

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL
DA TESE DEFENDIDA POR José Roberto de
Cozman E APROVADA PELA
COMISSÃO JULGADORA EM 29 1 93

Orlando
ORIENTADOR

Método para otimização de sistemas
de produção operando com fabricação
e recuperação de peças

01/93

BIBLIOTECA CENTRAL
DESENVOLVIMENTO
COLEÇÃO
UNICAMP

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

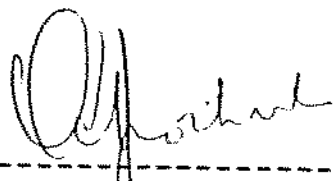
Tese de Mestrado

Título da Tese: Método para otimização de sistemas de produção operando com fabricação e recuperação de peças.

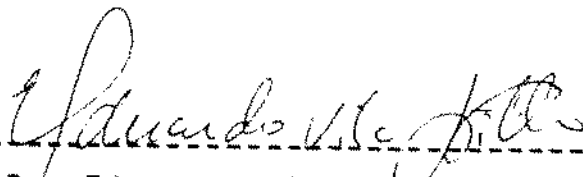
Autor: Engº José Antonio Neme Cozman

Orientador: Prof. Dr. Oswaldo Luiz Agostinho, 1943-

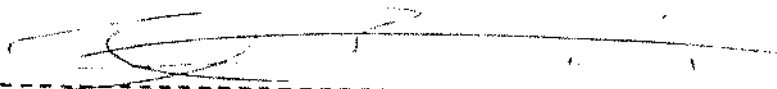
Aprovado por:



Prof. Dr. Oswaldo Luiz Agostinho, Presidente



Prof. Dr. Eduardo Vila Gonçalves Filho



Prof. Dr. Antonio Batocchio

Campinas, 29 de

janeiro

de 1993

"Pão, pólvora e metais são quem sustenta e defende as nações, e sem eles de próprio fundo, é precária a existência ou a liberdade de qualquer Estado"

José Bonifácio de Andrada e Silva
(1763 - 1838)

Bacharel em Filosofia Natural, Geólogo, Mineralogista e Metalurgista, Doutor em Ciências. Primeiro professor da Cadeira de Metalurgia da Universidade de Coimbra.

Este trabalho foi realizado graças

Ao patrocínio pela COSIPA, através de convênio com a UNICAMP

À orientação do Prof^o Dr. Oswaldo Luiz Agostinho

À colaboração dos colegas e professores do Departamento de
Fabricação da UNICAMP

À experiência e as idéias recebidas da COSIPA e de outras
entidades com quem foi mantido intercâmbio de informações

À contribuição das equipes de suporte tecnológico,
pedagógico e de análise de sistemas automatizados, da
COSIPA

À estímulo dos companheiros e amigos

À compreensão e apoio dos familiares.

As pessoas com quem nos encontramos,
influenciam-nos, modificam-nos, constroem-nos.

J. Cordonel

Meus profundos agradecimentos àqueles que
contribuíram, de modo mais próximo ou mais
distante, para a realização deste trabalho.

R E S U M O

Este trabalho apresenta um método para otimização de um sistema de produção operando com fabricação e recuperação de peças e conjuntos. Este é o caso das oficinas de apoio de manutenção nos sistemas de produção da indústria de base (por exemplo, usinas integradas e complexos industriais de prestação de serviços).

O método associa às condições básicas da recuperação em manutenção, a metodologia da tecnologia de manufatura. Assim, foram expandidos os conceitos de semelhança e as técnicas de agrupamento, de modo a utilizá-los em um ambiente exógeno à manufatura mecânica e caracterizado por acentuada aleatoriedade.

É descrito o ensaio, efetuado por simulação, na oficina central de manutenção da usina da Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA. Os resultados obtidos e os índices levantados são apresentados ao final, desmonstrando a aplicabilidade e as vantagens do método proposto.

ABSTRACT

This dissertation presents a method for optimizing a production system which operates with manufacturing and restoring of parts and assemblies. This is the typical case of maintenance workshops, which serve production systems of the heavy industry (for instance, integrated works and industrial complexes of production of services).

The method is based on the manufacturing technology concepts and applies its methodology to the conditions of parts restoring, which is typical feature in the field of maintenance. As a result, the concepts of similarity and grouping techniques have been expanded to an industrial environment sited outside of the mechanical manufacture and influenced by non-deterministic factors.

The method has been tested through simulation at the central maintenance workshop of Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA Steelworks and this experiment is described.

Results and indexes obtained from the research are presented, showing the applicability and merits of the proposed method.

RÉSUMÉ

Cette dissertation présente une méthode de optimisation de systèmes de production qui opèrent avec fabrication et récupération de pièces et ensembles, c'est le cas typique des ateliers d'entretien des systèmes de production de l'industrie de base (par exemple, usines intégrées et complexes industriels de production de services).

La méthode se base sur la technologie de fabrication et la adapte aux conditions de récupération de pièces: activité caractéristique dans le domaine de la maintenance. En résultat, furent expandus les concepts de similarité et les techniques de groupement a un environnemnt industriel externe a celui de la fabrication mécanique et sujet à l'influence de facteurs d'incertitude.

La méthode a été essayé par simulation auprès de l'atelier central de l'entretien de l'usine de la Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA.

Les testes, ses résultats et indices, sont décrits, mettant en evidence la aplicabilité et les avantages de la méthode proposée.

LISTA DE FIGURAS

1.1	- Usina integrada.....	2
1.2	- Complexo industrial de prestação de serviços.....	2
1.3	- Organograma funcional da usina.....	3
1.4	- Disposição e fluxo - oficina central de manutenção (U.C.M.)..	4
2.1	- Sequência ilustrativa do levantamento dos esforços mecânicos em um componente e seu redimensionamento.....	11
2.2	- Representação de curvas características de vida útil.....	13
2.3	- Fluxo geral de informações: atividades de manutenção. O ciclo "inspecionar, planejar, executar".....	14
2.4	- Manutenção de intervenção e produção. Disposição orgânica....	17
2.5	- Administração de materiais. Organização funcional.....	18
2.6	- Canais de atendimento da engenharia de manutenção e disposição orgânica típica.....	20
2.7	- U.C.M. - Organograma típico.....	21
2.8	- Modos de manutenção. Representação esquemática.....	23
2.9	- Concepção integrada dos sistemas de produção e do sistema de manutenção das usinas.....	28
2.10	- Planejamento central de manutenção e os planos da empresa....	30
2.11	- Gráfico de controle de carteira de serviços de manutenção....	33
2.12	- O entrelaçamento das funções de manutenção e produção, com o desenvolvimento tecnológico.....	40
2.13	- Sistema de informação e controle de manutenção. Projeto específico.....	41
2.14	- Sistema de informação e controle de manutenção, tipo modular,	42
2.15	- Ficha de cadastro e histórico de manutenção.....	46
2.16	- Custo médio anual de manutenção.....	47
2.17	- Custo do ciclo de vida de um equipamento.....	48
2.18	- Centralização e descentralização em manutenção.....	49
2.19	- Custos de estocagem e custos de reaprovisionamento.....	51
2.20	- Impacto provocado pelas oscilações de demanda nas atividades de produção e distribuição.....	52
2.21	- Custo do ciclo de vida de um equipamento e dados de análise....	56
2.22	- Envelhecimento de um equipamento e alternativas de decisão....	58
2.23	- Diagrama de cálculo do valor do equipamento substituto.....	59
2.24	- Representação gráfica e determinação analítica da data ótima de substituição de um equipamento.....	60
2.25	- Substituição de equipamentos. Alternativas de decisão.....	61
2.26	- O fluxo desordenado no arranjo físico funcional.....	63
2.27	- O fluxo regular no sistema celular.....	63
2.28	- Recursos de produção. Evolução histórica na indústria.....	65

