,10/59,15 no

comprimento de 75 mm, virar a peça e tornar

o ϕ 65 para ϕ 61,20/61,27 no comprimento de

40 mm.

Prender com morsa e fresar rebaixo.

Prender no dispositivo e fazer furo ϕ 6 mm

Rebarbar

Inspeção final, remeter ao almoxarifado

6

5

2,0

2,5

1,0

0,5

0,5

0,5

Figura 5.7 - Folha de Processo dividida por Departamentos e codificada.

A figura 5.7 mostra uma folha de processo com o **NRP** determinado no alto à direita. Os **NRPs** assim determinados são lançados em uma tabela denominada Tabela de Frequência do **NRP**, onde pode-se observar a frequência de utilização de cada rota em peças/rota - veja figura 5.8.

NRP	Nº de rotas	NRP	Nº de rotas
1	69	1 6	1
1 2	4	2	2
1 2 3 4	1	2 6	20
1 2 6	4	3	5
1 3	8	3 1 2 6	1
1 3 2	1	3 4	1
1 3 2 4	1	3 5 6	1
1 3 4	3	3 6	7
1 3 5 6	3	4	5
1 3 6	10	4 1 4 6	2
1 4	22	4 1 5 6	1
1 5	39	4 2 6	1
1 5 1 3 2 6	1	4 6	1
1 5 2	3	4 5 6	7
1 5 3 5 6	1	4 6	41
1 5 3 6	2	5	13
1 5 4	3	5 4	4
1 5 4 6	1	5 6	107
1 5 4 9 9 5 6	1	5 9 5 6	1
1 5 6	103	5 9 6	1
1 5 6 4	1	6	59
1 5 9 5 6	1	9 6 5 6	1

Figura 5.8 - Tabela de frequência dos **NRPs**

Usando esta tabela pode-se esboçar o fluxo entre as diversas unidades

produtivas, dando origem à denominada "carta de fluxo original", ficando explícito

todos os caminhos seguidos pelos materiais dentro da fábrica.

A figura 5.9 ilustra uma "carta de fluxo original", esboçada como exemplo.

Nela visualizam-se todos os percursos possíveis e o número de peças que entram e saem

de uma UP.

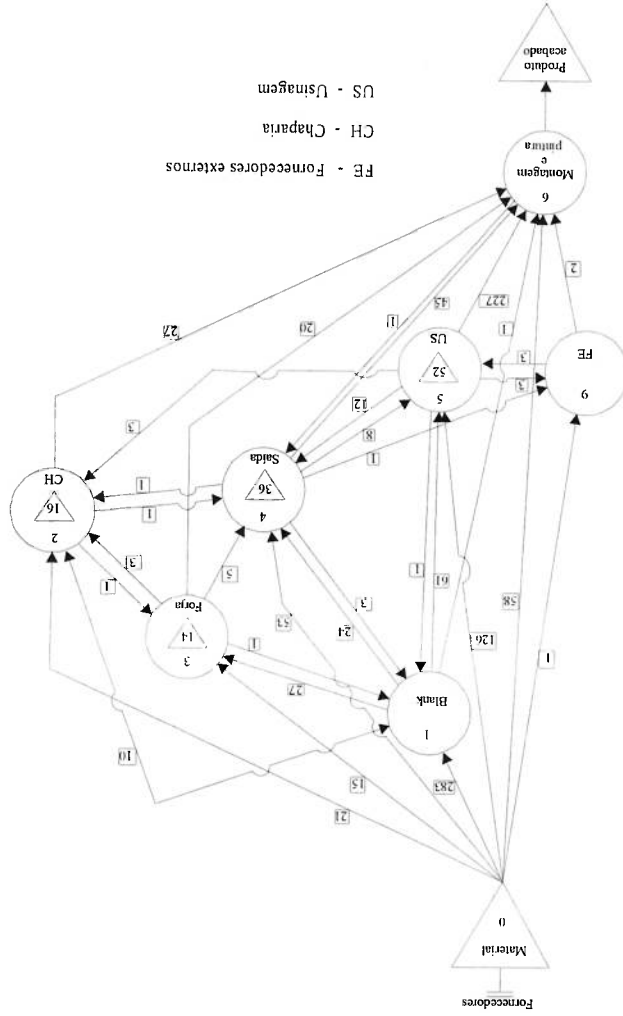


Figura 5.9 - "Carta de Fluxo original".

O próximo passo é simplificar esse sistema de fluxo através da determinação

de um sistema seguido pela maioria das peças.

Através do exame da tabela de frequência dos **NRP** e da carta de fluxo

original encontra-se que, por exemplo, 80% das peças seguem um fluxo relativamente simples, dando origem ao chamado "sistema de fluxo simplificado". As peças que não seguem este sistema são as exceções, que devem ser eliminadas. Existem cinco maneiras, pelas quais elas podem ser eliminadas:

- Reprogramando operações realizadas fora de um grupo principal para outras máquinas já existentes dentro do grupo principal;
- Relocação de máquinas entre os grupos principais;
- Mudança de método;
- Mudança no projeto da peça;
- Comprar a peça em vez de fazê-la.

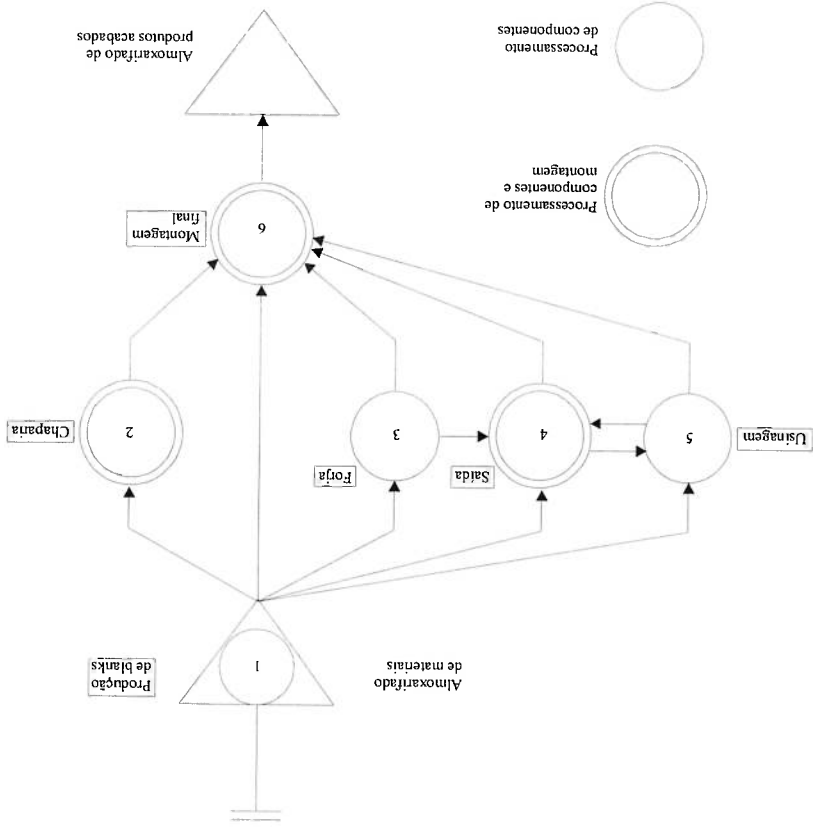


Figura 5.10 - Fluxo simplificado.

Enquanto que para a **AFF** necessita-se conhecer os departamentos visitados pelos componentes, para a Análise de Grupo (AG), necessita-se conhecer as máquinas visitadas pelos componentes dentro de cada grupo principal. Usando uma técnica de numeração similar a da **AFF**, porém, com relação às operações sofridas pela peça, determinam-se as peças que possuem, basicamente, a mesma rota. O conjunto de peças com mesma rota é denominado "família de peças" e o conjunto de máquinas utilizadas para o seu processamento, é denominado "grupo".

b) Análise de Grupo (AG)

Finalmente deve-se checar as cargas das máquinas dentro dos grupos principais. Na verdade esta verificação só é necessária para máquinas usadas em mais de um grupo ou para aquelas sobre as quais se reprogramou a fabricação de certos componentes. Como última etapa, deve-se emitir instruções a fim de que este sistema simplificado seja seguido na prática. Para isso, pode-se publicar o sistema e a relação de máquinas colocadas dentro de cada **UP**.

métodos a) e b) anteriormente mencionados.

A figura 5.10 ilustra o sistema de fluxo simplificado obtido usando-se os

(a) Antes do Agrupamento

Máquinas	Número de peças																																						
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T																			
1	X																																						
2		X																																					
3			X																																				
4				X																																			
5					X																																		
6						X																																	
7							X																																
8								X																															
9									X																														
10										X																													
11											X																												
12												X																											
13													X																										
14														X																									
15															X																								
16																X																							
17																	X																						
18																		X																					
19																			X																				
20																				X																			
21																					X																		
22																						X																	
23																							X																
24																								X															
25																									X														
26																										X													
27																											X												
28																												X											
29																													X										
30																														X									

(b) Depois do agrupamento

Máquinas	Número de peças																																					
	B	D	M	N	R	A	C	G	H	Q	K	L	O	P	S	T	E	F	I	J																		
2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
13	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
24	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
27	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
18	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
23	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
25	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
29	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
21	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
28	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Figura 5.11 - Famílias de peças e agrupamentos de máquinas através da AFP.

A figura 5.11 mostra técnica usada para o agrupamento. Basicamente

consiste de uma matriz, na qual são assinaladas as máquinas utilizadas para cada peça. As máquinas e/ou as peças são trocadas de posição até que surjam as famílias e respectivos grupos[39][40][41]. Eventualmente, após a formação das famílias, tem-se algumas exceções que não se ajustaram em nenhuma família.

Elas podem ser eliminadas mediante:

- 1) Reprogramando operações excepcionais para máquinas dentro do grupo;
- 2) Mudança de Método;

3) Mudança de projeto de componente;

4) Compra do componente em vez de fabricá-lo;

5) Divisão posterior de máquinas entre os grupos.

Os grupos e famílias devem ser especificadas pela listagem das máquinas alocadas em cada grupo e os componentes alocados em cada família. A análise de grupo nos dá somente os tipos de máquinas que devem permanecer em cada grupo. Para determinar quantas máquinas de cada tipo são necessárias em cada grupo fazer uma análise da carga das máquinas.

Se o tipo de máquina prevalece em apenas um grupo, não haverá necessidade de checar a capacidade disponível pois se esta era suficiente com o layout funcional, também será mais que suficiente com o layout de grupo. A checagem de carga somente será necessária se, durante a eliminação das exceções houve uma reprogramação de operações para eliminá-las. Neste caso deve adotar-se um programa padrão para realizar a análise de carga. Esse programa deve ser tal que contenha uma distribuição média dos tipos de produtos e seja maior que qualquer programa que possa vir a acontecer, sem ultrapassar a capacidade da fábrica, evidentemente.

A figura 5.13 mostra a comparação entre o programado e o disponível e consequentemente, o número de máquinas de cada tipo necessário em cada grupo. Observa-se uma sobrecarga na furadeira radial no grupo 4. Esta sobrecarga deve ser eliminada através de um estudo conveniente dos dispositivos e métodos utilizados nessa máquina. Também seria possível reestudar a família produzida pelo grupo 4, com o objetivo de diminuir a carga sobre ele.

Figura 5.12 - Cálculo da carga para um grupo.

Impresso de carga por produto	Ciclo	Produto: A		Grupo	Máquinas						Total	
		Quant.: 100	Grupo		Horas máquina total	Horas máquina total	Horas máquina total	Horas máquina total	Horas máquina total	Horas máquina total		
1	TR											
2	TR	0,2	20	10	15	25	35	20	125			
3	TR											
4	TR	0,1	10		15	7			32			
5	FH			17	30	40		4	91			
6	FH											
7	FV			45	16				61			
8	FV			20	10				43			
9	FC (2fusos)	0,3	30	9	10	11	7	13	80			
10	FC (2fusos)											
11	FC (2fusos)			6		10	7					
12												
13												

Assim, a carga em horas máquina para cumprir esse programa é calculada e comparada com a disponível. Quando um determinado tipo de máquina existe em mais de um grupo, o mesmo programa pode ser adotado. O cálculo da carga em horas máquina pode ser feito com o auxílio do quadro mostrado na figura 5.12.

Um Sistema de Classificação Universal, tal como o Sistema de OPTZ, tem a vantagem de já estar pronto para uso economizando tempo e dinheiro necessários para a criação de um SCC feito sob medida. O investimento inicial se resume em um

baseadas em um SCC ou na Análise de Fluxo da Produção. Visual), por ser ele bastante limitado. Realmente, a maioria das aplicações em TG estão deve-se descartar de início o caminho recomendado pelo 1º método (método de Inspeção E evidente que para se obter os amplos benefícios proporcionados pela TG

5.5 Comentários sobre os Métodos

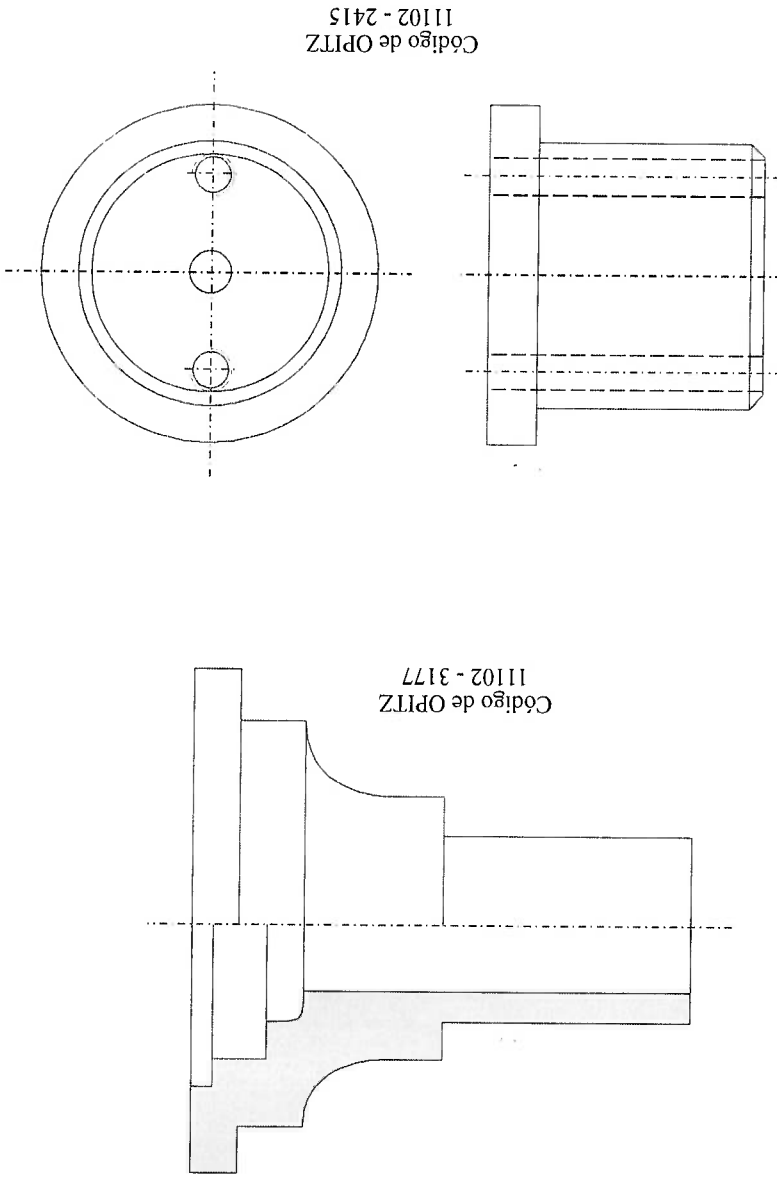
primeiro a peça requerendo o ferramental mais complexo. minimizar os tempos de preparação. O carregamento é feito de maneira a se usinar peças em cada máquina do grupo e determinando a melhor sequência de carga a fim de A última etapa da AFP é a "Análise de Ferramental" e é feita pesquisando as

d) Análise de Ferramental (AF)

- entre eles.
- possibilita um melhor contato entre os operários , melhorando as relações sociais
 - aumenta possibilidade de um operador trabalhar em duas máquinas;
 - necessita menor área;
 - fácil controle de entrada e saída de material, se realizados em um mesmo ponto;
 - distâncias menores de movimentação;
- reta que são:

O layout em "U" apresenta certas vantagens em relação ao layout em linha

Figura 5.14 - Peças diferentes com o mesmo código geométrico de OPTZ.



aprendizado do código e à codificação propriamente dita. Entretanto, por ser um sistema universal, ele pode ter sérios inconvenientes, dependendo do tipo da indústria. Pode-se dizer que ele é mais conveniente para indústrias cujas peças possuam uma certa similaridade com aquelas produzidas nas indústrias de máquinas ferramentas. O código de OPTZ muitas vezes junta peças diferentes e outras vezes separa peças similares, como pode ser visto na figura 5.14.

Outra crítica feita a ele é que, por ser universal, ele não pode dar

informações muito detalhadas de certas peças complexas. Já um SCC feito sob medida, com o Sistema Brisch, pode proporcionar os detalhes no grau desejado. A primeira crítica, entretanto, é que inicialmente deve-se despende um tempo longo e um certo investimento para se projetar o código.

É necessário um certo cuidado ao se projetar um código, pois ele deve satisfazer a vários setores que o usarão. Felizmente, de todos os setores envolvidos, os maiores usuários são os da Engenharia de produto, Engenharia de processos e Produção, como já foi visto no capítulo 4. Como os requisitos dos vários departamentos usuários são diferentes, assim por exemplo, o departamento de projeto vai usá-lo principalmente como ferramenta para padronização e recuperação de informação enquanto que o departamento de produção vai usá-lo para a formação de famílias para a manufatura em grupo, é muito difícil satisfazer a tudo isso em um código. O sistema Brisch, por exemplo, é um sistema voltado para projeto e não produção. O ideal, então, é projetar um código para ser usado no projeto e posteriormente ampliá-lo colocando informações sobre o método de produção a fim de satisfazer aos dois maiores usuários.

O último método a ser considerado, a Análise de Fluxo da Produção, possui uma vantagem intrínseca a ela pelo fato de utilizar as informações contidas nas folhas de processos, que são normalmente disponíveis. BURBIDGE [6] proclama que os benefícios da TG podem ser mais rapidamente alcançados sem aquele enorme investimento de tempo e dinheiro necessários nos métodos anteriores. Entretanto, pode-se dizer que tal fato é verdadeiro quando se trabalha com um número pequeno de desenhos. Porém, se o número de desenhos começar a crescer, a análise manual não é mais possível e será exigido o uso de computador para se fazer a seleção. Nesta hora,

tem-se que despende um certo investimento em tempo e dinheiro para passar essas

informações para o computador.

Por outro lado pode-se indagar até que nível o método registrado na folha de processo está realmente sendo utilizado, ou o quanto este é o melhor método, etc. Vê-se, então, que não existe um método ideal e que o passo inicial para a tecnologia de grupo, que é a escolha do método para a formação das famílias, é uma das mais importantes decisões da administração. Antes da escolha deve-se analisar as informações disponíveis e com base nesta análise fazer a opção. Evidentemente pode-se utilizar dois métodos em conjunto se for o caso.

6 - A IMPLANTAÇÃO DA TECNOLOGIA DE GRUPO

6.1 Generalidades

As indústrias que já trabalharam dentro da filosofia da TG tem experimentado uma série de vantagens, desde a redução de tempos de preparação e trabalho em progresso até a melhoria de relações entre operários. Essa gama de vantagens só pode ser obtida através de uma ampla aplicação da TG. O caminho adotado tem grande influência na obtenção dessas vantagens. A existência de máquinas com Comando Numérico (CN) dentro da indústria exige um cuidado especial durante o projeto do layout.

Neste capítulo serão comentados o procedimento de implantação da TG, os benefícios que ela pode proporcionar, a interação entre a TG e o CN e o relacionamento entre a TG, o CAD e o CAM.

6.2. A Implantação da TG

A obtenção dos benefícios proporcionados pela TG depende largamente da amplitude de aplicação da mesma. Como já se comentou no capítulo 5, uma aplicação total da TG trará modificações de procedimento em praticamente todos os setores produtivos da indústria, desde o setor de projeto até o de produção.

Das mudanças requeridas para aplicação total da TG, aquela referente à alteração do layout é sem dúvida uma das mais importantes. A figura 5.1 ilustra o caminho a ser seguido para o projeto do layout de grupo na hipótese de se adotar um SCC. Porém, pode-se dizer que um caminho idêntico deve ser seguido qualquer que

seja o método de formação de famílias escolhido. O sucesso da formação das famílias e dos respectivos grupos depende de se ter disponíveis as informações requeridas nos vários estágios. Esses estágios podem ser sumarizados em:

- a) Análise dos componentes;
- b) Determinação dos tipos de máquinas;
- c) Avaliação da demanda dos componentes;
- d) Determinação dos grupos de máquinas;
- e) Determinação da necessidade de mão-de-obra;
- f) Planejamento do programa de trabalho dentro do grupo, plano de incentivos, etc.

As peças que compõem cada produto devem ser analisadas de modo que sejam formadas as famílias para o processamento em grupo. O critério a ser escolhido depende das informações disponíveis.

Uma vez iniciada a formação das famílias começa-se a ter uma idéia dos tipos de máquinas requeridos para o processamento de cada uma. Para determinar o tipo e a quantidade de cada máquina ferramenta dentro de cada grupo é necessário uma informação confiável sobre a carga futura provável para a fábrica. Esta informação estará disponível somente se o departamento de Marketing tiver produzido previsões confiáveis de venda dos produtos de modo que seja possível passar para uma previsão de produção de componentes. Com a ajuda desta informação sobre a carga pode-se obter uma definição dos tipos e quantidades de máquinas em cada grupo.

Logo que seja encontrado o número de máquinas de cada grupo, passa-se a considerar o número de operadores necessários em cada um.

E, finalmente, quando os grupos de máquinas e o número de operadores estão definidos deve-se então, dar atenção ao carregamento do grupo. É importante projetar um ferramental específico para a família para diminuir os problemas de seqüenciamento.

Entretanto, como já foi dito, a formação dos grupos é apenas um dos projetos a serem desenvolvidos dentro de um plano global de TG. BURBIDGE [6] enumera uma série de mudanças como sendo necessárias para aplicação total da TG. A maneira de introduzir todas essas mudanças também pode variar. Basicamente dois caminhos são possíveis: horizontal e vertical.

Com o caminho horizontal, o primeiro passo a planejar é instalar um grupo perfeito, com o seu próprio sistema especial de suporte, métodos e ferramental. Quando este primeiro grupo estiver funcionando, grupos posteriores são planejados e instalados um após o outro até que a instalação total seja completada.

Com o caminho vertical cada mudança principal do sistema é tratada como um projeto separado e é atacada como um todo. Cada projeto é introduzido geralmente em uma base mais larga por toda a companhia.

BURBIDGE defende o caminho vertical pois:

a) Com o caminho horizontal nenhuma mudança do sistema é completada até que o último grupo seja instalado.

b) Por um longo período a fábrica precisa trabalhar com sistemas de serviços duplicados, por exemplo, controle da produção, pagamentos, etc.

c) A maioria das economias principais não podem ser obtidas até que o último grupo seja instalado.

Com o caminho vertical, os projetos são introduzidos e consolidados

completamente. Cada projeto principal ou chave é determinado antes de se encaminhar

para o próximo. As economias são obtidas desde o início da introdução dos projetos.

Além da decisão de quais mudanças são consideradas essenciais para a

implantação da TG, também é de fundamental importância planejar a ordem em que

devem ser desenvolvidas. A figura 6.1 mostra as duas seqüências de introdução.

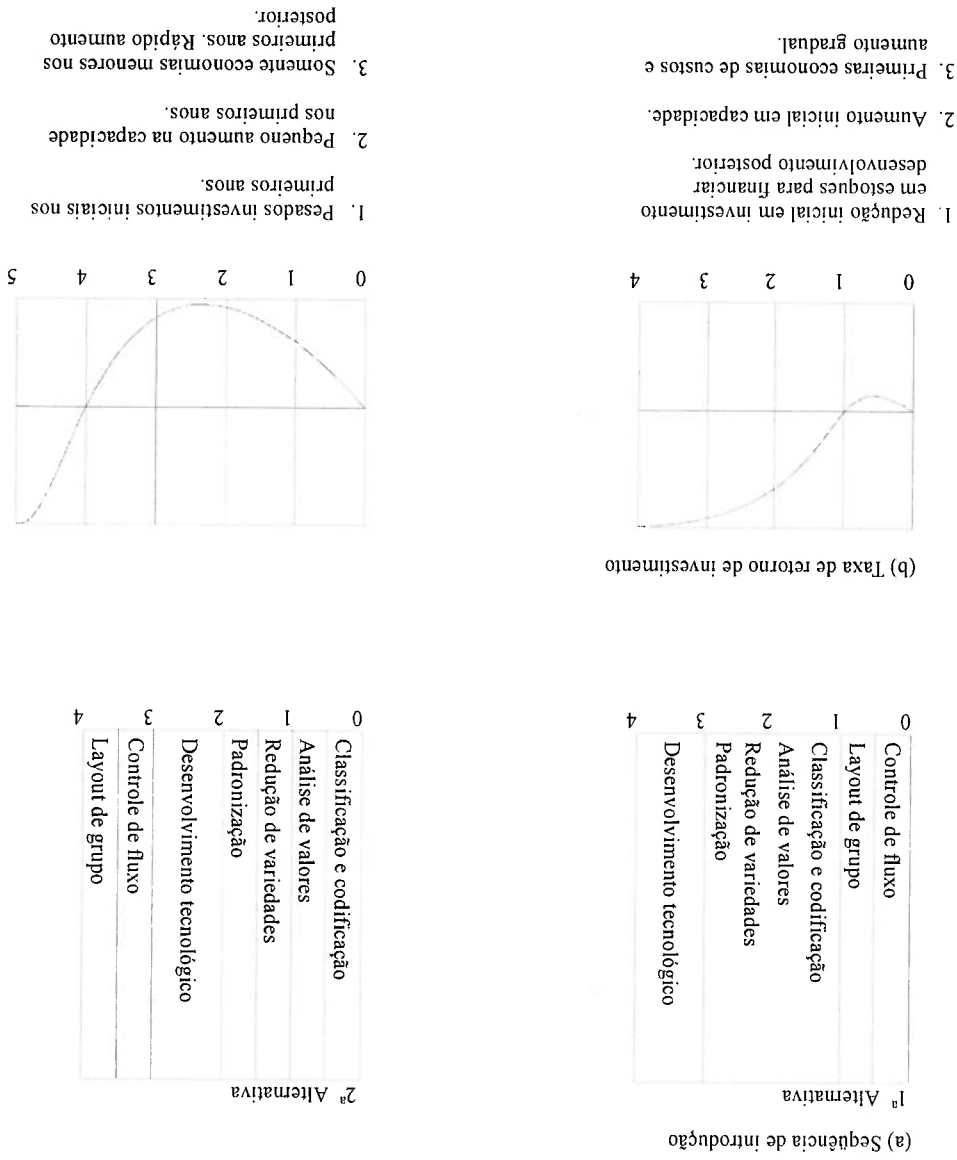


Figura 6.1 - Seqüência de introdução para duas alternativas[6].

A primeira alternativa parece ser mais atraente uma vez que a introdução do

layout de grupo no início pode trazer certas economias, como por exemplo, diminuição do capital investido em estoques de matéria prima e material em processamento, o que financiaria a introdução dos projetos posteriores.

Como a quantidade de trabalho a ser desenvolvido é bastante grande e envolve vários setores da fábrica, é necessário que haja o envolvimento total da alta administração e do pessoal encarregado das mudanças principais. Uma das principais dificuldades que pode ser encontrada é a resistência natural das pessoas a certas mudanças. A fim de transpor essa barreira é aconselhável que a firma promova palestras sobre **TG** propiciando um amplo debate entre as pessoas envolvidas.

Enfim, cada firma, antes de se mover para a **TG**, deve fazer uma análise ampla de suas possibilidades, pesando as vantagens e desvantagens que podem advir da **TG** a fim de determinar o melhor caminho a ser seguido caso se julgue viável a implantação desta tecnologia.

Pode-se concluir que as dificuldades a serem enfrentadas são enormes, porém se as pessoas envolvidas no projeto tiverem consciência dessas dificuldades e boa dose de determinação os benefícios a serem obtidos serão mais que compensadores.

6.3 Benefícios Proporcionados pela TG

Os amplos benefícios que a **TG** pode trazer a uma indústria somente são obtidos quando se adota uma implantação total dos conceitos englobados por ela. Atualmente o seu campo de aplicação se estende por todos os departamentos produtivos da indústria. A mudança do layout funcional para o layout de grupo é apenas uma das

modificações necessárias, como foi visto no item 6.2. Outras mudanças como a

introdução de um SCC de fluxo em vez de controle de estoques são aclamadas como necessárias para o perfeito funcionamento do sistema. Além disso, a TG tem sido considerada como a única técnica capaz de proporcionar uma integração entre o CAD e o CAM [27], como será discutido no item 6.5.

Os benefícios proporcionados pela introdução de um SCC já foram mostrados na figura 4.9 do capítulo 4. A mudança do layout funcional para o layout de grupo traz como principais vantagens uma diminuição dos tempos de preparação de máquina, uma diminuição do tempo total de fabricação e uma diminuição do trabalho em progresso.

Além dos benefícios econômicos propriamente ditos, um benefício não quantificável que tem sido muito comentado é a melhoria das relações humanas entre os operários. Uma falta de interesse pelo trabalho tem sido constatada principalmente nos sistemas baseados em linhas de produção devido à natureza rotineira do serviço. A introdução de um layout de grupo permite uma maior participação do operário na solução dos problemas. Em cada grupo cria-se um espírito de equipe uma vez que parte do serviço de controle de produção e controle de qualidade é deixado a cargo do grupo.

O operário, com esse layout, observa todas as operações sofridas pelos componentes processados pelo grupo, desde a matéria prima até a operação de inspeção final enquanto que no layout funcional ou de linha de produção ele realiza apenas uma operação não tomando parte nas operações precedentes e subsequentes. As figuras seguintes resumem os benefícios advindos da implantação da TG segundo vários pesquisadores.

A figura 6.2 é creditada ao professor THORNLEY da Universidade de

Birmingham, Inglaterra. Muitos dos benefícios discriminados são interdependentes, o que significa que a obtenção de um deles leva à obtenção do outro. Assim, por exemplo, a diminuição dos tempos de preparação, tempos produtivos, tempos improditivos e movimentação de material conduz a tempos totais de produção menores ou ainda, como pode ser facilmente entendido, a uma operação efetiva da máquina maior e a uma maior produtividade.

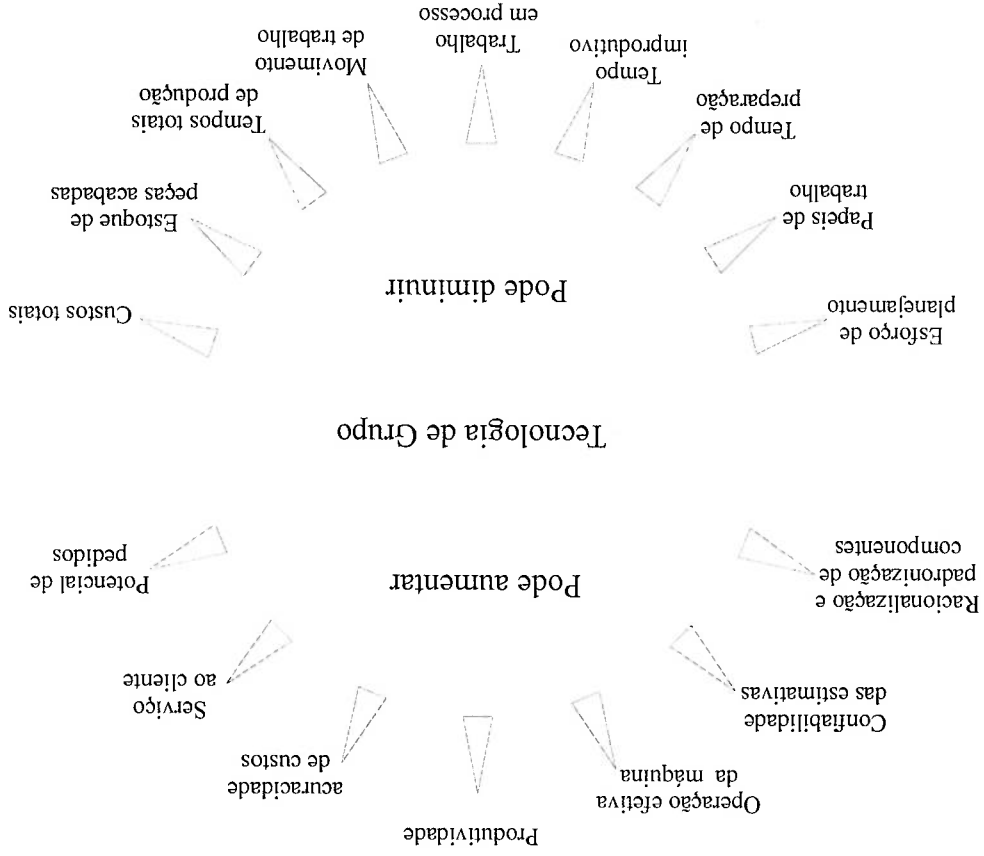
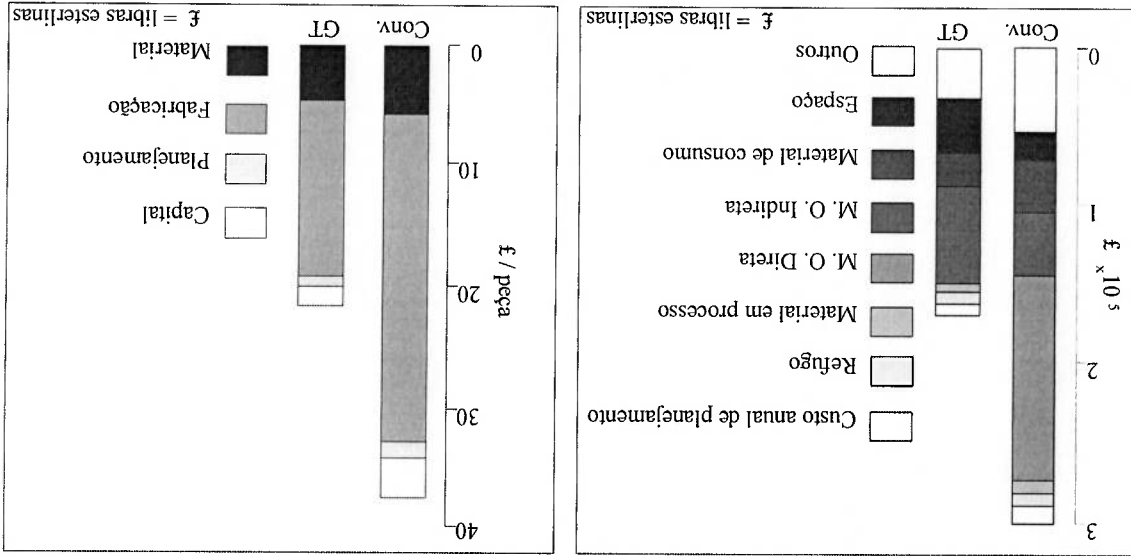


Figura 6.2 - Benefícios produzidos pela TG segundo THORNLEY[5]

Já a figura 6.3 especifica as áreas beneficiadas pela introdução dos conceitos da TG não mostrando os benefícios de uma maneira detalhada como na figura anterior.

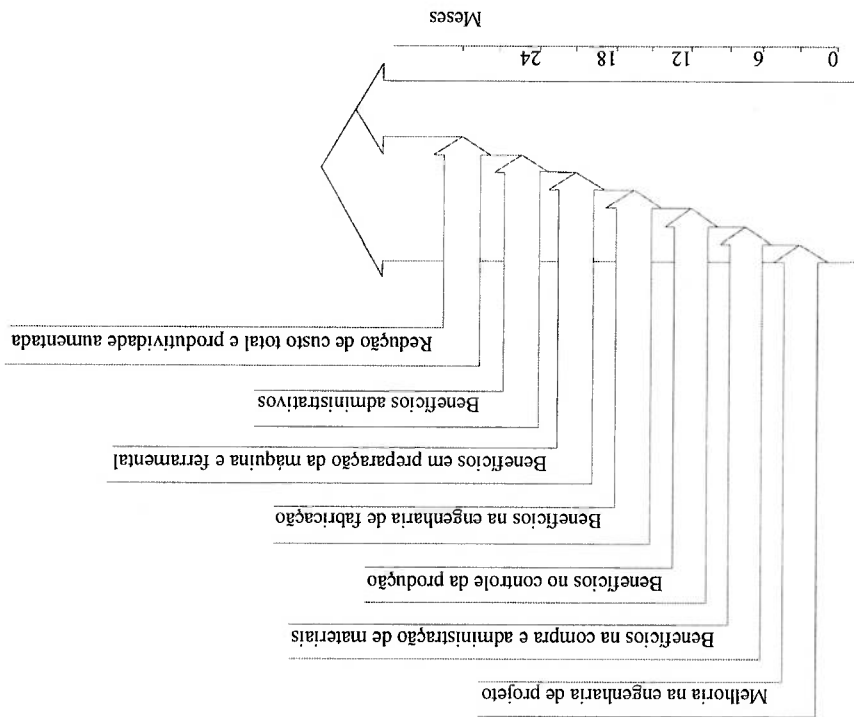
Figura 6.4 - Custos de fabricação segundo GALLAGHER e KNIGHT[9]



produção final de 100.000 peças/ano.

em um layout funcional e uma baseada em um layout de grupo, ambas com a mesma KNIGHT[9] de uma comparação de custos típicos entre uma unidade produtiva baseada Na figura 6.4 aparecem os resultados obtidos por GALLAGHER E

Figura 6.3 - Benefícios a serem esperados segundo I. HAM[42]



Os dados de custos para a unidade produtiva operando com layout de grupo foram baseados em publicações feitas por diversos pesquisadores e diversas firmas que implantaram com sucesso a TG. É interessante observar que praticamente todos os custos da unidade com TG são menores que os respectivos custos da unidade convencional. O custo de fabricação por peça na unidade com TG é 40 % menor que o custo da unidade convencional.