2.29 - Classificação em tecnologia de grupo.....	69
2.30 - A codificação em tecnologia de grupo.....	70
2.31 - Sequência de emprego da análise do fluxo do processo.....	71
2.32 - Comparação entre diâmetro de peças torneadas e tamanho dos tornos na indústria alemã.....	73
2.33 - Comparação entre dimensões de peças torneadas e tamanho dos tornos na indústria britânica.....	73
2.34 - Comparação entre velocidades e avanços disponíveis nos tornos paralelos e os efetivamente usados.....	73
2.35 - Distribuição das quantidades de máquinas nas oficinas.....	74
2.36 - Estabilidade das características de mercado: - demanda.....	74
2.37 - Variação do estoque no controle por fluxo.....	76
2.38 - Variação de carga de máquina no controle por estoque.....	76
2.39 - Ilustração de alternativas: execução de furos em discos.....	70
2.40 - Racionalização, mecanização e flexibilidade na usinagem, usando-se métodos de tecnologia de grupo.....	80
2.41 - Dados comparativos: evolução das máquinas a comando numérico.....	02
2.42 - Máquina a comando numérico (C.N.) com medição e correção de cotas de percurso: - modo de operar.....	03
2.43 - Esquema geral para programar sistemas de comando numérico.....	03
2.44 - Comparação qualitativa entre resultados de desempenho de máquinas a comando numérico e convencionais.....	04
2.45 - Representação esquemática de arranjos físicos típicos de montagem.....	05
2.46 - Padronização e produtividade. Ferramental de usinagem.....	87
2.47 - Recursos e métodos de troca rápida de estampos.....	00
2.48 - Sistema de produção. Fluxo geral na recuperação.....	90
2.49 - Principais atividades na recuperação. Ciclo na oficina.....	94
2.50 - Atividades de recuperação através de fornecedores. U.C.M.....	96
2.51 - Atividades e controles na U.C.M. Ciclo total.....	97
3.1 - Proporção entre operários de manutenção e o total na indústria - evolução.....	104
3.2 - Trincas superficiais típicas no diâmetro externo de um eixo de transmissão.....	107
3.3 - Levantamento dimensional de uma peça avariada.....	110
3.4 - Ilustração do método de dimensionamento de cotas de usinagem.....	113
3.5 - Especificações de usinagem para remoção de trincas.....	114
3.6 - Fluxo de informações no ciclo de melhorias, na manutenção.....	115
3.7 - Vista esquemática de um tipo de peça (alonga) no projeto original e na nova concepção.....	116
3.8 - Recuperação das alongas com desgaste. Duas soluções.....	117

3.9	-	Lorno vertical de grandes dimensões, com recursos especiais.	119
3.10	-	Platina de mesa equipada com copiagem e retificação.	117
3.11	-	Equipamento para solda a arco submerso, composto por três recursos básicos de produção associados.	120
3.12	-	Meios para aquecimento localizado em peças de grande porte.	121
3.13	-	Prensa hidráulica horizontal para desmontagem e montagem.	122
3.14	-	Frezadora portal.	123
3.15	-	Mandrilhadora - frezadora transportável para obras de campo.	124
3.16	-	Aparelho adaptável a mandrilhadoras para emprego em nivelamento e alinhamento de peças.	126
3.17	-	Recursos complementares para mandrilhadora de grande porte.	127
3.18	-	Montagem de peça de grande porte em operação combinada.	128
3.19	-	Módulo flexível de usinagem, com recursos combinados.	128
4.1	-	Tamanho das células versus regime de produção.	138
4.2	-	Gráfico da função de proporção $p'(1-p')$.	143
4.3	-	Tamanho da amostra e frequência. Gráficos para análise.	145
5.1	-	Oficina central de manutenção da COSIPA. Representação esquemática.	147
5.2	-	Ficha de roteiro de processo.	150
5.3	-	Perfil dos fluxos de processo na U.C.M. da COSIPA.	151
5.4	-	Exemplo de processo de fabricação com roteiro longo e com roteiro racionalizado.	156
5.5	-	Matriz com roteiros executados na estação de trabalho MIPA1.	159
5.6	-	Sistema de produção da oficina central de manutenção. Fluxo racionalizado para uma célula.	160
5.7	-	Sequência de operações e fluxo de fabricação completo da "ventaneira".	162
6.1	-	Atividades de projeto e pesquisa. Ensaio por análise de fluxo.	169
6.2	-	Processamento dos dados da pesquisa.	167

LISTA DE TABELAS

1.1 - Resumo de pesquisa; Manutenção de usinas siderúrgicas no Brasil.....	4
4.1 - Resumo de amostragem de roteiros de serviço nas oficinas da COSIPA.....	136
5.1 - Resumo comparativo dos roteiros dos serviços realizados nas oficinas da COSIPA, no período da pesquisa.....	163

LISTA DE ANEXOS

2.1 - Planejamento integrado de intervenções de manutenção	
3.1 - Ilustração de relatório técnico dos testes por ultra-som de uma peça avariada	
3.2 - Folhas de processo para operações de solda e tratamento térmico	
3.3 - Relatórios de peritagem para recuperação de um conjunto de rolo guia do lingotamento contínuo	
3.4 - Orçamentos de recuperação de um conjunto de rolo de guia do lingotamento contínuo	
5.1 - Relatórios finais do ensaio de simulação	

ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

MODOS DE MANUTENÇÃO

- M.E. - Manutenção após falha, após quebra ou de emergência
- M.P. - Manutenção preventiva
- M.C. - Manutenção corretiva
- P.M. - Prevenção de manutenção
- M.D.C. - Manutenção baseada em condições

CONFIABILIDADE

- λ - Taxa de falhas
- μ - Taxa de reparos
- M.T.B.F. - Tempo médio de bom funcionamento (entre falhas)
- M.T.T.R. - Tempo médio de reparo técnico
- M.C.T.R. - Tempo ciclo médio de ressuprimento
- R - Confiabilidade
- M - Manutenibilidade
- D - Disponibilidade

GESTÃO DE MANUTENÇÃO

- Cma - Custo médio anual de manutenção de equipamento
- L.C.C. - Custo do ciclo de vida do equipamento
- CU - Custos acumulados de utilização do equipamento
- CD - Custos acumulados de falha do equipamento
- V.A - Valor de aquisição
- V.R. - Valor de revenda

MANUFATURA MECÂNICA

- O.C.M. - Oficina central de manutenção
- T.G. - Tecnologia de grupo
- P.P.B. - Programação periódica em blocos
- P.C.P. - Programação e controle de produção
- C.N. - Comando numérico
- G.H. - Grupos homogêneos de roteiros de processos
- F.R.P. - Ficha de roteiro de processo
- M.R.P. - Mapa de roteiros de processo

ÍNDICE DE DESEMPENHO

- U - índice de utilização
- E - índice de eficiência
- P - índice de produtividade
- R - índice de rejeição
- A.P. - índice de atendimento em prazos

AMOSTRAGEM

- p' - Frequência relativa
- n - Quantidade de elementos da amostra
- z - Abcissa padronizada da distribuição normal
- α - Probabilidade de ocorrência associada à variável z , Confiança estatística.
- e_0 - Intervalo de confiança da variável p' .

Í N D I C E

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

1	CAMPO DE APLICAÇÃO.....	1
1.1	Usinas e complexos integrados.....	1
1.2	Manutenção Central.....	2
1.3	Oficina central de manutenção.....	3
1.4	A problemática situação atual: perspectivas de solução.....	6
1.5	Objetivo da pesquisa.....	7
1.5.1	Modelos básicos para estruturação e controle das UCMs.....	7
1.5.2	Um modelo para reequacionar recursos físicos e de informação.....	7
1.5.3	Roteiro seguido na dissertação.....	8

CAPÍTULO II - MANUTENÇÃO INDUSTRIAL E MANUFATURA DE BENS. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1	A FUNÇÃO MANUTENÇÃO.....	9
1.1	Conceitos básicos.....	9
1.1.1	O fato gerador.....	10
1.1.2	O ciclo das atividades de manutenção.....	14
1.2	Os quatro órgãos da Manutenção Central.....	15
1.2.1	Manutenção de intervenção.....	16
1.2.1.1	Níveis de complexidade de intervenção.....	17
1.2.2	Administração de materiais.....	18
1.2.2.1	Prazos de atendimento pela oficina central de manutenção.....	18
1.2.3	Engenharia de manutenção.....	20
1.2.4	Oficina central de manutenção (UCM).....	21
1.3	Formas de intervenção em manutenção.....	22
1.3.1	Manutenção "após falha", "após quebra" ou "manutenção de emergência".....	23
1.3.2	Manutenção preventiva.....	24
1.3.2.1	Serviços residuais após preventiva e ação corretiva.....	24
1.3.2.2	Um critério para a otimização de manutenção preventiva: a manutenção sistemática.....	24
1.3.3	Manutenção corretiva.....	24
1.3.4	Manutenção baseada em condições.....	25
1.3.5	Prevenção de manutenção.....	25
1.3.6	Evolução histórica.....	26
1.4	Idéias para um sistema global: filosofia de manutenção.....	26

1.5	O gerenciamento da manutenção.....	29
1.5.1	Planejamento.....	30
1.5.2	Custos.....	31
1.5.3	Qualidade.....	31
1.5.4	Prazos de entrega.....	32
1.5.5	Carteira de serviços.....	32
1.5.6	Informação e controle.....	33
1.5.6.1	Coleta e tratamento de dados.....	34
1.5.6.2	Índices para controle de desempenho.....	34
1.5.6.3	Índices de produção.....	35
1.5.6.4	Índices de manutenção.....	35
1.5.6.5	Índices relativos ao equipamento e maquinário.....	36
1.5.7	A gestão de manutenção apoiada por computador.....	39
1.5.7.1	Balanco das iniciativas neste campo.....	43
1.5.8	Acompanhamento e controle da execução na manutenção.....	43
1.5.9	Controle de vida útil e performance econômica de instalações e equipamentos.....	45
1.5.9.1	Cadastro, dossiê e ficha do histórico.....	45
1.5.9.2	Custo médio de manutenção e custo do ciclo de vida.....	46
1.5.9.3	Custo médio anual.....	47
1.5.9.4	Custo do ciclo de vida.....	48
1.6	Práticas administrativas ou gerenciais na manutenção (políticas).....	48
1.6.1	Centralização versus descentralização da manutenção.....	48
1.6.2	Fazer em casa versus "terceirizar".....	49
1.6.3	Estoque de materiais de manutenção; reaprovisionamento....	50
1.6.4	Aquisição de novas instalações e equipamentos - participação da manutenção.....	53
1.6.5	Obsolescência.....	54
1.6.5.1	Análise dos critérios de avaliação.....	55
1.6.6	Substituição de equipamentos.....	56
1.6.6.1	Recondicionamento.....	57
1.6.6.2	Restauração.....	57
1.6.6.3	Substituição.....	58
1.6.6.3.1	Métodos determinísticos de cálculo.....	59
1.6.6.3.2	Método de determinação da idade de substituição de um equipamento através dos resultados finais - lucratividade.....	60
2.	MANUFATURA.....	62
2.1	Sistemas produtivos.....	62
2.1.1	Sistema celular de produção.....	64
2.2	Semelhança e evolução tecnológica: uma análise crítica....	64