6.4 O Relacionamento entre a TG e o Comando Numérico (CN)

Dentre os benefícios proporcionados pela TG, pode-se destacar dois deles como sendo de fundamental importância: a redução do trabalho em progresso e a diminuição dos tempos de preparação de máquina.

A redução de trabalho em progresso por sua vez leva a uma redução do estoque de material prima e consequentemente a diminuição do capital de giro da firma. Outra consequência é a maior disponibilidade de espaço dentro da fábrica o que pode possibilitar o uso mais racional do mesmo proporcionando uma redução posterior de custos.

A diminuição dos tempos de preparação das máquinas leva a um aumento da capacidade produtiva das mesmas e, portanto, a uma redução dos custos também. Por outro lado o tempo total de produção diminui permitindo uma maior rapidez na comercialização dos produtos.

Ora, os mesmos benefícios anteriores são aclamados como característicos na aplicação do CN na produção em lotes pequenos a médios. Do ponto de vista de preparação de máquina, maiores vantagens ainda são obtidas com a colocação da

As designações Projeto Assistido por Computador, Fabricação Assistida por Computador e Tecnologia de Grupo tem atualmente recebido uma boa dose de publicidade. Tanto o CAD, quanto o CAM, começaram a ser desenvolvidos com o intuito de se aumentar a produtividade e reduzir os custos dos setores de projeto e fabricação, respectivamente. Inicialmente o CAD se resumia em realizar cálculos complexos através do uso de softwares desenvolvidos para tal. Entretanto, de todas as atividades do projeto de um produto, a parcela referente aos cálculos é da ordem de 4% apenas, enquanto que a de desenho é da ordem de 32%, como mostra a figura 6.5. O passo lógico para o aumento da produtividade foi, então, a aplicação do computador nas outras atividades do projeto, tais como no delinearmento do produto e desenho propriamente dito. Atualmente, existem sistemas completos disponíveis no mercado que assistem o projetista em todas as fases do projeto desde a concepção até aos desenhos de

6.5 CAD / CAM / TG

especial, etc.

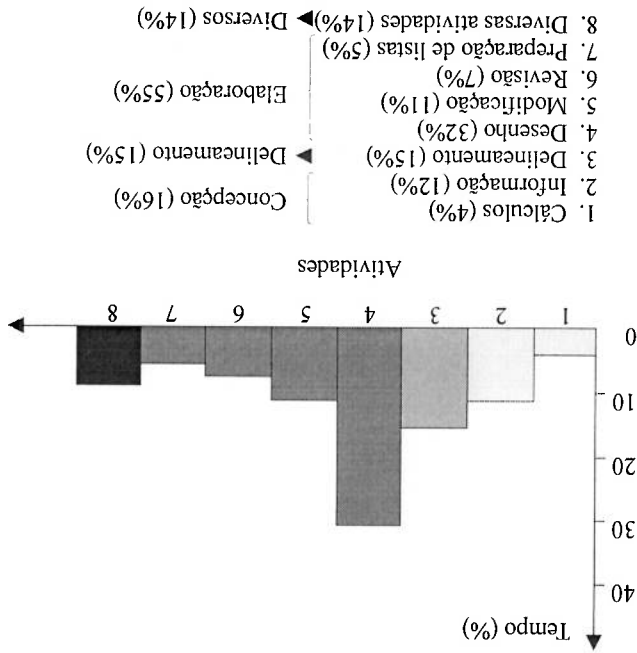
máximo ocorrer algum ajuste para uma ferramenta, para um rasgo ou uma rosca maioria das peças usarão ferramentas padronizadas para as suas operações podendo, no montado. O torno com CN elimina completamente esse problema, uma vez que a A minimização desse problema seria feita com a ajuda de ferramenta pré-

dimensões, alterações inevitáveis ocorrerão na preparação da máquina. subseqüentes que irão utilizar um determinado torno tenham as mesmas características e tornos, principalmente tornos revólveres e automáticos. A menos que dois componentes ferramenta convencionais o problema de preparação de máquina é mais grave nos Máquina Ferramenta com CN dentro de uma célula de fabricação. Com máquinas

Da mesma forma que no projeto, esforços tem sido feitos afim de se utilizar o computador na solução de problemas inerentes à fabricação. Nos capítulos anteriores, já comentamos os problemas próprios das firmas que fabricam seus produtos em lotes no setor de fabricação.

Dessa forma, a implantação de terminais gráficos pode provocar uma proliferação de desenhos o que é evidentemente indesejável. Com um custo de preparação para a fabricação de cada novo desenho percebe-se facilmente os prejuizos que uma firma pode vir a sofrer. Toda a economia obtida no setor de projeto é perdida

Figura 6.5 - Divisão do tempo entre as atividades de projeto.



arquivos a existência de uma peça similar. gráfico, torna-se muito mais fácil projetar uma peça nova do que tentar verificar nos benefícios a serem obtidos com essa técnica. Assim, por exemplo, com um terminal mente os problemas que podem surgir os quais muitas vezes podem diminuir os conjunto e de detalhes. Apesar do CAD ser uma ferramenta poderosa é preciso ter em

pequenos a médios. Um dos mais graves é a falta de um sistema de recuperação de informações que permita a obtenção de informações de uma maneira rápida e eficiente.

A proliferação de desenhos mencionada acima é uma consequência da falta desse sistema e tem um impacto direto sobre os processos de fabricação. Existe um processo para cada desenho.

Em um arquivo muito grande, juntamente com a inexistência de um sistema de recuperação de informações que possibilite uma rápida identificação de processos de peças similares, torna-se mais fácil produzir um processo novo para cada peça que entrar em produção. Evidentemente os custos de preparação e armazenamento desses planos sendo muito grandes acarretam enormes prejuízos para a firma.

A solução que tem sido apontada como a mais viável é, novamente, a utilização do computador. Uma função que o computador desempenha, além daquela do comando de máquinas ferramentas, é a preparação de planos de fabricação (processos). Este emprego do computador na geração de processos é conhecido com a designação Computer Aided Process Planning (CAPP)[43][44], ou seja, Processo Assistido por Computador.

Entretanto, tem sido observado que a aplicação isolada do CAD e do CAM pode não proporcionar os amplos benefícios almejados, levando à conclusão de que eles precisam ser interligados, ou seja, é necessário que haja uma integração entre os dois. Infelizmente, esta integração não é tão fácil de ser conseguida uma vez que existe pouco diálogo entre o setor de projeto e o setor de fabricação. Esta falta de entendimento é compreensível já que as necessidades de um podem não ser as mesmas que as do outro.

A conclusão a que se tem chegado é que a chave para a integração dos dois sistemas se encontra na aplicação dos conceitos da TG. A aplicação de um Sistema de

Figura 6.7 - Peças similares no processo.

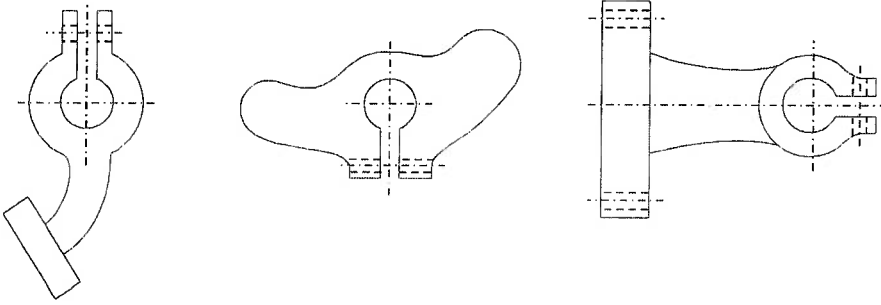
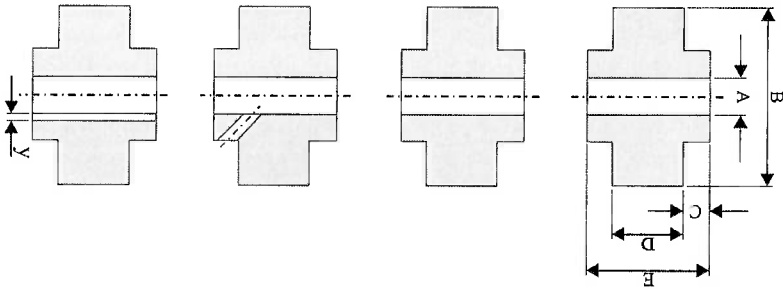


Figura 6.6 - Peças similares baseadas na forma.



Assim, por exemplo, para o Engenheiro de projeto, a solução do problema da proliferação de desenhos pode ser um sistema de informações baseado na forma geométrica da peça. Este sistema, entretanto, pode não satisfazer o Engenheiro de fabricação pois a sua preocupação principal é evitar a proliferação de processos. Para isso o seu sistema deve se basear em informações sobre o processamento da peça, ou seja, a sequência de operações sofrida pela peça. As figuras 6.6 e 6.7, traduzem de uma forma bastante clara, essas duas necessidades.

Classificação e Codificação baseado em características de projeto e de fabricação pode servir como um meio de recuperar desenhos similares e processos similares possibilitando que uma padronização seja feita nesses dois setores. Com um **SCC**, como já foi mostrado no capítulo 4, é possível evitar a proliferação de desenhos e também de processos.

A aplicação do trinômio **CAD, CAM e TG**, é uma tendência atual dos sistemas de fabricação em lotes com o objetivo último de projetar peças eficientemente e que possam ser facilmente fabricadas, obtendo-se o máximo de retorno dos investimentos em equipamentos e mão de obra.

7. ESTUDO DE CASO: implantação da TG em uma empresa de produção seriada

de sistemas engrenados.

7.1 Motivos para nova estrutura e organização de fábrica

Os fatores que levaram a empresa a estudar um estudo de uma nova

estrutura de fábrica foram:

- Ter maior flexibilidade na área fabril.
- Melhorar a agilidade para acompanhar as mudanças de mercado.
- Melhorar as relações humanas.
- A pressão sobre os custos em busca de maior competitividade.
- A competição crescente principalmente com a globalização.
- A mudança de um mercado vendedor para o mercado comprador.
- A saturação do mercado levando à diversificação de produtos.
- Há disponibilidade de produtos semelhantes ou idênticos.
- Novos produtos são copiados rapidamente pela competição.
- Diferenças entre produtos semelhantes de fabricantes diferentes estão ficando menores.
- Ganho de nichos de mercado requer adaptação de produto a exigências individuais do cliente.

Esta situação de mercado leva às seguintes condições:

- Aumento da diversidade de produtos.
- Aumento do número de peças diferentes fabricadas.
- Mudança para fabricação de lotes com pequenas quantidades de peças.
- Aumento dos custos relacionados aos pedidos.
- Aumento da responsabilidade do custo individual das peças.

A estrutura industrial, com um arranjo físico funcional, não pode cumprir

adequadamente com estas novas exigências. Os problemas são:

- Longos ciclos de processo produtivos.
- Grande estoque de componentes fabricados.
- Muito inventário em processo.
- Grandes custos relacionados aos pedidos.
- Grande exigência de pessoal de administração, de inspeção, etc.
- Discrepância entre o planejado e o realizado.
- Muitas ordens urgentes.
- Gargalos variados em capacidade de máquina.
- Fluxo antieconômico de material.
- Altos custos de transportes internos.
- Baixa motivação do trabalhador devido a monotonia.
- Obsolescência e envelhecimento dos equipamentos da planta.

7.2 Benefícios esperados

1. Estas mudanças estruturais dão a base para possível futura racionalização.
2. Há possibilidade de usar mais máquinas CNC. Máquinas CNC são ideais para arranjo físico em células, por permitir executar várias operações em uma única fixação da peça e integrar várias tarefas de usinagem diferentes, levando a um aumento no efeito de redução de custo das máquinas CNC. O grau de automatização das células, de máquinas convencionais para células completamente automáticas pode ser projetado de acordo com exigências futuras.
3. Reduzindo tempos de preparação ganha-se em capacidade.

3. Um volume pequeno de produção, com um grande número de diferentes peças fabricadas, com mudança esporádica de demanda, é muito difícil de se administrar. Nem sempre será possível ter um fluxo de manufatura uniforme. Parte do tempo a capacidade total da célula não será necessária, e às vezes a capacidade exigida será maior que a disponível. Devido ao grande número de peças diferentes, resulta-se em

alta disponibilidade das máquinas.

2. O parque de máquinas é velho, com idade média de 15 anos e máquinas que executam tarefas complementares não são adequadas a tecnologia de célula. O ideal é usar máquinas que possam substituir várias máquinas convencionais. É exigido frequentemente.

1. 50% de todas as ordens de fabricação são de lotes de até 5 peças. A tecnologia de célula é mais vantajosa para lotes pequenos à médios. Tamanhos de lote de 20 e 500 peças são ideais. É ideal um fluxo uniforme com lotes pequenos mais

7.3 Condições críticas

aumento da participação da empresa no mercado.

5. Com o arranjo funcional, somente é possível satisfazer as necessidades de mercado através de grandes inventários e capacidade adicional de manufatura. Maior flexibilidade e prazos de entrega menores têm importância crescente no mercado atual. Com a nova estrutura pode-se servir melhor o mercado futuro com um planta.

4. Baseado na redução de trabalho em processo ganha-se espaço na planta. Pode-se aumentar capacidade sem a necessidade de espaço adicional ou construção de nova

- um número maior de células necessárias. Cada célula é especializada em uma família de peças e requer um fluxo uniforme de peças de sua família. A especialização da célula e as diferenças de famílias de peças, como também o a variação de demanda, torna muito difícil uma compensação de capacidade entre células e, portanto, a real utilização de uma célula é reduzida sob estas condições, gerando:
- a) um mal balançamento da capacidade da célula
 - b) alta variação da capacidade
 - c) operação em paralelo de máquinas na célula, em 50% dos casos, não é possível devido a lotes de tamanho muito pequeno (quantidade 1 a 5).
4. É necessário esforços especiais para motivar o trabalhador, leva-lo a uma maior identificação com o seu trabalho e a uma maior auto-confiança e responsabilidade. Para alcançar a inovação industrial, o aumento de produtividade e a melhoria de qualidade no chão de fábrica, requer-se um longo processo de treinamento e liderança em todos os níveis da administração.
5. Para melhor utilização de capacidade da célula, é necessário o emprego de pessoal flexível, bem como o emprego de trabalhadores que possam operar vários tipos de máquinas diferentes, por exemplo, na célula um trabalhador pode operar mais de uma máquina ao mesmo tempo, mas a preparação de cada máquina, que deve ser feita em paralelo em todas as máquinas, exige a presença de mais trabalhadores.
6. Gargalos de capacidade não podem ser resolvidos com um novo turno de trabalho para determinada máquina.

produção em atender rapidamente as mudanças de demanda do mercado. o investimento em estoques e aumenta a flexibilidade, isto resulta na habilidade da ciclos de produção e, com a introdução do planejamento de carga máquina, reduzem-se de componentes. Desta maneira passa-se a ter um fluxo de processo com pequenos pequenas ilhas autônomas (células ou grupos), as quais são orientadas para as famílias humana, e conduz a uma estrutura industrial nova. A fábrica será, então, dividida em reduzir o custo global da organização, leva à simplificação através da criatividade A necessidade de reduzir inventários em processo, e consequentemente de componentes acabados e uma administração complexa e custosa.

Esta estrutura resulta em grandes inventários em processo, grandes estoques estoque para depois serem requisitados para montagem. que o prazo dado para entrega do produto. Componentes são, então, produzidos para acordo com arranjo funcional, acabam gerando um tempo de processamento mais longo com pequenas quantidades de peças, ou até unitários, fabricados em uma planta de requer prazos de entrega cada vez mais curtos, baixo custo e alta flexibilidade. Lotes A empresa estudada fabrica redutores e seus derivados. A competitividade

7.4.1 Introdução

7.4 Planejamento de uma nova estrutura

7. A dependência de fornecedores externos de tratamento térmico pode levar a tempos imprevisíveis e criar descontinuidade no fluxo da célula.

Também há uma responsabilidade centralizada na célula sobre o método de produção e a qualidade, como também há a divisão do trabalho, reduzindo-o a um mínimo.

A característica chave da tecnologia de células é o arranjo físico da célula segundo uma lógica de processo de fabricação da família na célula, ou seja, a especialização da célula para a produção das peças que compõem a família, ao invés do arranjo funcional.

7.4.2 Propostas

Alcançar vantagens econômicas através da simplificação da estrutura da fábrica. Delegar muitas das decisões sobre a fabricação às células resultando em diminuição de burocracia, melhoria da satisfação no trabalho e maior produtividade.

O método conduz a formação de grupos de trabalhos autônomos (células) orientados à família de produtos, que realizam todo o processo produtivo, da matéria-prima até o produto acabado, e que têm a responsabilidade pela produção e pela qualidade.

Cada célula tem a capacidade técnica de fabricação para a produção de uma família. A responsabilidade pelos métodos, desempenho, qualidade e fluxo de produção, é dividida pelos trabalhadores da célula.

O fluxo de informações sobre uma família base tem um ganho em velocidade e precisão através do contato com os trabalhadores da célula e pela observação de problemas no chão de fábrica. A tecnologia de célula com um sistema de fluxo de material simplificado, com pequeno controle do fluxo e uma sequência de

planejamento de carga, traz simplificação e alta confiabilidade no planejamento da capacidade produtiva.

Gargalos de produção devido às chegadas simultâneas e fortuitas de várias ordens para o mesmo equipamento são evitados, oferecendo maior confiabilidade sobre os tempos e a capacidade de processamento nas células. O fluxo de material no chão de fábrica é otimizado.

O potencial de empreendimento existente orienta o desenvolvimento de produto levando-se em consideração a possibilidade real de fabricação gerando uma maior integração entre o desenvolvimento de produto e desenvolvimento de tecnologia industrial.