2.3	Tecnologia de grupo (T.G.).....	67
2.3.1	Conceituação.....	67
2.3.2	Classificação.....	68
2.3.3	Codificação.....	68
2.3.4	Análise do fluxo de processo.....	71
2.3.5	Estatística de componentes.....	72
2.4	Controle de produção "por fluxo" e programação periódica em blocos.....	75
2.5	Conseqüências do emprego de T.G.: o caminho para a automatização.....	76
2.6	Células de manufatura.....	85
2.6.1	Impactos.....	86
2.6.2	Sequenciamento.....	88
3.	OFICINAS CENTRAIS DE MANUTENÇÃO.....	89
3.1	Caracterização e principais problemas	
3.2	Serviços típicos e recursos típicos de produção.....	91
3.3	Projeto do arranjo físico.....	93
3.4	Planejamento, programação e controle (P.C.P.).....	94
3.5	Métodos e processos.....	95
3.6	Gestão de serviços externos.....	95
3.7	Contratação de serviços.....	97
3.7.1	Contribuição a obter da T.G.....	97
3.8	Sistema de informações da OCM.....	98
3.9	Índices de controle de desempenho.....	100

CAPÍTULO III - RECUPERAÇÃO: CONCEITUAÇÃO E TÉCNICAS

1.	CONFECÇÃO E RECUPERAÇÃO: PRELIMINARES.....	103
2.	A RECUPERAÇÃO DE PEÇAS DE GRANDE PORTE.....	105
3.	RECUPERAÇÃO: PERSPECTIVAS TECNOLÓGICAS.....	106
4.	AS TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO.....	109
4.1	Diagnóstico.....	109
4.2	Especificação de processos.....	111
4.2.1	Folhas de processo de recuperação.....	111
4.2.2	Folhas de processos básicos.....	111
4.2.3	Processos e confiabilidade.....	112
5.	PROJETO E RECUPERABILIDADE.....	115
6.	MAQUINÁRIO PARA RECUPERAÇÃO DE PEÇAS DE GRANDE PORTE.....	118
7.	PRODUTIVIDADE NA RECUPERAÇÃO: ORGANIZAÇÃO, INFORMAÇÃO E CONTROLE.....	129
7.1.	Recursos tecnológicos e organizacionais - produtividade..	130
8.	CUSTOS DE RECUPERAÇÃO.....	130

CAPÍTULO IV - DESENVOLVIMENTO E PROPOSTA DO MÉTODO

1.	SEMELHANÇA: CONCEITUAÇÃO.....	133
2.	CRITÉRIOS DE SEMELHANÇA EM MANUFATURA.....	133
2.1	Crítério para o método proposto.....	135
3.	TÉCNICAS DE AGRUPAMENTO.....	136
4.	TENDÊNCIAS DE EMPREGO DE T.G.: REGIMES PRODUTIVOS E TAMANHO DAS CÉLULAS.....	137
5.	O MÉTODO PROPOSTO: PROPÓSITOS E PREMISSAS.....	139
6.	DESCRIÇÃO DO MÉTODO.....	139
7.	APLICAÇÃO PRÁTICA: CONSIDERAÇÕES.....	140
8.	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA E MODELAGEM MATEMÁTICA.....	141
8.1	Metodologia estatística utilizada.....	141
8.2	Dimensionamento da amostra. Modelagem.....	142

CAPÍTULO V - ENSAIO EM AMBIENTE INDUSTRIAL

1.	PRELIMINARES: A OFICINA CENTRAL DE MANUTENÇÃO DA COSIPA..	146
2.	DESCRIÇÃO DA OFICINA CENTRAL DE MANUTENÇÃO DA COSIPA.....	146
2.1	Recursos físicos.....	146
2.2	Organização.....	148
2.3	Sistema de informação.....	148
3.	DESCRIÇÃO DO ENSAIO.....	149
3.1	Preliminares.....	149
3.2	Objetivo.....	149
3.3.	Etapas do ensaio.....	149
4.	ANÁLISE COMPARATIVA: REVISÃO DE CONCEITOS, COMENTÁRIOS E RESULTADOS OBTIDOS.....	152
4.1	Amplitude das modificações do sistema.....	152
4.2	Modificações associadas na simulação.....	152
4.3	Classificação dos roteiros.....	155
4.4	Programação periódica em blocos.....	155
4.5	Processos otimizados em fluxos.....	156
4.6	Grupos homogêneos.....	157
4.7	Famílias.....	157
5.	QUADRO COMPARATIVO DE RESULTADOS.....	163
6.	AValiação de resultados.....	164

CAPITULO VI - CONCLUSÕES E PROPOSTA DE NOVOS TRABALHOS

1.	METODOLOGIA.....	166
1.1	Método empírico.....	166
1.2	Método analítico.....	166
2.	VANTAGENS DO MÉTODO.....	167
3.	RESTRICÇÕES.....	170
4.	VANTAGENS A OBTER PELA APLICAÇÃO DE F.O. A OFICINAS CENTRAIS DE MANUTENÇÃO (O.C.M.s).....	170
5.	HORIZONTES E PERSPECTIVAS: NOVAS PESQUISAS.....	173

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	175
---------------------------------	-----

APÊNDICE

ANEXOS

CAPÍTULO 1 -- INTRODUÇÃO

1. -- Campo de aplicação

1.1 -- Usinas e complexos integrados

As usinas integradas são sistemas produtivos baseados em fluxo "de processo", operando em regime escalar e contínuo. Suas unidades de produção operam com relativa autonomia, interligadas por fluxo permanente ou intermitente do produto em transformação. A sustentação operacional destas unidades é feita a partir das unidades de apoio, centralizadas e geralmente autônomas. As necessidades de conservação e a função manutenção são atendidas por uma unidade central de apoio, a Manutenção Central. [1,III,Cap.VII] [2,Cap.I]

Há um outro tipo de sistema produtivo, que apresenta semelhança no que refere ao projeto, em relação às usinas integradas. São os complexos de prestação de serviços. Estes sistemas operam em "frentes" ou unidades de serviço relativamente autônomas, com sustentação operacional a partir de unidades centralizadas, entre as quais se encontra a Manutenção Central.

As usinas, operando no setor primário (e.g. minerações, siderúrgicas, químicas e petroquímicas, geração de energia, parques de construção naval e aeronáutica), constituem em geral agregados econômicos de importância. Ademais, o seu impacto no ambiente ecológico e social, bem como na geração de insumos e produtos básicos, têm implicações com as estratégias, a riqueza, o poder e a soberania nacionais [3]

Para os complexos de serviços (e.g. complexos portuários, complexos ferroviários), situados no setor terciário, podem ser extendidas, através de análise comparativa, as considerações acima. As figuras 1.1 e 1.2 ilustram o conceito.

Para ambos os sistemas, o desempenho da manutenção é essencial. Particularmente na esfera dos países em desenvolvimento, onde, a par do esforço para superar a barreira do progresso tecnológico, emerge a questão da geração de capital, agravada pelo "problema da dívida"[4].

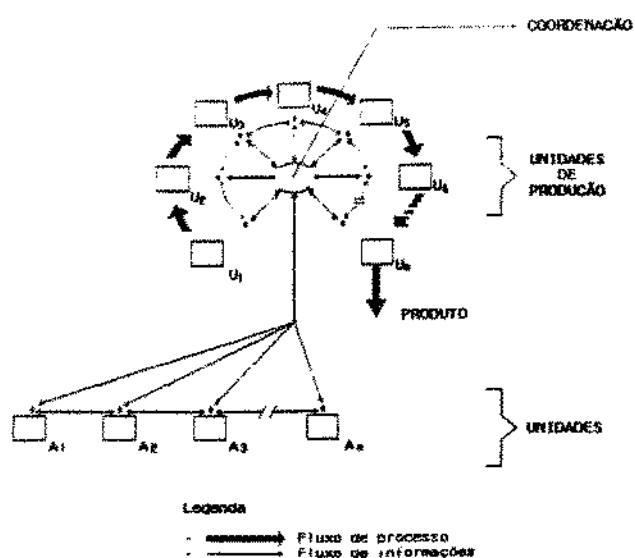


Fig. 1.1

Usina integrada.
Fluxo físico e
de informações.