Através de melhorias da organização, da pré preparação de ferramentas, da formação de famílias de ferramentas e da troca rápida de ferramentas, há a redução do tempo de preparação de máquinas.

A manutenção preventiva e rápida manutenção de emergência cria uma alta disponibilidade das células.

7.4.3 Objetivos

Redução dos custos devido simultaneamente ao aumento em produtividade e aos pequenos lotes fabricados. As metas são:

- Alta confiabilidade nos prazos de entrega.
- Diminuição do tempo do ciclo de processamento.
- Redução do inventário em processo.
- Redução do inventário de componentes acabados.
- Alta disponibilidade das células.

Da análise da forma geométrica das peças e do fluxo de produção pode-se achar os grupos e famílias e formar-se células com as máquinas existentes, e máquinas novas somente seriam compradas se uma única máquina existente fosse necessária em mais de uma célula ou para aumentar a capacidade de algumas máquinas que estão sobrecarregadas e em dois turnos de trabalho. Estas novas máquinas devem ser

Embora o grande número de tipos de componentes diferentes (4600) e os lotes de fabricação de pequeno tamanho (produção unitária 35% das ordens, lotes de 2 a 5 peças, 16% das ordens) aumentarem a complexidade do projeto, é válida a aplicação da tecnologia de células para a empresa.

7.5 Aplicabilidade das células para a empresa.

- Redução do trabalho direto.
- Aumento na operação de máquinas diferentes por trabalhador.
- Redução da complexidade do sistema.
- Preparação para o uso de futuras tecnologias.
- Redução de custos de inspeção.
- Redução de custos de transporte.
- Otimização no fluxo de material.
- Redução de custos de controle de produção.
- Redução de custos de gerenciamento.
- Redução do trabalho direto.
- Redução de custos de inspeção.
- Redução de custos de transporte.
- Otimização no fluxo de material.
- Redução de custos de controle de produção.
- Redução de custos de gerenciamento.
- Redução do trabalho direto.
- Redução dos custos relacionados aos pedidos.
- Redução do custos da burocracia nos controles.
- Redução dos custos de preparação de máquinas.
- Redução de encargos industriais:

favoráveis à tecnologia de célula e que permitam redução de custo e maior produtividade.

7.6 Estratégia de introdução das células de manufatura

As características essenciais da tecnologia de célula são o controle de fluxo de pequeno ciclos de produção e o planejamento da seqüência de carregamento.

Para alcançar os principais benefícios trazidos pela tecnologia de célula, deve-se fazer a divisão de todos os componentes produzidos em famílias e de todas as máquinas em grupos (células). Inicialmente, não é difícil de formar algumas famílias e grupos. Mas uma grande sobra de componentes e máquinas parecem não oferecer nenhuma possibilidade para agrupamento. Independente do método usado, novas famílias e novas células, são cada vez mais difíceis de se formar.

7.6.1 Determinação das famílias e grupos.

Devidos ao grande número de componentes industriais diferentes, (4600), resultou-se no total em 9 famílias e células.

1. Baseado na classificação dos componentes por tecnologia de grupo, usando a informação contida em desenhos, formou-se as famílias de componentes semelhantes em forma. Baseado em cartões de rota (folhas de processo) e por conseguinte nas máquinas existentes, determina-se os grupos (células).

2. Usando análise de fluxo de produção pode-se achar novos grupos e famílias. Uma família pode conter componentes dissimilares em forma, mas que possam ser fabricados na mesma célula (semelhantes em processo). Estes componentes podem

não seguir a mesma sequência de processo, mas são completamente produzidos nas máquinas existentes na célula.

Alguns tipos de máquinas são necessários em mais de uma célula criando-se a necessidade de que algumas máquinas novas sejam compradas de tal modo que:

- a) Crie um balançamento entre a capacidade de cada máquina na célula
- b) Dê a célula capacidade para atender a demanda

Na necessidade de aumentar a capacidade, a escolher recaí sobre máquinas que são favoráveis ao uso da tecnologia de célula o que permite redução de custo e aumento em produtividade.

Uma série de peças sofrem uma operação intermediária de tratamento térmico fora da empresa. Estas peças são transportadas ao fornecedor e posteriormente ao tratamento retornam para operações posteriores nas células. Esta complexidade se resolverá em grande parte fazendo-se os tratamentos mais simples na própria empresa e sempre que possível antes da peça entrar na célula.

As seguintes famílias foram criadas:

1. Engrenagens e coroas (Célula 01)
2. Eixos, pinhões e rosca sem fim (Célula 02)
3. Acoplamentos e tampas (Célula 03)
4. Tampas, anéis e bases (Célula 04)
5. Acoplamentos e flanges (Célula 05)
6. Caixas X (Célula 06)
7. Caixas em geral (Célula 07)
8. Miscelânea (Célula 08)
9. Acabamentos (Célula 09)

Figura 7.1 Quadro geral do Fluxo de produção

	Célula 9	Célula 8	Célula 7	Cél 6	Cél 5	Cél 4	Célula 3	Célula 2	Célula 1
Torno Inor. V1H-400 Torno Inor. MVN-V Furadeira radial 2. Fresadoras Plauter P251 2. Fresadoras Plauter P400 Fresadora Plauter 2900 Retífica cilind. Schaudt AR-500 Chaveveta Framag Rebarbadora Giratomat Chaveveta Busch Fresadora centradora Her Torno copiador Inor. Y.C.F. S50 AR Torno copiador Inor. MDA 250 Torno Inor. MVN-V Retífica Schaudt AR-1000 Torno Inor. MVN e Burgsmüller Fresadora Plauter SF 01 Torno VDE. Haiswat 640 Torno VDE. M. 530 Fresadora Plauter P251 Fresadora Plauter P400 Torno Monforts KA 250 Furadeira múltipla Brevet Furad. de coluna e/ carb. múltipla Furad. de coluna e/ alargador Rosqueadeira Harsco & Geibel Torno Inor. MKD com read-out Torno MVN-V com read-out Furadeira radial Torno vertical Dorrtes CN Furadeira radial Mandrilhadora Seburmann EB-75 Rosqueadeira com 4 colunas Furadeira de coluna WVIV Fresadora vertical Mandrilhadora Seburmann EB-90 Mandrilhadora Wotan B10S/120n Mandrilhadora IOS VH 63 Furadeira radial Brida Furadeira adtal Brida Furadeira radial MAS Furadeira radial MAS Fresadora duplex Cincinnati Fresadora universal Lagoni FU. SL Torno Inor. M.T.N.-V Torno Inor. MVT Torno de coluna Jolyville 4 FC Furad. de coluna Jolyville 4 FC Chaveveta Busch Chaveveta Framag Chaveveta Busch Lixadora mecânica Prensa Xide Retífica vertical Retífica cilíndrica WVIV SL 200 Retífica de centros Biederer SK 3 Torno III. 4HA Retífica cilíndrica Schaudt AR-1.500 Retífica de engrenagens ZAV 7.630 C3 Retífica de engrenagens ZAV 7.630 C2 Máquina de perfilar L3SL-2000D Máquina de perfilar L3SL-2000D Ret. Mandri. Giratomat Lixadora de ferro Sulbit									
Família A									
Família B									
Família C									
Família D									
Família E									
Família G									
Família Miscelânea									

7.6.2 Relatório dos equipamentos e número de operários por célula

Tabela 7.1 Relatório de máquinas da Célula 1 e as peças da Família A fabricadas.

Célula 1		Tipos de Máquinas	
		Torno Imor VH-400	1
		Torno Imor MVN-V	1
		Furadeira radial	1
		2 Fresadoras Pfauter P251	2
		2 Fresadoras Pfauter P400	
		Fresadora Pfauter P900	1
		Retífica cilíndrica Schaudt AR-500	
		Chaveira Fromag	1
		Rebarbadora Gratomat	
		Coroa torneada N214-18/25	
		Coroa torneada N213-05/15	1
		Coroa torneada N211-05/15	
		Cubos N271-05/06 e N271/N273-07/15	2
		Anéis de bronze N281-05/12	
		Engrenagens Máxidur NA117 H > 25-28	1
		Engrenagens N114 H > 16	
		Engrenagens N114 H < 16, N116	1
Peças da Família A	Operários		Total = 6

Tabela 7.2 Relatório de máquinas da Célula 2 e as peças da Família B fabricadas.

Célula 2		Tipos de Máquinas	
		Chaveira Busch	1
		Facedora centradora Hey	1
		Torno copiador Imor VCE 550 AR	1
		Torno copiador Imor MDA 250	1
		Torno Imor MVN-V	1
		Retífica Schaudt AR-1000	1
		Torno Imor MVN com Burgmüller	
		Fresadora Pfauter SF 01	1
		Torno VDF Hanscat 640	
		Torno VDF M 530	1
		Fresadora Pfauter P251	
		Fresadora Pfauter P400	1
		Disco fixo Reeves	
		Roscas sem fim Xevex	1
		Pinhões NA132, NA133, NA134, NA142, NA143, NA144	
		Pinhões N131, N132, N133, N134, N142, N143 < 16-53	1
		Eixos TDH	
		Eixos postigos NA133, NA134	1
		Eixos duplos NA132	1
		Eixos Pfandler	1
		Eixos NA152	1
		Eixos N151, N152, N251, N252, N253-05/10	1
Peças da Família B	Operários		Total = 10

Célula 6		Operários	Total = 2
Tipos de Máquinas		1	Mandrilhadora Seharman FB-75 Furadeira com 4 colunas Rosqueadeira com 4 colunas Furadeira de coluna WMW
Pecas da Família F		1	
Caixas Xevox TR01-05/10			

Tabela 7.6 Relação de máquinas da Célula 6 e as peças da Família F fabricadas.

Célula 5		Operários	Total = 3
Tipos de Máquinas		1	Torno vertical Dorries CN Torno vertical Webster & Bennet Furadeira radial
Pecas da Família E		1	
Acoplamentos Teteflex > D11			
Pés Xevox TR01-12/25			
Flange motor TH42			
Braço de torção TR01-15/21			
Base redonda TR01-12/21			
Flange motor (especial em aço)			
Caixas LR21			
Tampas LR21			
Mancais encompridados			
Espaçadores Reliance			
Tampas de motor Reliance			

Tabela 7.5 Relação de máquinas da Célula 5 e as peças da Família E fabricadas.

Célula 8		Tipos de Máquinas	Operários	Total = 19
Pecas da Família Miscelânea		Fresadora duplex Cincinnati	1	1
		Fresadora universal Lagun FU 5L	1	1
		Torno Imor MVN-V	1	1
		Torno Imor MVI	1	1
		Torno Imor MVS	1	1
		Furadeira de coluna Joinville 4 FC	1	1
		Furadeira de coluna Joinville 4 FC	1	1
		Chaveteira Busch	1	1
		Chaveteira Fromag	1	1
		12 tornos mecânicos	12	12
		Eixos N253-12/25, NA153	1	1
		Pés Xevex horizontais TR01-05/10, Pés verticais TR01-05/15	1	1
		Tambor TR01-15/25	1	1
		Capa da hélice TR01/TR11	1	1
		Suportes N94 a N115	1	1
		Indicador N84	1	1
		Base móvel e fixa Reeves, disco móvel Reeves, limitador Reeves	1	1
		Tampa de inspeção N024, anel de retenção N014	1	1
		Colarinho TR01, disco de fixação N015	1	1
		Anéis N011, N012, N013, anel de fixação Reeves	1	1
		Bucha de encosto N016, flange Reeves (placa de aço)	1	1
		Disco de vedação entrada e saída TR01, fuso Reeves	1	1
		Bomba de óleo (guia) TH42, flange da bomba de óleo N065	1	1
		Acoplamento Uniflex	1	1
		Arruela N	1	1

Tabela 7.8 Relação de máquinas da Célula 8 e as peças da Família Miscelânea.

Célula 7		Tipos de Máquinas	Operários	Total = 8
Pecas da Família G		Fresadora vertical	1	1
		Mandrilhadora Schermann FB-90	1	1
		Mandrilhadora Woran B105/120m	1	1
		Mandrilhadora TOS WH 63	1	1
		Furadeira radial Breda	1	1
		Furadeira radial Breda	1	1
		Furadeira radial Breda	1	1
		Furadeira radial Breda	1	1
		Tampa da caixa TH horizontal < 14, > 14	1	1
		Tampa da caixa TH vertical 15/20	1	1
		Caixa TH vertical 15/20	1	1
		Caixa TAH horizontal 18/32, 32/45 (ago)	1	1
		Tampa da caixa TAH horizontal 18/32, 32/45 (ago)	1	1
		Caixa TAH vertical 18/32, 32/45 (ago)	1	1
		Tampa da Caixa TAH vertical 18/32, 32/45 (ago)	1	1
		Caixas TH42-08/14	1	1
		Caixas LR01	1	1
		Caixas TDH	1	1
		Caixas CEH	1	1
		Caixas Villares	1	1
		Caixas TH horizontal < 13, 14/16, > 16	1	1
		Caixas Xevex TR11-12/21	1	1
		Caixas Xevex TR01-12/25, TR11-12/21	1	1
		Tampa caixa Xevex TR11-12/21	1	1

Tabela 7.7 Relação de máquinas da Célula 7 e as peças da Família G fabricadas.

previsto para cada máquina em cada uma das células.

Destá maneira, pode-se identificar os tipos de máquinas com sobre carga de produção, e que portanto precisariam ter seu número aumentado por novas aquisições, e aquelas, que sub-utilizadas, poderiam ser aproveitadas para trabalho de peças de outras famílias. As tabelas 7.10 até 7.17 mostram, em porcentagem, o grau de utilização

Para definição dos equipamentos que comportam cada célula, objetivando-se reduzir a um mínimo a necessidade de compra de novas máquinas e aproveitar ao máximo a capacidade produtiva de cada máquina, a partir de histórico passado recente do consumo dos itens produzido, fez-se uma previsão da capacidade necessária de cada célula, comparando-se a capacidade produtiva de cada máquina com a necessidade prevista, tomando-se como base dois turnos de trabalho com 85% de eficiência.

Célula 9		Operários	Total = 8
Prensa Etel	1	1	
Poltriz Negrini			
Retífica cilíndrica WMW SU 200			
Retífica de centros Buderns SK 3			
Torno IH 40A	2	2	
Retífica cilíndrica Schaudt AR-1.500			
Retífica de face e furo WMW	1	1	
Retífica de engrenagens ZSTZ 630 C2			
Retífica de engrenagens ZSTZ 06			
Medidora Klingelberg PFSU-1.200D		3	
Equipamento de partículas magnéticas			
Acabamento de engrenagens Maxidur	1	1	
Acabamento de pinhões Maxidur			
Acabamento de rosca sem fim Xevex			

Tabela 7.9. Relatório de máquinas da Célula 9 de acabamento.

Capacidade Célula 2												
Tempo de usinagem anual												
Pecas	Consumo previsto	TC	TC	Busch	RET	Burgs Muller	SF01	VDF	VDF	P251/P400	2 turnos = 3.768 h/ano com 85% de eficiência = 3.202h/ano	
											Total (horas/ano)	Utilização
Eixos N151, 152, 251, 252, 253	7.401	719	719	1.922	1.881							
Eixos NA152	240	163,5	163,5	99	327							
Eixos Pfaudler	106	427,3	427,3	205,9	70,4							
Eixo duplo NA132	-	-	-	-	-							
Eixo posigo NA133, NA134	8			0,9								
Pinhões N131, 132, 133, 134, 142, 143	3.430	233,7	233,7	304,2								1.633,9
Eixos TDH	87	33	33	15	17,9							
Pinhões NA132, 133, 134, 142, 143, 144	692	248,5	248,5	202								580,1
Disco fixo Reaves	-	-	-	-	-							
Rosca sem fim Xevox N221-05/12	12.899	671,5	671,5	896	2.023	722	3.074	3.074				
Rosca sem fim Xevox N221-15/25	1.460	192,5	192,5	240	197	1.528	3.074	3.074				
Total (horas/ano)	2.689	2.689	2.689	3.379	2.802,5	2.220	2.250	3.074	3.074			2.244
Utilização		84%	84%	106%	88%	70%	70%	96%	96%			70%

Tabela 7.11 Grau de previsão de utilização das máquinas da Célula 2

Capacidade Célula 1												
Tempo de usinagem anual												
Pecas	Consumo previsto	TP	TP	FR	RET	Fromag	P251 (2x)	P400 (2x)	P900	Grat.	2 turnos = 3.768 h/ano com 85% de eficiência = 3.202h/ano	
											Total (horas/ano)	Utilização
Engrenagem N114<16, N116	2.951	533	533	139				2.142				
Engrenagem NA117<25-28	743	346	347	291				940				
Engrenagem N114<16	114											232,6
Engrenagem NA117<25-28	10											23,3
Anéis de bronze N281-05/12	11.065	363	363									
Cubos N271-05/06	471	27	27									
Cubos N273-07/15	6.924	665	665									
Coroa torneada N214-18/25		52,4	52,4									
Coroa torneada N211-05/15	11.276	735,4	735,4	306	516,3							
Coroa torneada N213-05/15	1.740	298,3	298,3	143	261,4							
Coroa fresada Xevox	12.588							960	1.437,6			477,5
Total (horas/ano)	3020,1	3.020,1	3.020,1	879	778			960	4.519,6			733,4
Utilização		94%	94%	28%	25%			30%	141%			23%

Tabela 7.10 Grau de previsão de utilização das máquinas da Célula 1

Tabela 7.12 Grau de previsão de utilização das máquinas da Célula 3.

Capacidade Célula 3		Tempo de usinagem anual						
Pecas	Consumo previsto	TM	TM	FM	FCM	FCA	RO	
		20.561	744	744	298,5	320		
Acoplamento Telerflex < D9		22.138	1.123	438			181	
Tampas TR01-05/10		16.541	384,5	341,8				
Tampas N021-09/32-01		12.426	262	283				
Tampas N022-10/30-01		53	4,5	2,6				
Tampas TDH		0	-	-				
Flange TR01-05/18		471	15,9	24,8			11,4	
Coroa Tormeadada N215-05/06								
Total (horas/ano)		2.534	2.513,5	1.388,7	301,1	320	192,4	
Utilização		79%	78%	43%	9,5%	10%	6%	

2 turnos = 3.768 h/ano com 85% de eficiência = 3.202h/ano

Tabela 7.13 Grau de previsão de utilização das máquinas da Célula 4.