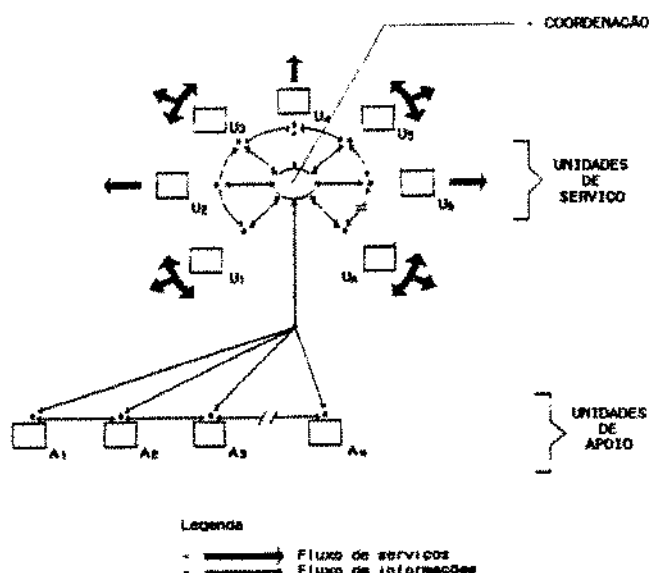


Fig. 1.2:

Complexo industrial de...
prestação de serviços.
Fluxo físico e de
informações.

1.2 - Manutenção Central

Os encargos da manutenção, nestes sistemas produtivos, não se restringem à mera conservação do patrimônio. Ela atende a uma ampla gama de necessidades impostas pelo parque industrial, abrangendo uma extensa e variada gama de serviços.

Em consequência, a Manutenção Central geralmente dispõe de um potencial relativamente importante de recursos, particularmente no que refere ao aspecto recursos humanos; seu contingente próprio e subcontratado, em geral perfaz proporções significativas dentro do quadro e do orçamento das empresas [5] [6].

O desempenho destes encargos subentende, portanto, uma função a mais no quadro da indústria. Ao lado das funções básicas de projeto (estudos) e produção, coloca-se a função manutenção [2, Sec.1] [5]. A figura 1.3 ilustra este conceito.

A prestação de serviços pela manutenção é efetuada segundo "especialidades" e suas intervenções se fazem a partir de locais ou bases, descentralizadas ou centralizadas, conforme a concepção de projeto. A plataforma central, a base operacional da manutenção, é a oficina central de manutenção [1, II], Cap. XII] [5] [7].

1 - Produção anual brasileira registrada	$19,99 \times 10^6$	TON.
2 - Produção anual siderúrgica correspondente às empresas consultadas	$16,31 \times 10^6$	TON.
3 - Relação entre 1 e 2	80,7	%
4 - Efetivos da área industrial em relação aos da empresa	77,5	%
5 - Efetivos da manutenção em relação aos da empresa	25,8	%
6 - Efetivos da manutenção em relação aos da área industrial	33,2	%
7 - Efetivos da OCM(*) em relação aos da manutenção	18,9	%

(*) Corresponde ao agregado Oficina Mecânica, Oficina de Caldeiraria, Oficina Elétrica e Fundição.

Fonte :

Situação da manutenção siderúrgica no Brasil - Resultados de pesquisa. (8)

Período base da pesquisa - 1986

Consultadas 17 empresas de uma população de 19

Efetivos totais de manutenção registrados - 25.929

Tab.1.1

Resumo de pesquisa;
manutenção de usinas
siderúrgicas no Brasil

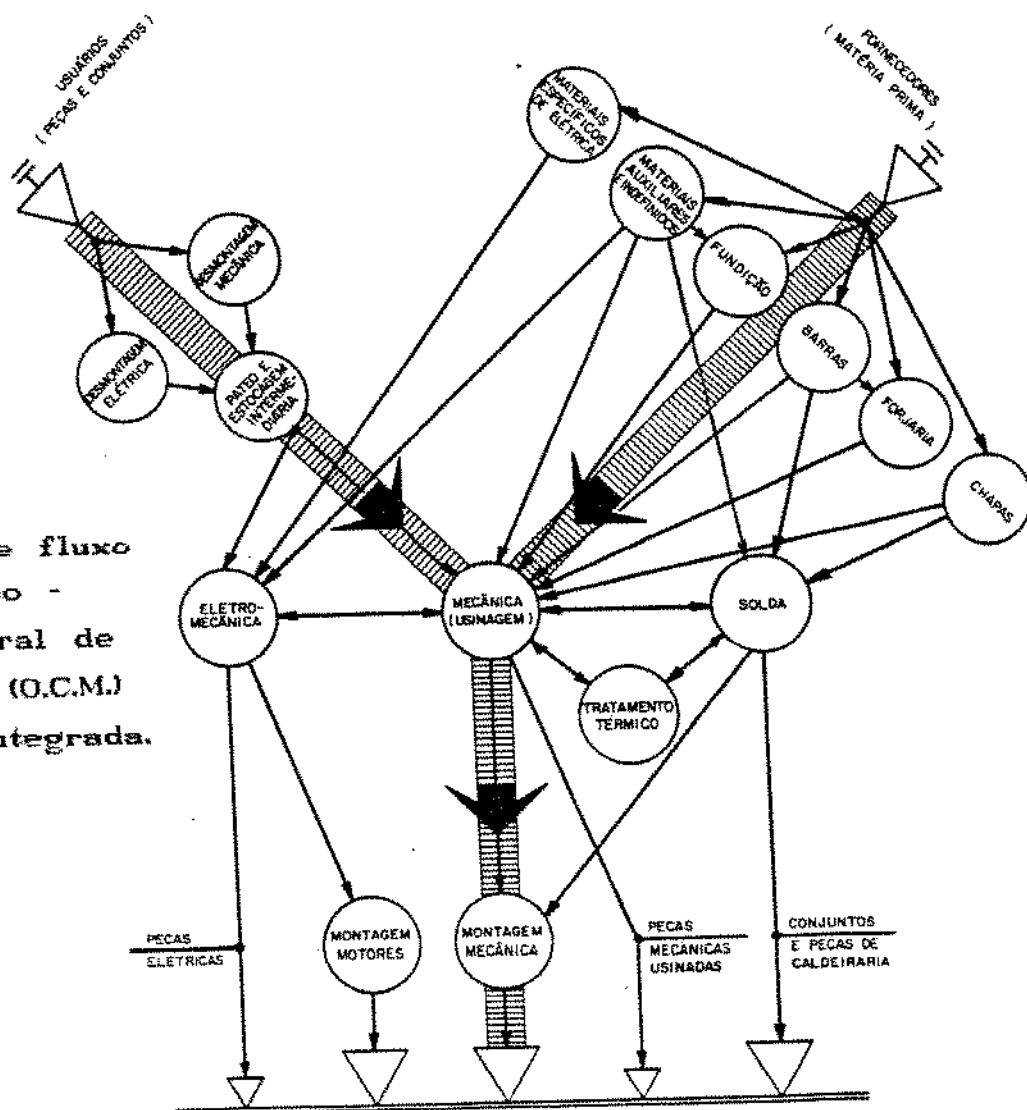


Fig. 1.4

Disposição e fluxo
básico típico -
Oficina central de
manutenção (O.C.M.)
de usina integrada.

1.4 - A problemática situação atual:- perspectivas de solução

O entendimento da manutenção como centro de geração de despesas e ganhos, conforme o ponto de vista da moderna administração industrial, pode conduzir a uma gestão mais lúcida e a uma postura mais crítica, no que se refere à sua produtividade [9] [10] [11]. O desempenho positivo pode tornar a OCM auto-sustentável e influir decisivamente no desempenho econômico-financeiro da Manutenção Central e dos equipamentos e "áreas de processo" da produção. Suas repercussões, portanto, se propagam às esferas econômica e financeira da empresa.

Com efeito, neste aspecto a OCM ocupa uma posição de características bastante peculiares:

a. Deve atender a uma demanda de serviços permanentemente elevada, de forte oscilação, com agravantes de urgência e de razoável aleatoriedade - recuperação de peças, tarefas "implanejáveis", etc. [5] [7] [12];

b. Deve executar serviços com especificações de extenso e variado grau de dificuldade operacional e de qualidade.

c. O arranjo físico das OCMs é em geral do tipo funcional. O qual não é apropriado à racionalização e ao desenvolvimento tecnológico, dois fatores básicos de produtividade [13] [14] [15].

d. A OCM, embora tenha "personalidade" característica de manufatura mecânica/eletromecânica, está sempre inserida em outro ramo diferente de produção. Em consequência, a administração a contempla como atividade secundária e "centro de despesas" e reluta em investir na sua capacitação técnica ou em organização.