Capacidade Célula 4		Tempo de usinagem anual						
Pecas	Consumo previsto	TP	TP	FR				
		1.040	107	107	151			
Tampa do tambor TR01-15/18		-	-	-				
Tampas RR02		1.040	107	107	151			
Braco de torção TR01-05/12		139	11,8	11,8	17,1			
Base redonda TR01-05/10		936	222,3	222,3	104,5			
Anéis de bronze N281/N284-15/25		1.111	47	47	36,3			
Cubos N274-18/25		442	166	166	37,8			
Tampas e caixas HR01		210	30,3	30,3				
Flange motor Xevox		2.512	567,6	567,6	143,8			
Hélices		5.942	294	294	64,1			
Coroa tormeadada N213-18/25		184	188,2	188,2	34,2			
Anéis TDH		115	4,3	4,3	3,7			
Tampas LR01		-	-	-				
Total (horas/ano)		3.196	3.196	1.325,6				
Utilização		100%	100%	41%				

2 turnos = 3.768 h/ano com 85% de eficiência = 3.202h/ano

Tabela 7.14 Grau de previsão de utilização das máquinas da Célula 5.

Capacidade Célula 5																
Tempo de usinagem anual																
Pecas	Consumo previsto	TV Webster	TV Dorries	FR												
					Flange motor (ago)	Tampas motor Reliance	Caixas LR21	Tampas LR21	Mancais encompridados	Espaçadores Reliance	Engrenagens N114 > 16	Engrenagens N117 > 25-28	Caixa TR01-15/25	Caixa vertical TH15/20	Caixa TH42-08/14	
Acoplamento Teflex > D11	1.023		834	494												
Pés Xevex TR01-12/25	218	84,2		33,9												
Braco de torçao Xevex TR01-15/21	22	9		4,4												
Flange motor TH42	32		19,5	1,3												
Base redonda TR01-12/21	372	221,7		85,8												
Flange motor (ago)	-	-	-	-												
Tampas motor Reliance	-	-	-	-												
Caixas LR21	-	-	-	-												
Tampas LR21	-	-	-	-												
Mancais encompridados	-	-	-	-												
Espaçadores Reliance	-	-	-	-												
Engrenagens N114 > 16	114	313,2														
Engrenagens N117 > 25-28	10		22,4	6,9												
Caixa TR01-15/25	735	455,7														
Caixa vertical TH15/20	30	61,4														
Caixa TH42-08/14	104	360,7														
Total (horas/ano)		1.540,4	880,6	627,7												
Utilização		48%	27%	20%												
2 turnos = 3.768 h/ano com 85% de eficiência = 3.202h/ano																

Tabela 7.15 Grau de previsão de utilização das máquinas da Célula 6.

Capacidade Célula 6															
Tempo de usinagem anual															
Pecas	Consumo previsto	MS FB75	FC	FC	FC	FC	FC	RQ	RQ	RQ	RQ	RQ	RQ	RQ	FC
Caixa Xevex TR01-05	3.258	989,7	130,3	206,3	152		82,5	95,6	78,2						91,2
Caixa Xevex TR01-06	1.851	566,7	74	111,7	108		47	54	56						51,8
Caixa Xevex TR01-07	2.174	681	87	131,2	127	38	36	64	67	21,7					57,6
Caixa Xevex TR01-09	1.387	459,6	55,5	106	81	27	23	36	42	14					36,7
Caixa Xevex TR01-10	1.230	456	60	115	81,6	24,6	32	52,5	49	17,6					41
Total (horas/ano)	3.153			1.754,3				868,1							278,3
Utilização		98,5%		55%				27%							8,7%
2 turnos = 3.768 h/ano com 85% de eficiência = 3.202h/ano															

Tabela 7.16 Grau de previsão de utilização das máquinas da Célula 7.

Capacidade Célula 7		Tempo de usinagem anual															
Pecas	Consumo previsto	Fresadora vertical	MS FB-90	Wotan	Tos WS 63	FR (3x)	FR	2 turnos = 3.768 h/ano com 85% de eficiência = 3.202h/ano									
								Utilização	Total (horas/ano)								
Caixas Xevex TR01-12/25	735		444,9			1.131,1											
Caixas Xevex TR11-12/21	911	349		359,4		779,2											
Tampa caixa Xevex TR11-12/21																	
Caixas CEH																	
Caixas Villares	380	380	874,7			792,7											
Caixas TH horizontal < 13	619		515,8			734,7											
Caixas TH horizontal 14/16	66		224,7	147,6		161,8											
Caixas TH horizontal > 16	25		64,7	78,4		423											
Tampas TH horizontal < 14	618		125,4														
Tampas TH horizontal > 14	60		60,5														
Caixas TH vertical 15/20	30		66,6	296,8		82,1											
Caixas TH vertical 15/20	30		33,3														
Tampa TH vertical 15/20	153		296,8	231,2	462,3	1.119,4											
Caixas TAH horizontal 18/32	10		29,1		238,2	196,5											
Caixas TAH horizontal 32/45 (ago)	7		9,3	42,2		53,7											
Caixas TAH vertical 18/32	7		4,7														
Caixa TH42-08/10	64		138,6			99,1											
Caixas TH42-12/14	40		76,4			181,1											
Caixas TDH	78					103,7											
Caixas HR01						81,4											
Braco de torção 10/21																	
Total (horas/ano)		1.645	2.773,1	1.138,3	228,5	185,1											
Utilização		51%	87%	36%	7%	6%											

Tabela 7.17 Grau de previsão de utilização das máquinas da Célula 8.

Capacidade Célula 8		Tempo de usinagem anual															
Pecas	Consumo previsto	TP	TP	Lagun	Cincinnati	TP (12x)	Fromag	Busch	FC (2x)	2 turnos = 3.768 h/ano com 85% de eficiência = 3.202h/ano							
										Utilização	Total (horas/ano)						
Pés verticais Xevex TR01-05/15	186					17,6			16								
Anéis N011, N012, N013	67.569	1.798	1.798														
Disco de fixação N015	271	17,4	17,4														
Bucha de encosto N016	286	41,4	41,4														
Anel de fixação Reeves	1.443	108	108			24,1			224,3								
Disco de vedação entrada TR01	596	93,2	93,2														
Flange Reeves	1.091	64	64														
Bomba de óleo TH42	41	37,6	37,6						13								
Flange da bomba N065	14	3,2	3,2						1,4								
Fuso Reeves	553	46,7	46,7														
Disco de vedação saída TR01	344	36,7	36,7						23,9								
Limitador Reeves	1.766	81,7	81,7			29,5			147,4								
Acoplamento Uniflex	19.152	1.213	1.213			1.464											
Total (horas/ano)	3.540	3.540	1.535,2						426								
Utilização		110%	110%	48%					13%								

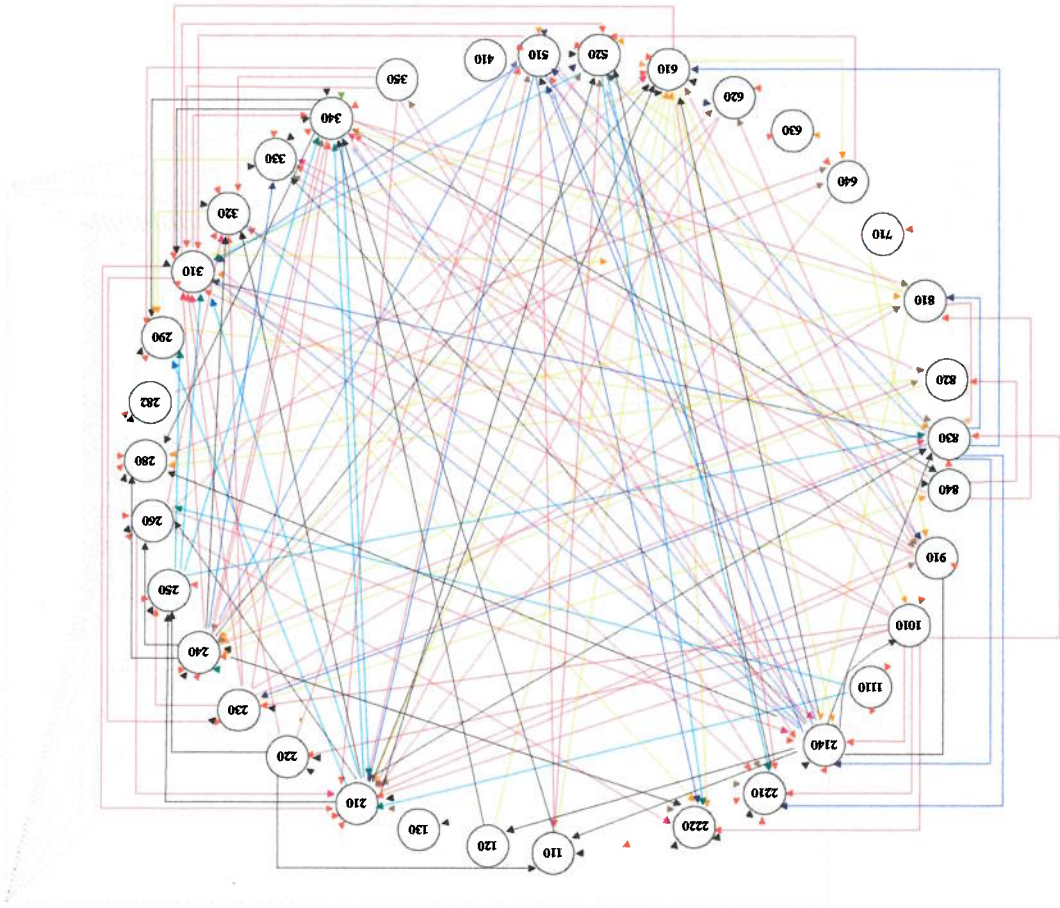


Figura 7.2 Fluxo de peças no layout antigo

Assim, algumas peças enquadradas em uma das 8 famílias, têm a necessidade de serem transportadas para outra célula para sofrerem uma operação. Isso acontece, por exemplo, com várias peças que são retificadas, que devem ser deslocadas para a Célula 9 de acabamento. O pré tratamento térmico, o tratamento térmico e a solda são áreas independentes das nove células. A figura 7.2 mostra o fluxo de peças entre as máquinas no layout antigo e a figura 7.3 o novo fluxo entre as células formadas.

No layout de grupo, as peças não precisam usar a mesma sequência de máquinas e, pode ser até mesmo que algumas peças não necessitem usar uma ou mais máquinas do grupo onde elas são processadas. Apesar disso, no layout das células foi privilegiado a sequência de processamento da maioria das peças que compõem cada família, simplificando o fluxo de material dentro da célula.

Nas figuras 7.4 até 7.12 são apresentados os layouts das nove células formadas a partir da análise da geometria das peças e do fluxo de produção.

7.6.3 Layout das Células

Figura 7.3 Fluxo de peças entre as células.

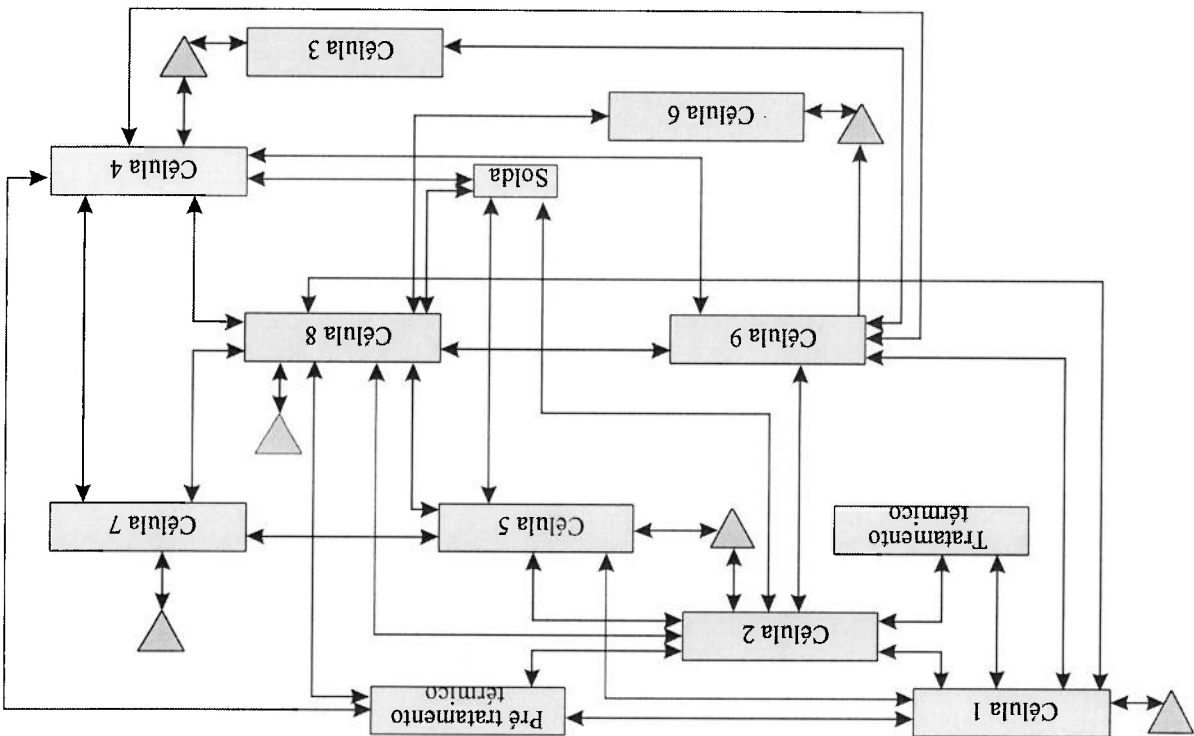
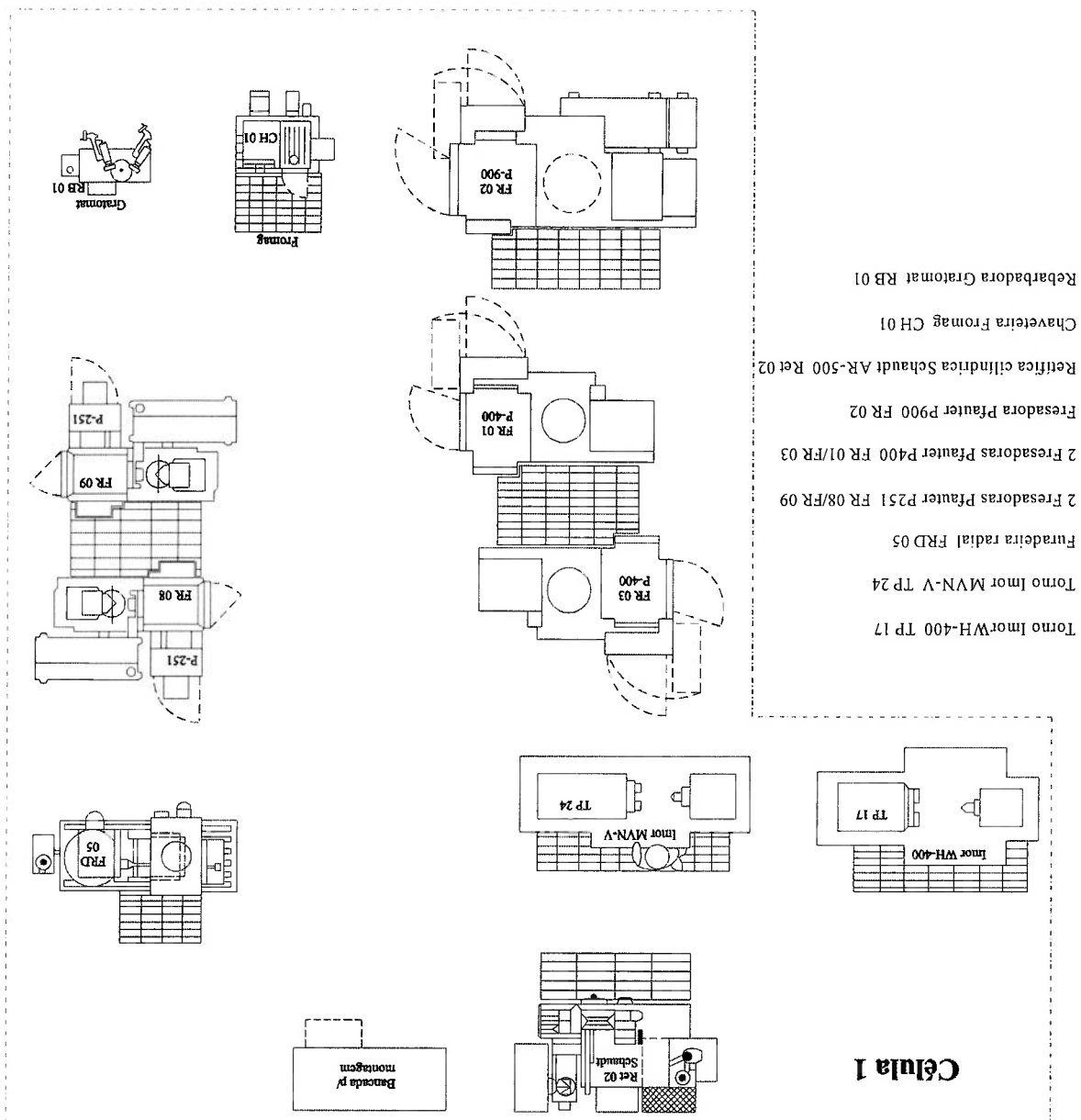
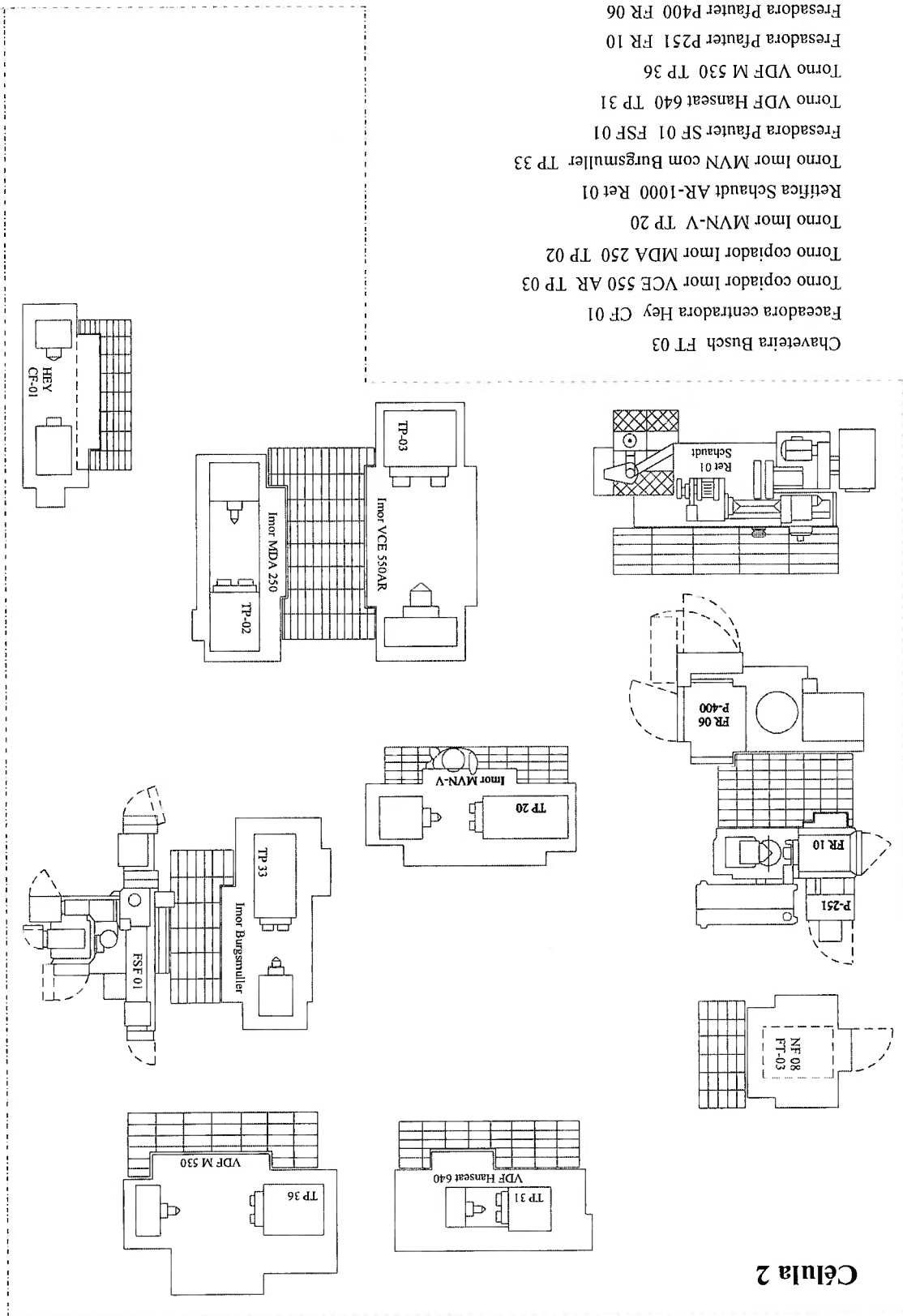


Figura 7.4 Layout da Célula 1 formada para produzir a Família A.