Dificuldades desta ordem - a, b, c e d - geram problemas de relativa envergadura, segundo o quadro institucional de cada empresa. Os principais são:

- . O atendimento de prazos costuma ser insatisfatório
- . Fluxo desordenado e descontínuo de serviços nas oficinas.
- . A programação não é consistente, não é confiável.
- . O sistema de materiais trabalha em descompasso com as oficinas e com alto custo de estoques [16].
- . A sub-contratação de serviços a fornecedores não é feita dentro de critérios de otimização permanente.
- . A OCM não dispõe de referências seguras para planejamento periódico, orçamentário ou estratégico. Critérios gerenciais para redimensionamento de fatores de produção ou de readaptação às novas situações de estado, são limitados [7].

Entretanto, a manufatura de bens apresenta, contrariamente ao que ocorre com as O.C.Ms., um panorama de intenso progresso e de saudáveis

aspecto social. Principalmente a partir da década de 60 nos países industrializados, a manufatura se revitalizou, com sistemas de produção competitivos, adaptados à flexibilidade do mercado, sincronizados com o desenvolvimento tecnológico e oferecendo ao elemento humano e à sociedade, condições de convívio benfazejo, de realização e retribuição. As pesquisas nas fronteiras de manufatura é notável e a inovação recicla o seu progresso [17] [18] [19].

Diante disso, cabe indagar sobre o futuro, das OCMs., em relação às atuais dificuldades. Há dois aspectos da questão que, de antemão, devem ser esclarecidos:

- . a continuidade do estilo construtivo do equipamento de produção no futuro, o que deve condicionar o emprego de manutenção e da recuperação e,
- . a continuidade do uso do princípio da troca e recuperação de conjuntos e componentes.

A bibliografia permite prever uma tendência, para horizontes razoavelmente distantes, de evolução apoiada nos mesmos princípios de emprego da recuperação, em uso atualmente.

A abordagem da manutenção como "sistema técnico" e o "conceito terotecnológico", que representam a linha-mestra da pesquisa e desenvolvimento neste campo, mostram claramente a persistência e a ampliação do princípio da recuperação e o enriquecimento da tecnologia e da arte gerencial aí envolvidas [20] [21]. Estas tendências serão discutidas detidamente nas seções 3.3 e 3.4 do Capítulo III.

Outros fatores, que influenciam na manutenção, igualmente estimulam o conceito de recuperação e eles serão discutidos ao longo do Capítulo II.

Assim, em princípio, a oficina central de manutenção (OCM) na projeção de um horizonte razoavelmente distante, deve permanecer imprescindível ao bom desempenho da produção na indústria.

Contudo, a sua sobrevivência, no contexto industrial atual, deve ser garantida. Sem auto-sustentação técnico-econômica, pode resultar inviável o futuro da OCM. Conseqüentemente, a chave para esta continuidade, é a produtividade. O primeiro passo neste rumo, num sistema sujeito a incertezas e perturbações, é o da ordenação e sistematização das atividades em geral, o do estabelecimento de um esquema de "governo" e de um "modelo" para referência.

1.5 - Objetivo da Pesquisa

1.5.1. Modelos básicos para estruturação e controle das O.C.Ms.

Os modelos que vêm sendo propostos para referenciar o sistema de produção OCM [7] [12] caracterizam-se por grande complexidade e sofisticado tratamento analítico - grande número de funções, modelagens matemáticas abstratas, etc.

Isto, em essência, se deve à própria complexidade de ocorrência dos fatos na manutenção industrial e nas recuperações mencionada nas secções 1.2 e 1.3. Outrossim, como estes modelos buscam descrever e monitorar situações de estado caracterizadas por uma relativa aleatoriedade, os resultados dos respectivos métodos, também contêm um certo grau de incerteza e portanto, podem apresentar falhas de previsibilidade.

Dai decorre que sua aplicabilidade é prejudicada, na medida em que depende do nível de evolução técnica e humana do ambiente de oficina. Isto se constitui numa restrição, particularmente ao se considerar os problemas típicos dos países em desenvolvimento [4] [22] que se ressentem da falta de experiência na produção industrial

Ademais, os modelos propostos não questionam um aspecto fundamental: o da concepção funcional, que em geral orienta o desenho dos recursos físicos das OCMs. Ora, os sistemas de produção baseados em arranjo funcional, conforme será discutido no próximo capítulo, secção 2.1, não apresentam condições estruturais favoráveis ao desenvolvimento tecnológico; têm limitadas condições básicas para gestão e, de modo geral, não são auto-sustentáveis perante o mercado [14] [23] [24].

1.5.2 Um modelo para reequacionar recursos físicos e de informação:- o uso da semelhança e de técnicas de agrupamento.

Frente a estes argumentos, uma opção desejável é a de um modelo que possa partir da base física do sistema de produção e reprojeter o mesmo. Desta forma, o projeto do sub-sistema de informação poderá ser feito com garantia dos resultados, porque passa a se basear em recursos físicos reestruturados (arranjo físico celular, por exemplo) e saneados do ponto de vista econômico e produtivo.

O modelo oferecido pela tecnologia de grupo (T.G.) se adequa exatamente a estas condições, conforme será discutido ao longo das

secções 2.3 e 2.4 do Capítulo II e de todo o Capítulo IV. Desta forma, o objetivo desta pesquisa é o desenvolvimento de uma metodologia baseada em T.G. e aplicável ao ambiente das Oficinas Centrais de Manutenção (OCMs). A metodologia deve englobar um diagnóstico das condições atuais do sistema, fornecer o método de análise do sistema para sua avaliação e redesenho e, ademais, as bases para sua implantação.

Testes efetuados através de simulação, com dados reais de uma O.C.M. serão utilizados para comprovar a utilidade e confiabilidade da metodologia proposta.

1.5.3. Roteiro seguido na dissertação

Esta dissertação expõe um método de otimização, próprio para fabricação e recuperação. É o caso das oficinas centrais de manutenção (O.C.Ms.) e, ainda, o das fábricas que produzem "sob encomenda", as quais executam também serviços de recuperação. Estes sistemas de produção utilizam conhecimento e técnicas provenientes da manufatura mecânica de bens.

Para melhor situar o método torna-se, portanto conveniente, elucidar alguns tópicos, que formam a base lógica do argumento deste trabalho. Em consequência, foi feita uma revisão bibliográfica (Cap. II) abrangendo basicamente: a manutenção como função industrial; a manufatura, como ciência e técnica e a oficina central de manutenção (O.C.M.) como sistema de produção.

A recuperação de peças, por se constituir num dos principais traços do perfil destes sistemas de produção, foi discutida como conceito e através de suas técnicas, no Capítulo III. Assim foi possível situá-la de modo claro no contexto da dissertação e expandir conceitos, ampliando o campo de aplicação do método ao nível de um mercado fornecedor.

O método proposto é descrito no Capítulo IV e o ensaio em ambiente industrial, no Capítulo V, após o que são colocados os respectivos resultados obtidos e as conclusões (Cap. VI).

CAPÍTULO II -- MANUTENÇÃO INDUSTRIAL E MANUFATURA DE BENS. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Fabricação e recuperação mecânicas são praticadas sobretudo nas oficinas de apoio de manutenção, utilizando conhecimento e técnicas provenientes da manufatura mecânica de bens.

Neste capítulo são tratadas: a manutenção industrial (parte I) nos aspectos que a interligam e condicionam a recuperação; a manufatura mecânica (parte II) como conhecimento e tecnologia, nos aspectos que a evidenciam como embasamento da recuperação mecânica; a oficina central de manutenção (parte III), como ambiente de produção, enfatizando as imposições da demanda - caracterizada por sua interdependência com a manutenção central e os requisitos tecnológicos de seus serviços, - embasados na teoria e prática da manufatura de bens.

Por questões de clareza, foi tratada no capítulo seguinte (III), a conceituação da recuperação mecânica, naquilo que é fundamental para reconhecer o problema e situar o método proposto. Na análise deste conceito (recuperação) combinam-se os conhecimentos e as técnicas de manutenção, de manufatura, e o ambiente industrial de seu emprego.

1. - A FUNÇÃO MANUTENÇÃO

1.1 -- Conceitos básicos

O "processo" da revolução industrial gerou no âmbito das fábricas, transformações que se tornaram o encargo para a manutenção industrial. Era preciso, então, reparar o equipamento de produção, mantendo-o em operação.

Entretanto, a partir da década de 50 este encargo passou a ser redefinido e a manutenção passou a assumir gradativamente na indústria e particularmente nas usinas integradas, a uma nova e mais ampla "personalidade". Ela incorporou outros compromissos, que até então estavam dispersos, confiados a outras áreas, tais como: segurança, patrimônio, engenharia de equipamentos e instalações, etc. A partir deste legado, deixou de ser meramente "conservação" e passou a dispor de um espaço apropriado na produção; assumiu os foros de função de produção, respondendo não mais somente pelo reparo do equipamento, mas também pela garantia operacional e otimização de sua disponibilidade [2] [5][25].

Seja em uma fase ou outra, a manutenção se depara, de resto, com o mesmo fato fundamental: a avaria do equipamento e a falha funcional do componente.

1.1.1 - O fato gerador: defeito e falha

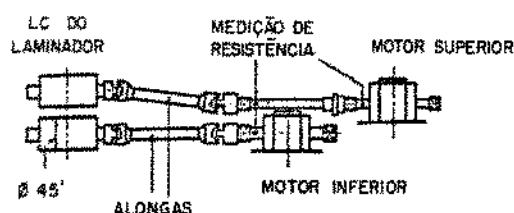
Com efeito, os materiais de construção apresentam todos, propriedades estruturais que estão sujeitas à degradação, após solicitação contínua em funcionamento. A resistência mecânica ou superficial característica de um certo aço, por exemplo, decai progressivamente à medida que uma peça deste material é submetida a esforços dinâmicos e críticos, provocando-lhe a fadiga mecânica.

Componentes de máquinas podem sofrer degradação após solicitações de outra natureza. Campos eletro-magnéticos, campos térmicos e de pressão, de efeitos proporcionais ou alternativos, geram esforços com conseqüentes defeitos e falha do componente. A corrosão química induzida pelo substrato que envolve a peça ou o mecanismo provoca por seu próprio processo, a perda de massa e de formas originais e se combina com ações tensionais ou de desgaste, acelerando a degradação das partes em trabalho [26] [27] [28].

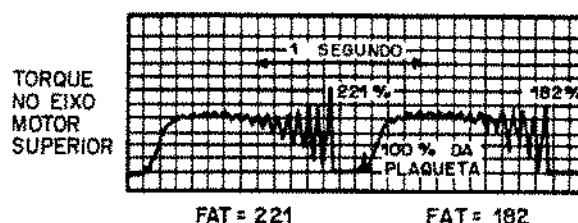
Há também a considerar, os efeitos danosos decorrentes do movimento relativo das partes do maquinário. O deslizamento de duas superfícies entre si, provoca o surgimento de esforços superficiais coesivos que ocasionam desgaste, levando à perda de massa, à perda de propriedades originais, ao defeito e à falha [29, Caps. X e XI].

Um exemplo de degradação de componentes

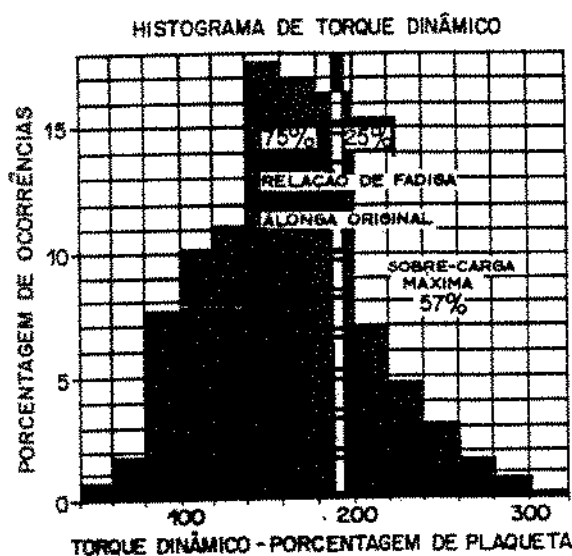
A simples garantia de uso de critérios rigorosos no cálculo e dimensionamento mecânico dos elementos de máquinas não constitui, por si só, uma garantia de longa vida útil do componente e conseqüentemente, do mecanismo. A história da produção industrial mostra uma permanente busca de melhoria de desempenho combinado com restrições de tamanho e peso dos equipamentos. A competição solicita no sentido de extrair progressivamente mais dos mesmos materiais e recursos de produção [30] [31]. Assim, elementos de máquinas uma vez dimensionados para condições de trabalho e vida útil suficientemente longa, passam repentinamente, a ser postos em cheque, na iminência de quebra e danos à produção, em virtude de modificação das condições de emprego e solicitação de esforços.



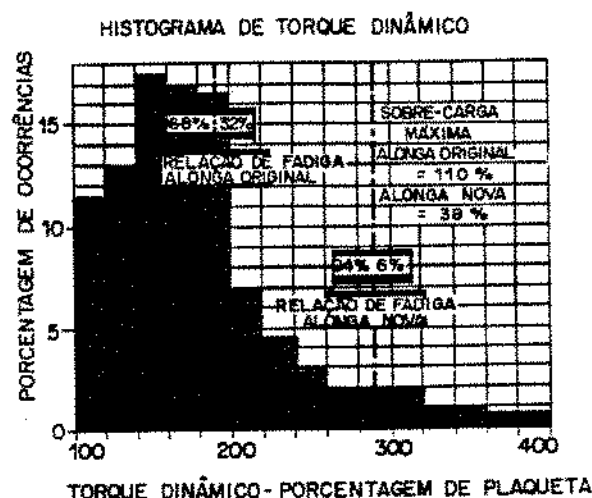
a) Disposição física; laminador 46"



b) Maior torque dinâmico desenvolvido durante o segundo lingote. (FAT - fator de amplificação do torque)



c₁ - Histograma de torque dinâmico para a condição de trepidação mínima na laminação.



c₂ - A relação de fadiga da alonga original e o projeto da nova alonga são comparados em relação ao histograma de torque dinâmico.

ESPECTRO DO TORQUE DINÂMICO	EXPECTATIVA DE VIDA ÚTIL PARA NUCLEACÃO DE TRINCAS	
	TOTAL DE CICLOS	Nº DE ANOS
HISTOGRAMA DA LAMINAÇÃO NORMAL (FIGURA C1)	8.32×10^5	8.0
HISTOGRAMA DE TREPIDAÇÃO NA LAMINAÇÃO EM 7% DOS PASSOS (FIGURA C2)	9.27×10^5	0.90

* REFERIDO A UMA PRODUÇÃO ANUAL DE 250.000 LINGOTES, CADA LINGOTE COM TAXA DE 7 PASSOS

d₁ - Expectativa de vida útil no projeto original.

DESCRIÇÃO	MATERIAL	DUREZA BHN	RELAÇÃO PERCENTUAL ENTRE TORQUES REFERIDOS À PLACA	
			FADIGA	LIMITE DE RESISTÊNCIA
PROJETO ORIGINAL	AO 4140 FORJADO NORMALIZADO E REVENIDO	190/230	191/223	444/519
PROJETO NOVO	AO 4340 FORJADO TEMPERADO EM ÓLEO E REVENIDO	241/285	295/330	703/815

d₂ - Alongas; características de resistência.

Fig. 2.1 (a,b,c,d) - Sequência ilustrativa do redimensionamento de um componente mecânico (no caso, de especificação de material), visando adequar o projeto às condições de sobrecarga no decorrer da operação. [30].

A Figura 2.1 (a,b,c,d) [30] ilustra um exemplo prático de redimensionamento de um eixo intermediário ("alonga") de laminador. O exemplo mostra:

- . a disposição funcional do equipamento (a);
- . medição da sobrecarga de trabalho sofrida pela alonga ao transmitir o torque para a laminação de lingotes (b);
- . os histogramas levantados dos esforços na alonga (c). Notar que a relação de fadiga (razão entre tempos de trabalho operando abaixo do limite de fadiga e tempos sob tensão acima deste limite), passa de 60% : 32% a 94% : 6% para máximos esforços dinâmicos. Também a relação entre o esforço máximo e este limite (sobrecarga máxima) passa de 110% a 33%;
- . a expectativa de vida útil projetada para o componente, em função dos dados levantados na operação do equipamento (d)
- . as novas especificações de material para a mesma alonga corrigindo a expectativa de vida (d2).

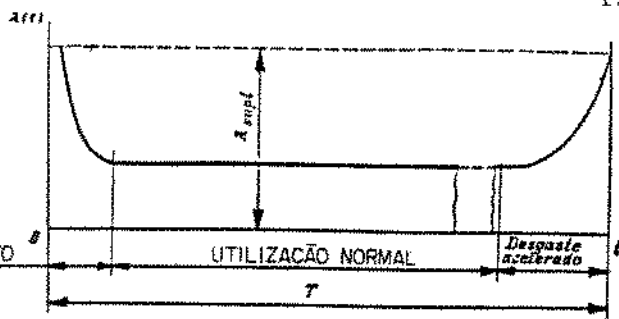
Este conceito de falha pode ser expandido, quando se estuda o maquinário e o equipamento de modo geral, por meio do ponto de vista de sua "utilidade" ou "vida útil" [32].

Com efeito, uma máquina pode ter o seu ciclo de vida resistente, esquematicamente representado pela "curva de envelhecimento", também chamada no glossário de manutenção, "de curva da banheira" (Figura 2.2) [5][32].