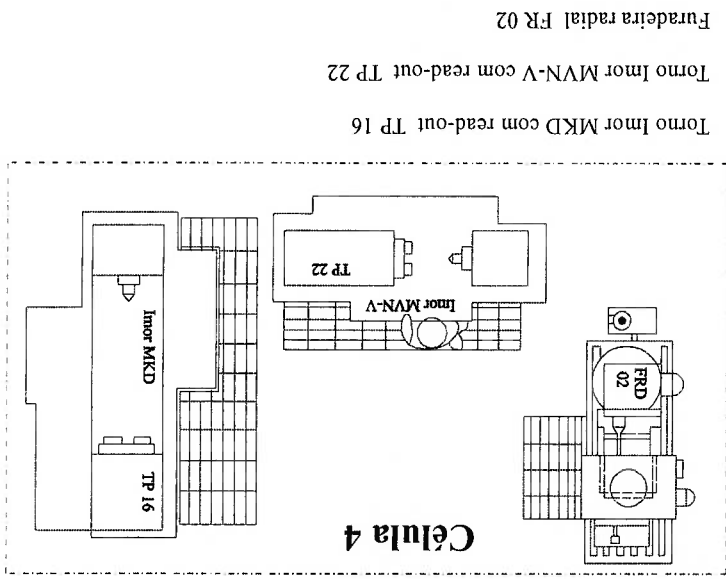
Célula 2



- Chaveteira Busch FT 03
- Faceadora centradora Hey CF 01
- Torno copiador Inor VCE 550 AR TP 03
- Torno copiador Inor MDA 250 TP 02
- Torno Inor MVN-V TP 20
- Retifica Schaudt AR-1000 Ret 01
- Torno Inor MVN com Burgsmüller TP 33
- Fresadora Pfauter SF 01 FSF 01
- Torno VDF Hanssat 640 TP 31
- Torno VDF M 530 TP 36
- Fresadora Pfauter P251 FR 10
- Fresadora Pfauter P400 FR 06

Figura 7.5 Layout da Célula 2 formada para produzir a Família B.

Figura 7.7 Layout da Célula 4 formada para produzir a Família D.

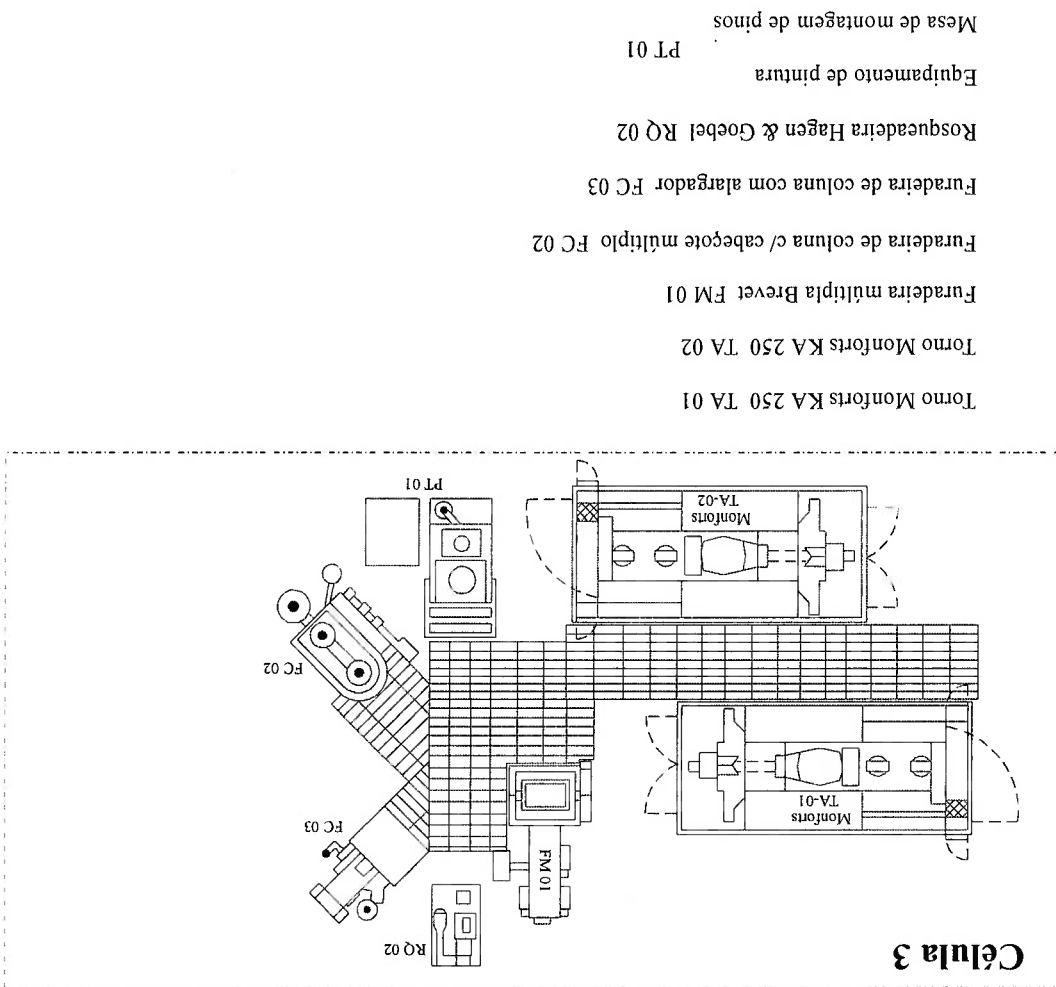


Torno Imor MKD com read-out TP 16

Torno Imor MVN-V com read-out TP 22

Furadeira radial FR 02

Figura 7.6 Layout da Célula 3 formada para produzir a Família C.



Torno Monforts KA 250 TA 01

Torno Monforts KA 250 TA 02

Furadeira múltipla Brevel FM 01

Furadeira de coluna c/ cabeçote múltiplo FC 02

Furadeira de coluna com alargador FC 03

Rosqueadeira Hagen & Goebel RQ 02

Equipamento de pintura

PT 01
Mesa de montagem de pinos

Figura 7.8 Layout da Célula 5 formada para produzir a Família E.

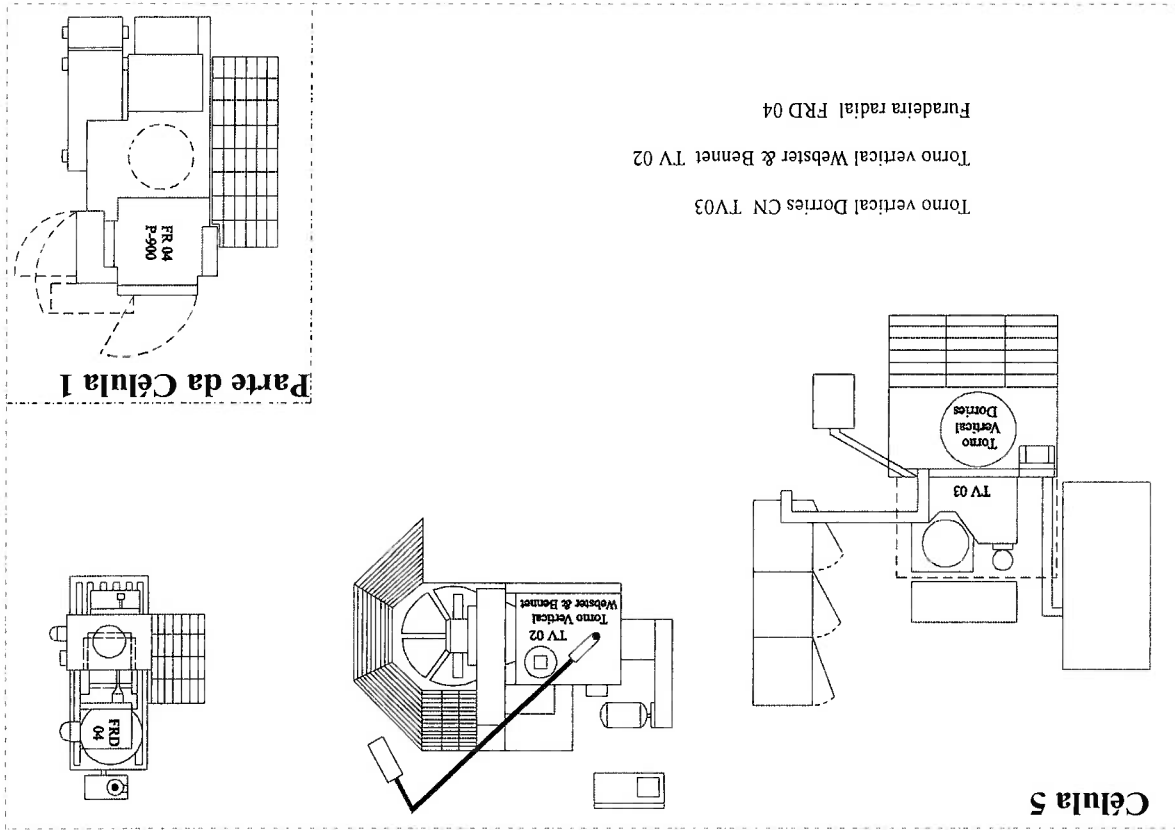
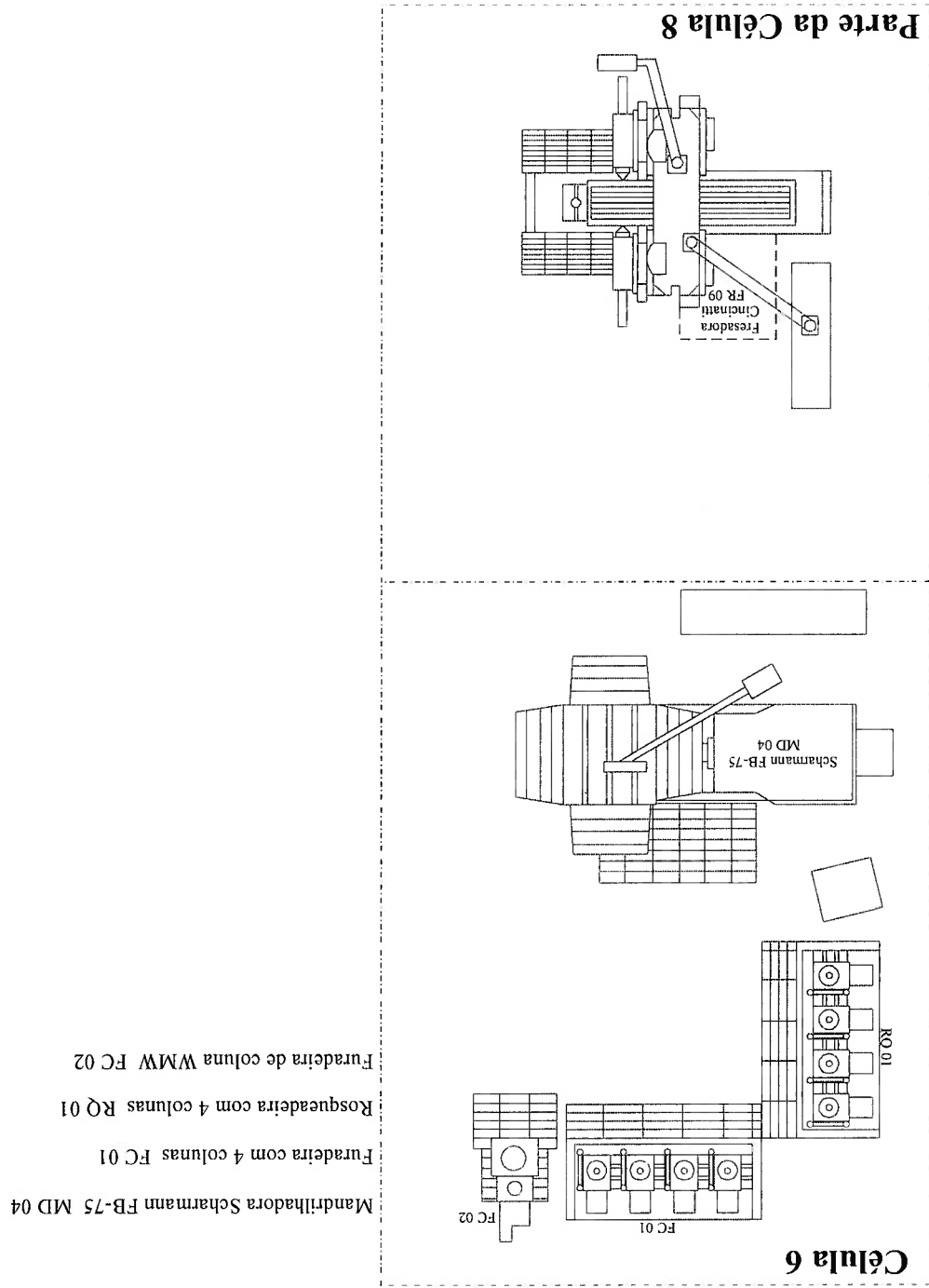


Figura 7.9 Layout da Célula 6 formada para produzir a Família F.



Célula 7

Fresadora vertical

Mandrilhadora Scharmann FB-90 MD 02

Mandrilhadora Wolan B105/120m MD 01

Mandrilhadora TOS WH 63 MD 03

Furadeira radial Breda FRD 04

Furadeira radial Breda FRD 01

Furadeira radial MAS FRD 02

Furadeira radial MAS FRD 07

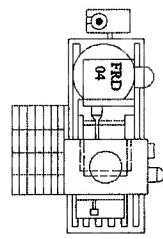
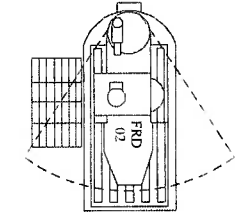
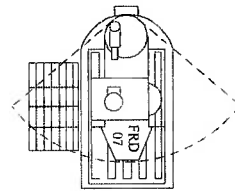
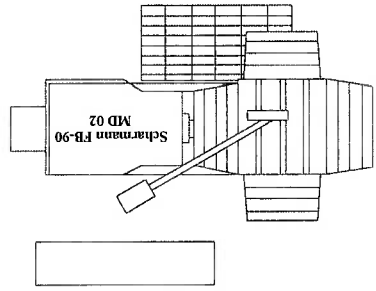
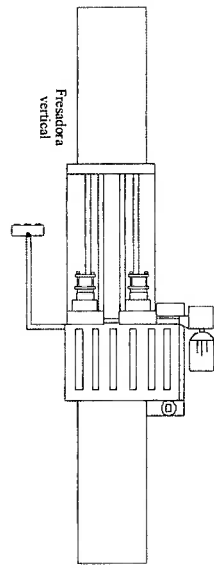
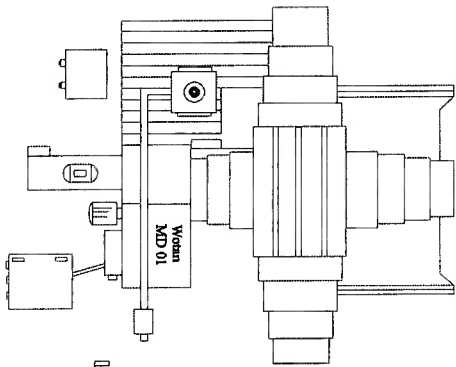
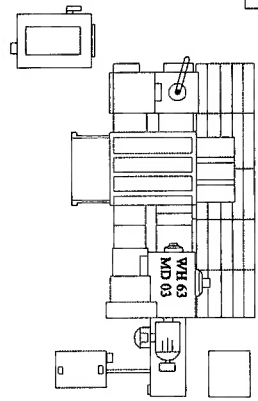
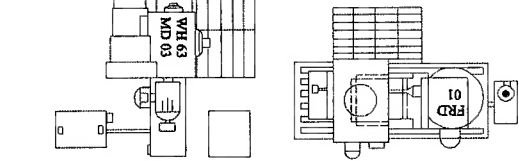
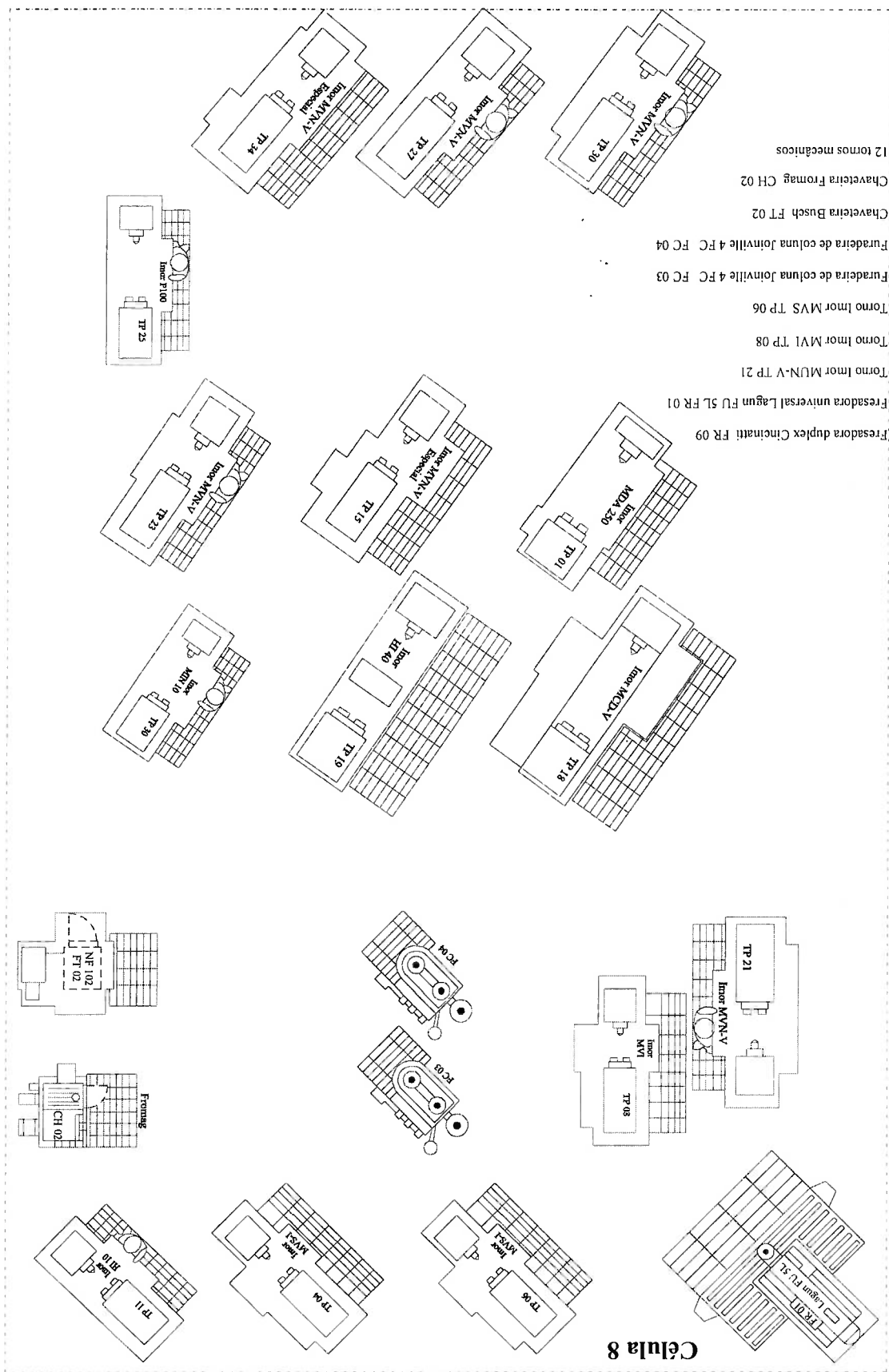


Figura 7.10 Layout da Célula 7 formada para produzir a Família G.

Figura 7.11 Layout da Célula 8 formada para produzir a Família Miscelânea.



Célula 9

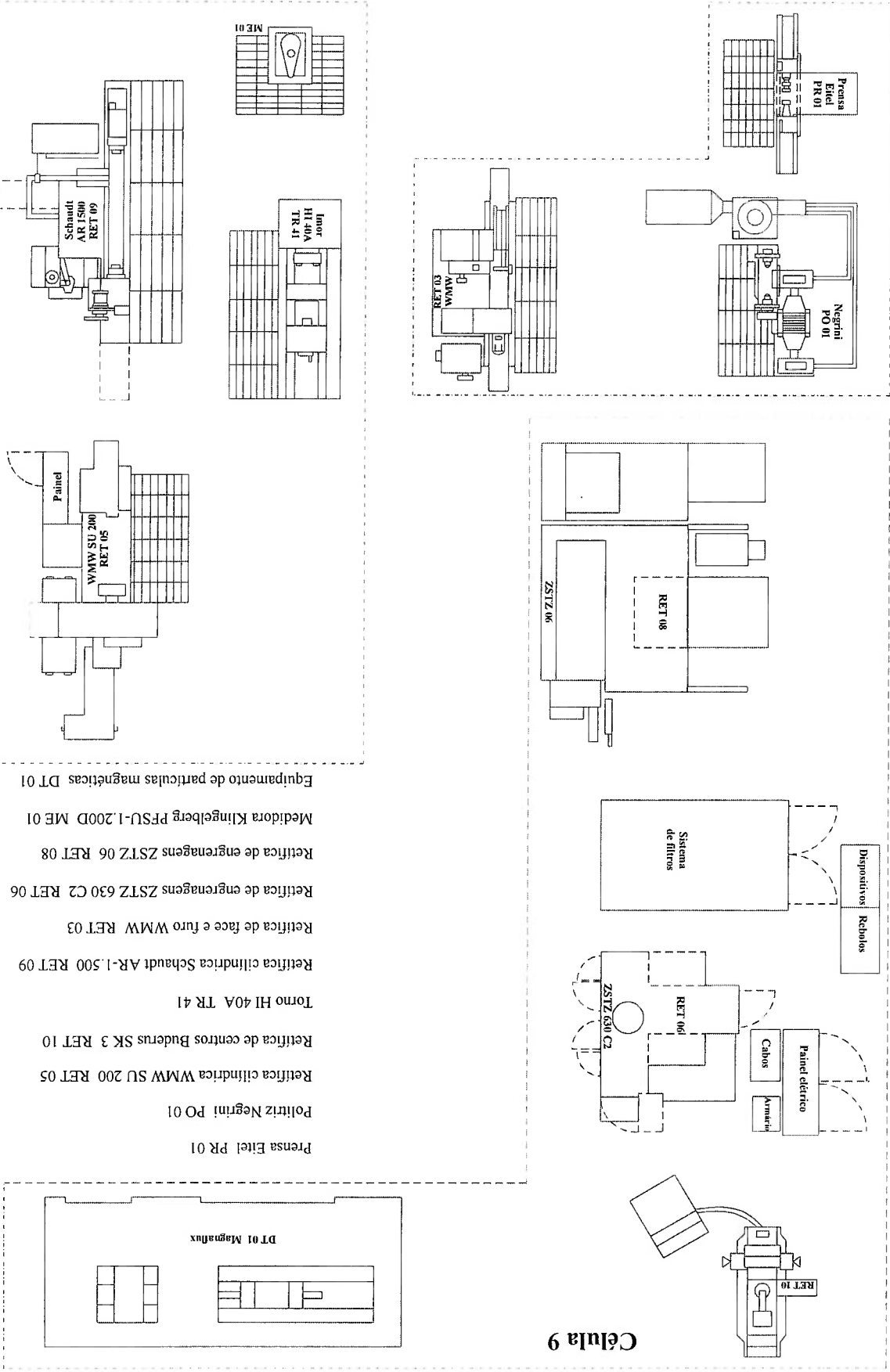
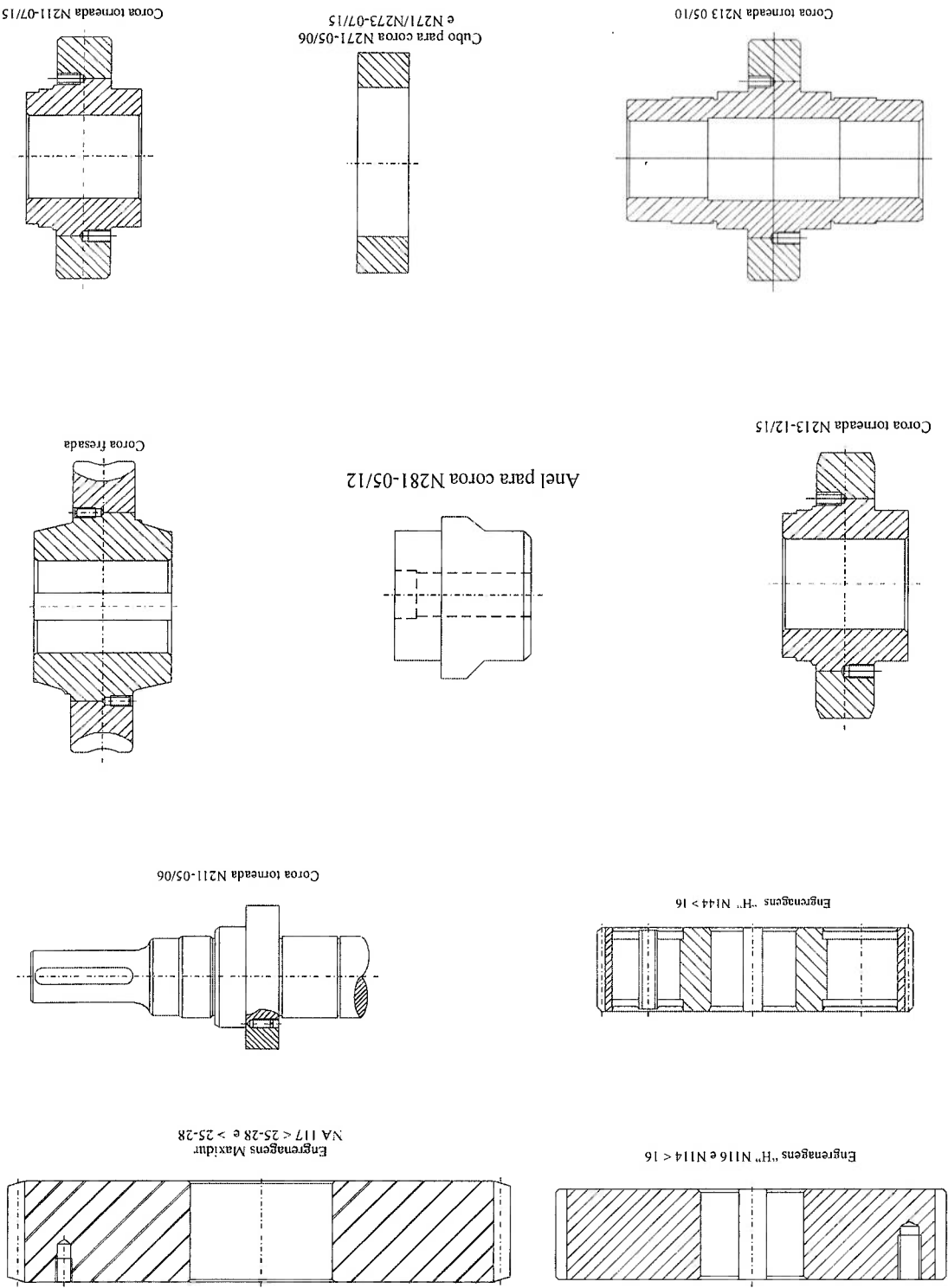


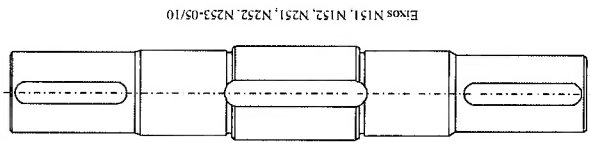
Figura 7.12 Layout da Célula 9 de Acabamento.

7.6.4 Tipos de peças que formam cada família

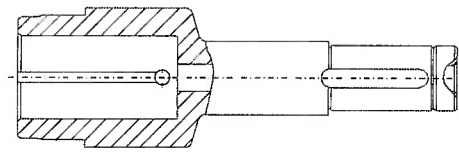
a) Peças da Família A



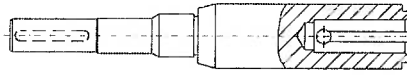
b) Peças da Família B



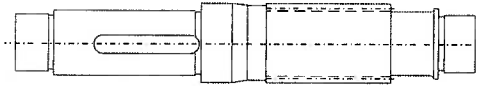
Eixos N151, N152, N251, N252, N253, N253-05/10



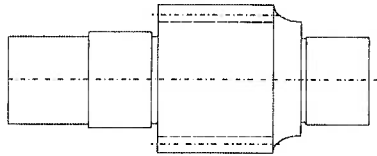
Eixos Fraudler



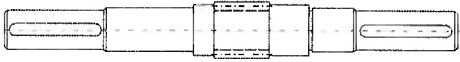
Eixos de entrada dupla NA133, NA134



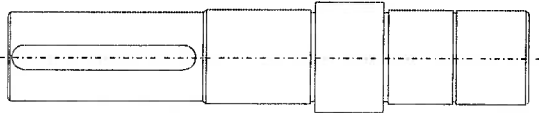
Pinhões N142, N143



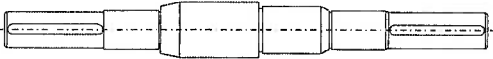
Pinhões NA144



Pinhões NA132, NA133, NA134, NA142, NA143



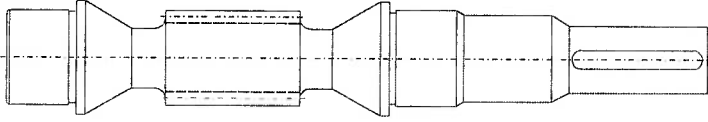
Eixos NA152



Eixos de entrada dupla NA132



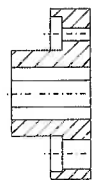
Pinhões N131, N132, N133, N134



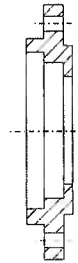
Rosca sem fim N211-05/12, N211-211-15/25

c) Pegas da Família C

Acoplamentos Teteflex < D9



Tampa aberta N021-09/32-01



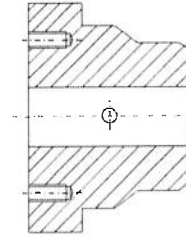
Tampa cega N022-10/30-01



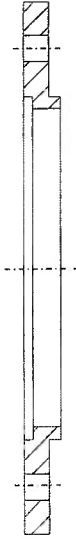
Tampa cega TDH02



Coroa tornada N215-05/06

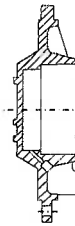


Flange TR01-05/18

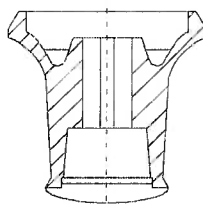


d) Peças da Família D

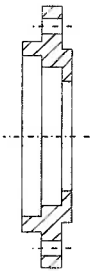
Tampa TR01-12/25



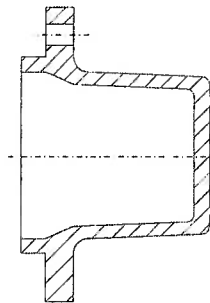
Tambor TR01-15/18



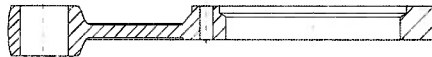
Tampas N021 > 32 e N022 > 30



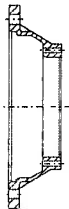
Tampas RR02



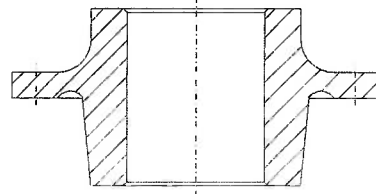
Braco de torção TR01-05/09



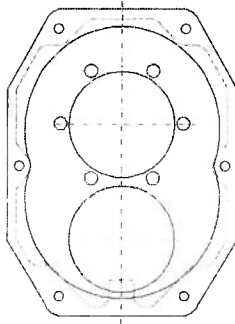
Base redonda TR01-10/12



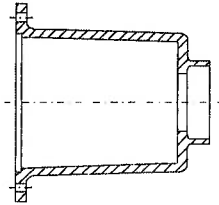
Cubo para coroa N274-18/25



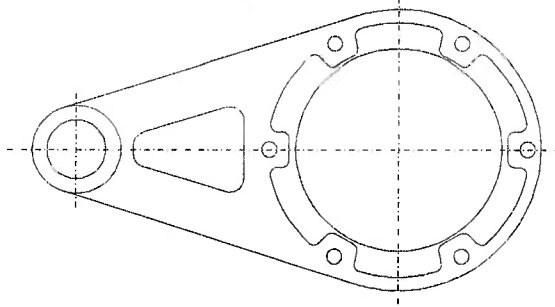
Caixa e tampa HR01



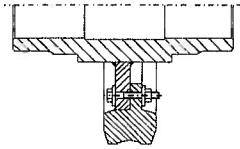
Lanterna Fofo



Braco de torção TR01-10/12



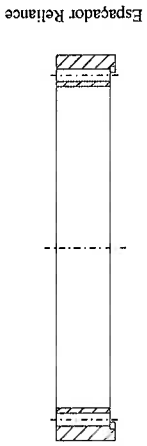
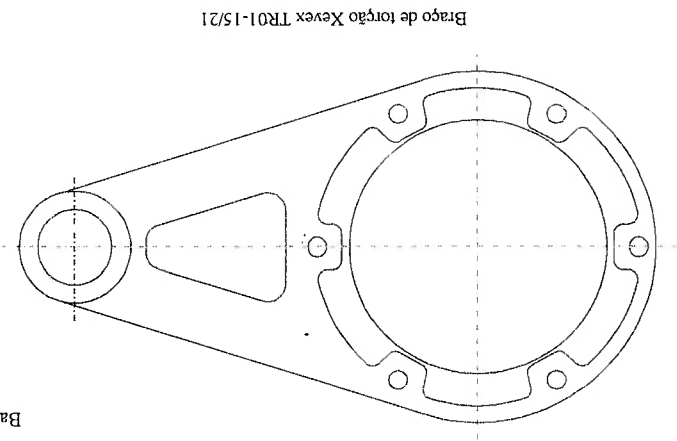
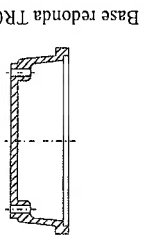
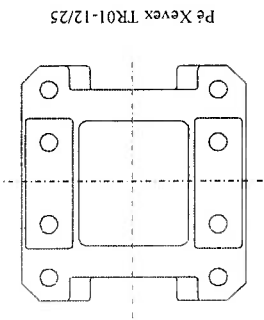
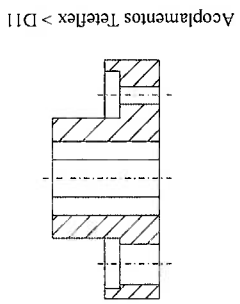
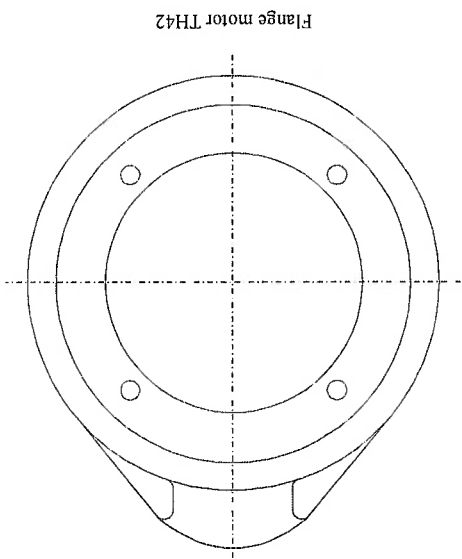
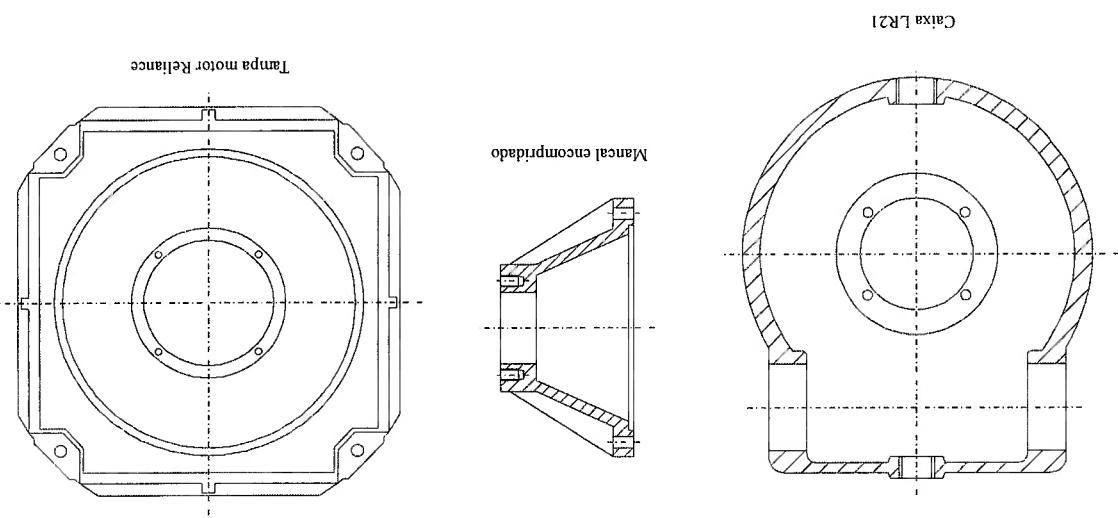
Coroa montada N213-18/25