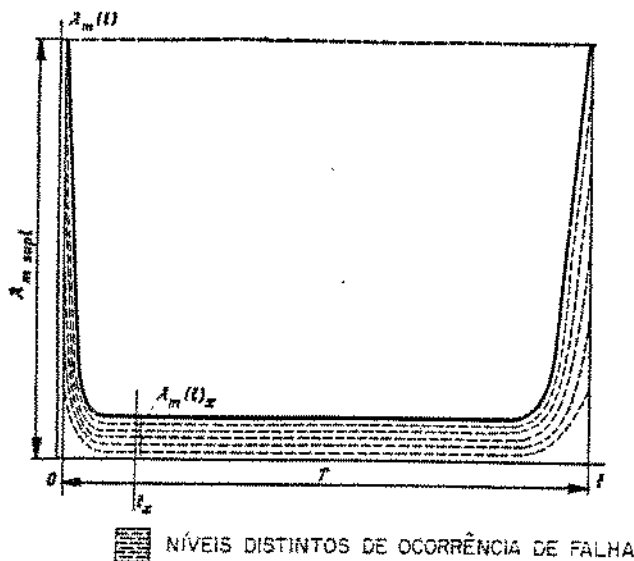
O conhecimento destes fenômenos básicos e, portanto, do comportamento dos materiais e mecanismos, induz a uma concepção científica de manutenção e a não se limitar a intervir no equipamento apenas quando

a avaria se evidencia. Torna-se claro que a intervenção deve se efetuar em circunstâncias tais que otimizem o desempenho do todo - maquinário, equipamento ou mesmo instalações - ou das partes (componentes) conforme o caso. Esta é a razão essencial que conduz a manutenção rumo ao planejamento e à previsão nas intervenções.

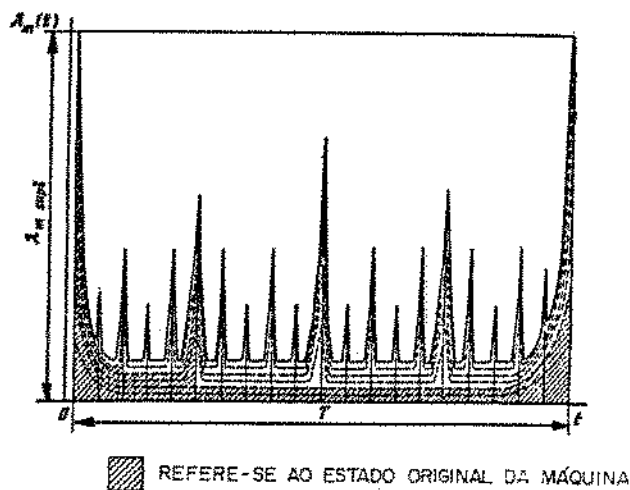
Uma consequência natural deste argumento é a idéia de "inspecionar". A inspeção, neste domínio, é o prescrutamento através de sintomas perceptíveis pelos sentidos humanos - ou por aparelhos que os substituam. Sintomas estes - vibrações, ruídos, aquecimento, variação de pressão ou vazão ou turbulência, mudança de forma ou cor, etc. - que possam indicar degradação e futuros defeitos.



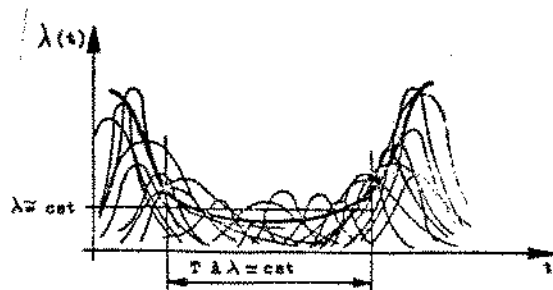
a) Curva típica de vida útil para um componente.



b) Curva típica para máquinas simples, cuja concepção não prevê recâmbio ou reparo de seus elementos construtivos.



c) Curva típica para máquinas cujos elementos construtivos são periodicamente recambiáveis.



d) Representação conceitual: a previsibilidade do funcionamento se relaciona, a cada instante, a uma probabilidade de ocorrência (considerada a probabilidade normal).

Fig. 2.2 (a,b,c,d) - Representação de curvas características de vida útil. Variáveis interrelacionadas: tempo de trabalho (t) e taxa de falhas ($\lambda(t)$). [32].

Dessa idéia decorre um importante ciclo de atividades básicas em manutenção: o ciclo de "inspecionar, planejar, executar" o reparo ("see, plan, do") que caracteriza uma nova fase na evolução da manutenção, a de "manutenção racional" [33].

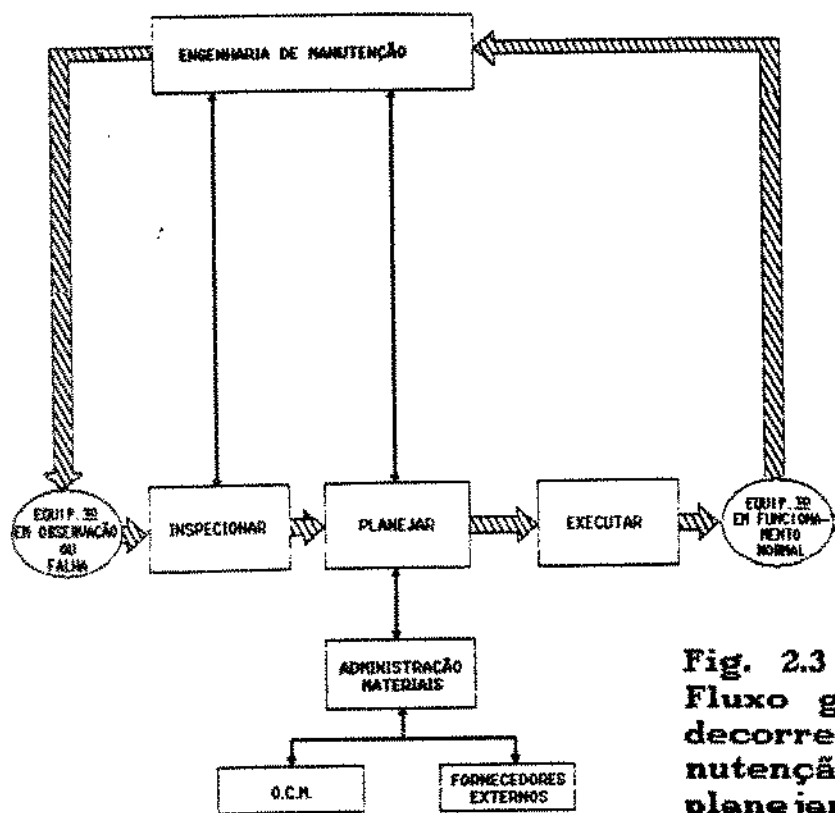


Fig. 2.3

Fluxo geral de informações no decorrer das atividades de manutenção. O ciclo "inspecionar - planejar - executar".

- ⇒ - Informação direta (ligada à intervenção)
 ⇐ - Informação indireta (de adaptação do sistema)

A ilustração contida na figura 2.3 esquematiza este conceito e suas implicações. Esta idéia permite:

- estabelecer a descrição clara do ciclo operacional das atividades de manutenção;
- discriminar e classificar as divisões e órgãos que intervêm no processo geral de manutenção;
- um enfoque lógico e conceitual sobre as "formas" de manutenção: por quebra, corretiva, preventiva, etc.
- estabelecer um modo comum de pensar e de conceber, nas atividades ligadas à função manutenção;

Os quatro parágrafos seguintes são dedicados à discussão de cada um dos itens acima relacionados.

1.1.2 - O ciclo das atividades de manutenção.

O princípio inspecionar-planejar-executar as atividades de intervenção em manutenção, caracteriza-se por uma relativa complexidade. Em geral, isto se deve à sua própria natureza sistêmica,

Assim, a ação sobre uma determinada parte pode repercutir em outras

partes do sistema envolvido.

Em consequência, operações aparentemente simples efetuadas em equipamentos de produção, podem acarretar um fluxo intenso de materiais e informações, por exemplo. O esquema da figura 2.3 acima referida, também ressalta este aspecto.

A este fluxograma devem ser feitas as seguintes considerações:

. Descrição do fluxo típico de informação nas atividades gerais ligadas à intervenção de manutenção:

1. Equipamento em observação, apresentando defeito funcional;
2. A inspeção aciona o planejamento, para a intervenção conveniente, apoiada nos referenciais históricos, padrões e procedimentos disponíveis através da engenharia;
3. O planejamento prepara os métodos e os materiais apropriados. Baseado nos mesmos referenciais, fornece os dados do programa à execução;
4. O reparo é executado, segundo programa;
5. Equipamento em funcionamento normal: entregue à produção.
6. As informações de retorno passam à engenharia, onde são analisadas em confronto com o histórico existente.

. O aspecto cíclico das atividades gerais de manutenção é evidenciado. O princípio inspecionar-planejar-executar realimenta permanentemente e gera os impulsos iniciais das atividades da manutenção planejada.

. O aspecto sistêmico destas atividades resulta evidente através da análise do fluxo acima descrito. Os principais sistemas ou subsistemas envolvidos são aí delineados e se define a composição orgânica básica da Manutenção Central.