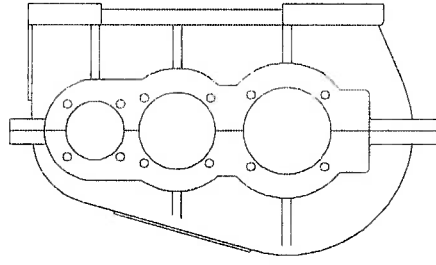
Anéis TDH02



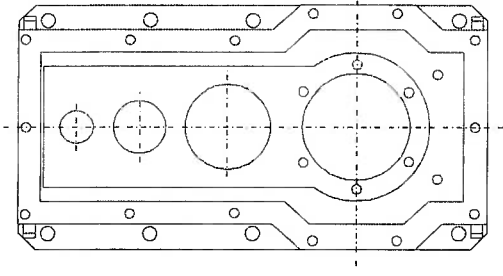
e) Peças da Família E



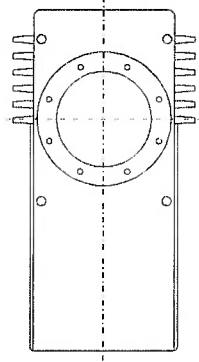
Caixa e tampa TH horizontal



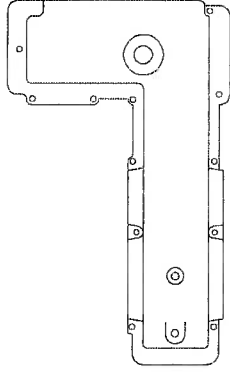
Caixa TAH vertical 32/45



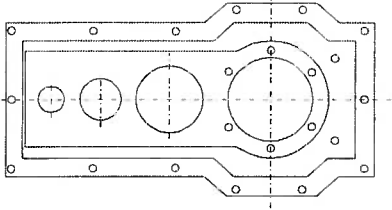
Caixa Xevex TR01-18/25



Caixa CEH

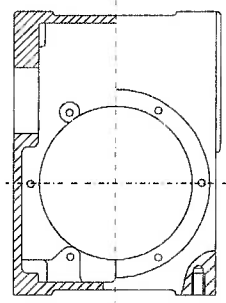


Tampa TAH vertical 32/45



g) Peças da Família G

Caixa Xevex TR01-05/10



f) Peças da Família F

7.6.5 Implementação

As células de 1 a 8 abrangeram 85% dos 32.000 itens produzidos pela empresa. Para os restantes 15% dos itens formou-se a célula miscelânea, ou seja, uma célula que agrupou todas as máquinas que não foram aproveitadas nas outras células sendo que estas foram arranjadas dentro da célula como num layout funcional.

Identificadas as famílias de peças e determinado o grupo de máquinas que formaria cada uma das células, a implementação foi feita célula a célula, da mais simples para a mais complexa, ou seja, iniciando por aquelas cujo potencial de sucesso era maior, deixando para depois aquelas onde a implementação era mais difícil e demorada, envolvendo um número maior de máquinas e pessoas a serem treinadas e, portanto, exigindo um maior cuidado na implantação para se atingir os resultados planeados com sucesso.

Em função da restrição de se investir o menos possível em novas máquinas e equipamentos, fez-se necessário um estudo cuidadoso da distribuição das células no chão de fábrica, já que muitos dos componentes produzidos deveriam passar por mais de uma célula para a sua conclusão.

Dessa maneira, mesmo havendo fluxo de material entre células, o que não é o ideal no sistema de produção em células, este fluxo foi minorizado com a adequada posição de cada célula na área industrial, complementada com o arranjo das máquinas dentro da célula permitindo que máquinas chave, necessárias a outras peças de fora da célula, estivessem na fronteira com outras células que poderiam fazer uso destas máquinas, como se uma mesma máquina pertencesse a mais de uma célula.

Esta solução, apesar de diminuir o fluxo indesejado de peças entre células,

criou um outro problema, próprio do sistema de produção num layout funcional, pois a responsabilidade na produção de peças de uma família, que por princípio no sistema celular seria dos operários da célula, passa a ser dividida com os de outra célula.

A base do sucesso na implementação de uma mudança organizacional em uma empresa, seja ela simples e rápida ou complexa e demorada envolvendo uma grande quantidade de recursos humanos e materiais, está sempre nas pessoas envolvidas nesta mudança e que, portanto, devem ser estimuladas. Por isso, o treinamento das pessoas para assimilação das novas tecnologias, de maneira a poderem assumir as novas responsabilidades que o sistema celular de produção lhes impõe, foi o ponto de partida para o início da implementação do projeto. Quanto melhor informado sobre as mudanças, mais seguro o funcionário se sente e menor será sua resistência à mudança.

A introdução de uma planta celular de produção implica na redução do número de pessoas envolvidas diretamente com o chão da fábrica, seja ela mão de obra direta, seja indireta. Assim, o número necessário de operadores de máquina se reduziu em quase 30%, ou seja, a um número bem menor que o das máquinas e equipamentos que formam as células.

A redução drástica no transporte interno de materiais, onde eram necessárias quatro empilhadeiras e três carrinhos e passou a ser feito por apenas uma empilhadeira, fez com que fosse necessário um número muito menor de pessoas e equipamentos necessários à movimentação de materiais.

O “lead time” de produção reduziu-se de 8 semanas em média para apenas 3 dias em média. Isto permitiu que o inventário em processo que era de US\$ 8.000.000,00

antes da implementação passasse a apenas US\$ 3.000.000,00 um ano após a

implementação, como consequência disto, reduziu-se também a necessidade de áreas para armazenagem em processo e de pessoas envolvidas com o planejamento e controle

da produção.

A responsabilidade pela qualidade passou para os operários da células,

permitindo uma grande redução do número de controladores da qualidade. No sistema de produção anterior (funcional) haviam 30 controladores, número este reduzido a um

sexto, ou seja, apenas 5 controladores foram necessários no sistema celular de produção.

A manutenção preventiva de rotina passou para as mãos dos operários das

células o que também gerou um menor número de pessoas ligadas diretamente à área de

manutenção.

Para não criar pânico aos trabalhadores, pânico este gerado pela

possibilidade de perda do emprego, a empresa, a princípio, se comprometeu com os

funcionários pela não dispensa de pessoal. Assim aqueles que não foram designados

para as células e que perderam sua função, foram sendo aproveitados em outras áreas.

Isto foi possível no início da implementação pois a primeiras células implantadas eram

as que envolviam um menor número de máquinas e de pessoas.

A medida que novas células eram implementadas, mais difícil se tornou o

aproveitamento dos operários em outras funções e as dispensas foram inevitáveis. Isto

gerou um grande mal estar no chão de fábrica. Uma nova política salarial amenizou um

pouco este mal estar, mas a fábrica só realmente voltou a trabalhar em ritmo normal

quase um ano após o início das demissões, quando a implementação do layout celular já

estava concluído e a fase de demissões geradas por ela já havia terminado.

8 - CONCLUSÕES

Através da pesquisa bibliográfica realizada, pode-se verificar contribuições de diversos autores da área de tecnologia de grupo e células de manufatura, com informações referentes aos diversos conhecimentos envolvidos nesta área, tais como as várias vantagens que a tecnologia proporciona comparadas com processos de produção convencionais; mudanças necessárias no sistema de fabricação, através de programas de modernização para implantação de novas técnicas; análise departamental com as vantagens obtidas quando se utiliza a tecnologia de grupo; métodos utilizados para projetar as células de manufaturas; problemas que surgem ao implantar células e procedimentos do controle de produção que devem ser observados. O lado social, como por exemplo: treinamento, política salarial, análise de desempenho, trabalhos em grupo e outros, também são observados.

Os Sistemas de Classificação e Codificação de Itens produzidos por uma empresa têm papel importante em várias áreas da empresa, permitindo uma recuperação rápida de informações destes itens. Mas não é uma ferramenta essencial na formação de famílias de peças e seus respectivos grupos de máquinas que formam as células. A análise do fluxo de produção é uma solução mais simples e rápida para a introdução da tecnologia de grupo.

Os seguintes fatores devem ser analisados antes ou até paralelamente à implantação da tecnologia de grupo ou células de manufatura: treinamento e seleção de pessoal; iniciar com projetos com maior probabilidade de sucesso; executar

paulatinamente; não se deve esquecer o conceito de padronização; não subestimar o tempo de implantação e manter sempre o pessoal bem informado.

Começar com célula piloto; selecionar a primeira célula simples e com alto potencial de sucesso; não depender da célula exclusivamente como fonte de suprimentos durante a implementação, mantendo fontes alternativas para aquisição de peças; orientação plena sobre as razões da mudança e objetivos do programa e fazer uma boa seleção de pessoal para trabalhar no projeto; são recomendações que devem ser seguidas.

Em relação às pessoas envolvidas, não se deve subestimar suas concepções e entendimentos sobre o assunto, permitindo todos os tipos de envolvimento dos operadores. O treinamento é o fator principal para o sucesso do projeto.

9 - SUGESTÕES PARA NOVOS TRABALHOS

- Estabelecimento de um confronto entre a TG e máquinas operatrizes modernas, como Centros de Usinagem e Centros de Torneamento.
- Analisar o papel da robotização dentro de uma célula de TG sob o aspecto de redução dos tempos de manobra e transferência.

10 - BIBLIOGRAFIA

- 1 MERCHANT, M. E.- Trends in manufacturing systems concepts - 10^o MTDR, pg. 567-581, 1969.
- 2 GONÇALVES FILHO, E. V.; CHRISTIANO, A. C.- Projeto e Implantação de Células de Manufatura - Máquinas e Metais, pg. 12-18, 1990.
- 3 ARRUDA, P. E. S. - Levantamento do estágio atual de implantação de tecnologia de grupo e células de manufatura no estado de São Paulo - Dissertação apresentada ao departamento de Engenharia Mecânica da USP São Carlos, 115p, 1994.
- 4 ENGINEERING OUTLINE 130 - Group technology - Engineering pg. 973-976, 1968.
- 5 ARN, E.A. - Group technology: an planning and implementation concept for small and medium batch production - Berlin, Spriner-Verlag, 164p, 1975.
- 6 BURBIDGE, J.L. - The introduction of group technology - William Heinemann Ltd., 267p, 1975.
- 7 EDWARDS, G. A. B. - Readings in group technology - Brighton, The Machinery Publishing, 140 p, 1971.
- 8 DURIE, F.R.E. - A survey of group technology and its potential for user application in the UK - The Production Engineer, pg. 51-61, 1970.
- 9 GALLAGHER, C.C.; KNIGHT, W. A. - Group technology - Butterworth & Co. Ltd., 232p, 1973.
- 10 RANSON, G. M. - The economics of group technology - Proceedings the Fourteenth International Machine Tool Design Research Conference, 14: pg.163-167, 1973.
- 11 GRAYSON, T. J. - Group technology - a brief international appraisal - The Scientific Principles of Group Technology, pg 51-61, 1971.
- 12 MITROFANOV, S. P. - Scientific principles of group technology - Boston, National Library for Science and Technology, 185p, 1966.

13 CONNOLLY, R.; MIDDLE, G.; THORNLEY, R.H. - Group technology - some economic and design considerations - Advances Machine Tool Design and Research Proceedings of the 10 TH International M. T. D. R. Conference, pg. 613-621, 1969.

14 SIDDEERS, P.A. - Group machining improves output of electric motor components - Machinery and Production Engineering, pg. 1204-1208, 1966.

15 MALIK, M. Y.; CONNOLLY, R.; SABBERRWAL, A. J. P. - Considerations for the formation of cells in group manufacture - Proceedings of the Fourteenth International Machine Tool Design and Research Conference, 14: pg. 155-162, 1973.

16 ONYEAGORO, E. A. - Group technology cell design: a case study - Production Planning & Control, v 6 n 4, pg 365-373, 1995.

17 KHAN, M. K.; GWEE, S. H. - Plant layout improvements to a medium volume manufacturing system using systematic techniques to form just-in-time manufacturing cells - Journal of Engineering Manufacture, v 211 n B2, pg 109-123, 1997.

18 RANSON, G. M. - Group technology - London, Mac Graw-Hill Book, 150p, 1972.

19 AGARWAL, A.; SARKIS, J. - Review and analysis of comparative performance studies on functional and cellular manufacturing layouts - Computers and Industrial Engineering, v 34 n 1, pg 77-89, 1998.

20 LEONARD, R.; KOENIGSBERGER, F. - Conditions for the introduction of group technology - Proceedings of the Thirteenth International Machine Tool Designs and Research Conference, 13: pg. 125-129, 1972.

21 MIN, H.; SHIN, D. - A group technology classification and coding system for value-added purchasing - Production and Inventory Management Journal, first quarter, pg 39-42, 1994.

22 DOWLATSHAHI, S.; NAGARAJ, M. - Application of group technology for design data management - Computers and Industrial Engineering, v 34 n 1, pg 235-255, 1998.

- 23 XUE, D.; DONG, Z. - Coding and clustering of design and manufacturing features for concurrent design - Computers in Industry, v 34 pg 139-153, 1997.
- 24 GEOGHEGAN, R. S. - Reduce unnecessary variety to capitalize on automation - Automation, pg. 48-52, 1956.
- 25 BRISCH, E. G. L. GEOGHEGAN, R. S. - Simplification and standardization for automation - Journal of the Institution of Production Engineers, 36: pg 571-582, 1957.
- 26 OPTZ, H. - A classification system to describe work-pieces - Oxford, Pergamon Press, 1970.
- 27 LEE, J. S.; CHANG, K. J.; LICHTEN, L. - Linking expert group technology with parametric design - Computers in Engineering, v 2, pg 931-936, 1994.
- 28 HUSAIN, M.; LEONAR, R. - The design of standard cells for group technology by use of machine tool and workpiece statistics - Proceeding of Sixteenth International Machine Tool Design and Research Conference, 16, pg. 75-86, 1975.
- 29 SERIO, L. C. - Group technology and manufacturing system planning - Wisconsin, Faculty of the Graduate School, Marquette University, Tese (m. science) - Fac. Grad. School - Marquette University, 86p, 1974.
- 30 Japanese Society for Promotion of Machine Industry - Guide Book for Group Technology Implementation, 73p, 1980.
- 31 HOUTZEL, A. - The many faces of group technology - American Machinist, 123(1): pg. 115-120, 1979.
- 32 Line-Production of Parts in Small Batches - Machinery and Production Engineering, pg. 723-768, 1966.
- 33 HAM, I. - Curso de tecnologia de grupo e sistemas de fabricaçao relacionados com fabricaçao assistida por computador (CAM) - São Carlos, EESC-USP, 62p, apostila, 1980.

- 34 SELIM, H. M.; ASKIN, R. G.; VAKHARIA, A.J. - Cell formation in group technology: Review, evaluation and directions for future research - Computers and Industrial Engineering, v 34 n 1, pg 3-20, 1998.
- 35 EDINBAROUGH, A. I.; RADHAKRISHNAN, P. - Visual identification of industrial components using classification coding system - Computers in Industry, v 26 pg 85-91, 1995.
- 36 BURBIDGE, J. L. . - Production flow analysis for planning group technology - Claredon Press, Oxford, 1991.
- 37 BURBIDGE, J. L. - A strategy for the introduction of group technology - International Journal of Manufacturing System Design, 1, pg 19-29, 1994.
- 38 BURBIDGE, J. L. - The first step in planning group technology - International Journal of Production Economics, v 43 pg 261-266, 1996.
- 39 CANTAMESSA, M.; TURRONI, A. - A pragmatic approach to machine and part grouping in cellular manufacturing system design - International Journal of Production Research, v 35 n 4 pg 1031-1050, 1997.
- 40 KATTAN, I. A.- Design and scheduling of hybrid multi-cell manufacturing systems- International Journal of Production Research, v 35 n 5 pg 1239-1257, 1997.
- 41 WON, Y.; KIM, S. - Multiple criteria clustering algorithm for solving the group technology problem with multiple process routings - Computers and Industrial Engineering, v 32 n 1, pg 207-221, 1997.
- 42 HAM, I.-Group technology applications for integrated computer aided manufacturing - NC/CAM Journal, pg. 1-6, 1977.
- 43 LAU, H.; JIANG, B. - A generic integrated system from CAD to CAPP: a neutral file-cum-GT approach - Computer Integrated Manufacturing Systems, v 11 n 1-2 pg 67-75, 1998.
- 44 KAMRANI, A. K.; SFERRO, P.; HANDELMAN, J. - Critical issues in design and evaluation of computer aided process planning systems - Computers and Industrial Engineering, v 29 n 1-4, pg 619-623, 1995.