1.2 - Os quatro órgãos da Manutenção Central

Para o cumprimento de sua função, a Manutenção Central executa serviços abrangendo os seguintes domínios [2] [5]:

- . Manutenção do equipamento: eliminação de defeitos, reparos;
- . Melhoria do equipamento: qualidade, segurança, produtividade;
- . Participação em novos projetos: instalação, partida, etc.;
- . Trabalhos relacionados com higiene, segurança e meio-ambiente;
- . Trabalhos de conversão de locais e mudanças;
- . Recondicionamento de conjuntos retirados do equipamento, fabricação e recuperação de componentes;

- . Avaliação e providências de restauração ou substituição de maquinário;
- . Gestão dos materiais e ferramentas de manutenção;
- . Prestação de serviços diversos à produção - montagens, etc.;
- . Conservação geral dos prédios, vias internas, espaços verdes.

Esta relação de encargos extensa e variada, confere à manutenção, certas peculiaridades. Com efeito, o emprego de ferramentas, dispositivos, maquinário e equipamentos em geral e as correspondentes instalações, dão a este setor um porte considerável. Entretanto, são os recursos humanos que melhor caracterizam a manutenção no que refere ao aspecto gerencial (ver também secção 1.2 Cap. I)

Em função dessas atividades e de suas características, a manutenção lida com intenso fluxo de informações formais e informais, ligadas eventualmente a ações oportunistas e diferenciadas em relação aos seus objetivos funcionais. Vai daí que o setor desempenha um papel relevante nas estratégias que se desdobram na política interna das empresas. Esta "proximidade do poder" pode produzir na manutenção uma "vulnerabilidade" quanto aos propósitos da administração e por outro lado, pode dificultar a tarefa do seu gerenciamento [5].

As especialidades que orientam, de modo geral, a prestação de serviços pela Manutenção Central, assim se classificam:

- . Manutenção de equipamentos de controle de poluição;
- . Manutenção de edifícios e instalações: tapamentos e coberturas, concretos e pisos; pintura; refratários, etc.;
- . Manutenção do equipamento elétrico: de distribuição; motores e máquinas elétricas; circuitos; eletrônica; automação;
- . Manutenção mecânica: equipamentos mecânicos; maquinário; pontes rolantes; conjuntos mecânicos; etc.;
- . Manutenção de utilidades: geração de energia; aquecimento e calefação; refrigeração e ventilação; instrumentação; etc.;
- . Manutenção de ferrovias: material de transporte ferroviário, rodoviário e marítimo, máquinas de movimento de terra;
- . Lubrificação: lubrificação sistemática e lubrificantes;
- . Limpeza, arrumação e instalações sanitárias.

1.2.1 - Manutenção de intervenção

Responde pela execução dos reparos no equipamento e instalações, abrangendo a inspeção, o planejamento e a execução das intervenções.

Realiza ainda outras atividades operacionais, a saber: informação ao sistema de controle de manutenção, aplicação de melhorias

participação em níveis diversos de planejamento, etc.

Sua estrutura orgânica pode ser esquematizada através do organograma da figura 2.4 [5].

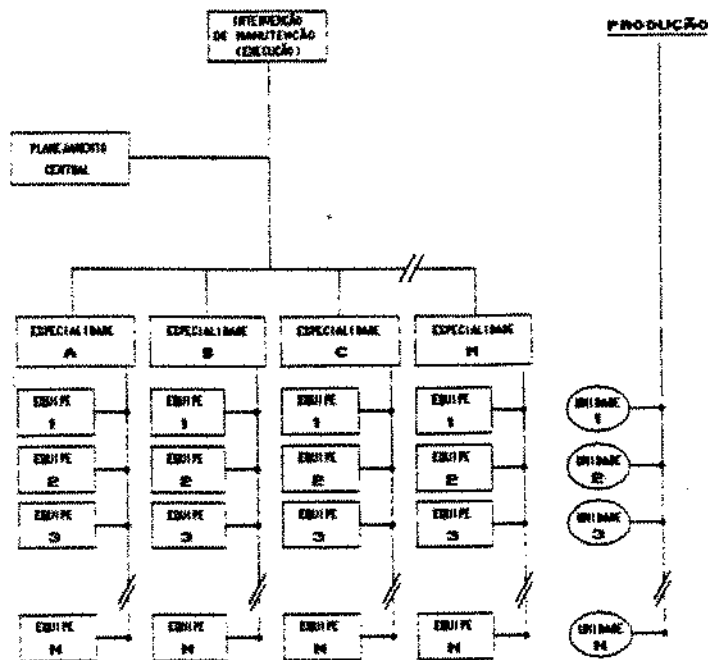


Fig. 2.4 :

Manutenção de intervenção e o setor de produção. Disposição orgânica típica.

Opera, em geral, com gestão centralizada e bases locais distribuídas segundo as unidades produtivas.

Suas atividades têm estreita dependência com o apoio de outros órgãos e é através do seu desempenho que resulta a avaliação básica de desempenho da Manutenção Central. O interrelacionamento da intervenção com a oficina central de manutenção (O.C.M.) é, portanto, intenso e, às vezes, ambos formam uma única entidade orgânica.

1.2.1.1 - Níveis de complexidade de intervenção

A caracterização do grau de dificuldade ou de importância de uma determinada tarefa de manutenção, pode ser de interpretação difícil, de consenso problemático. Os esforços por um equacionamento desta questão resultaram em um conceito padronizado, como por exemplo o da Associação Francesa de Normalização (AFNOR) [5]. Ela pode ser resumida em cinco níveis de complexidade, a saber:

- 1º nível: Regulagem simples prevista pelo fabricante do equipamento nos mecanismos acessíveis e sem nenhuma desmontagem; troca de elementos acessíveis, etc.
- 2º nível: Eliminação de avaria através de trocas padronizadas de elementos previstos; ou operações menores de manutenção planejada;
- 3º nível: Identificação e diagnóstico de paradas de emergência; reparos por troca de componentes

- funcionais; reparos mecânicos de menor envergadura;
- 4º nível: Trabalhos de maior envergadura e importância funcional de intervenção "após-quebra" ou intervenção planejada;
- 5º nível: Trabalhos de restauração, renovação ou recuperação importantes, confiadas à OCM.

1.2.2 - Administração de materiais

Responde pelo armazenamento, distribuição e gestão dos materiais de manutenção. Faz a interligação entre a manutenção e o setor de compras ou outros setores administrativos, no que se refere a materiais. Sua estrutura orgânica pode ser apreciada na da figura 2.5.

O relacionamento deste setor com a OCM é permanente, na medida em que ele se constitui em seu fornecedor, geralmente o mais importante. Por conseguinte, os problemas de gestão de materiais estão estreitamente ligados ao desempenho da OCM.

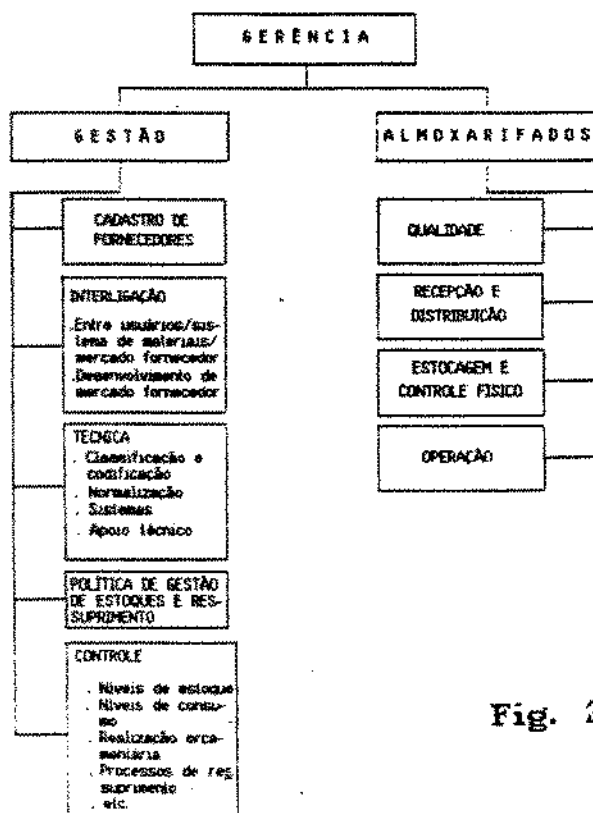


**Fig. 2.5 - Administração de materiais de manutenção.
Organização funcional típica.**

1.2.2.1 - Prazos de atendimento pela oficina central de manutenção

O atendimento das solicitações da Administração de Materiais está sujeito à influência negativa dos picos de demanda e dos atendimentos de urgência, que são frequentes na OCM. obviamente, os prazos de

entrega de serviços pela OCM têm de ser prorrogados, quando os picos de demanda "derrubam" os sucessivos programas no piso das oficinas.

Em virtude desta anomalia, que pode ocorrer com freqüência, a gestão de sobressalentes se ressentir de não poder empregar práticas de gerenciamento (políticas) otimizantes.

Com efeito, a fórmula usada para dimensionamento de sobressalentes - conjuntos mecânicos, por exemplo - evidencia este aspecto. A quantidade de sobressalentes para um determinado conjunto é dimensionada a partir de:

$$Q_{ct} = Q_{ci} + Q_{cr} + Q_{ci} \times TCMR/MTBF \quad (2.1) \quad (.)$$

Q_{ci} = quantidade de conjuntos instalados (em operação)

Q_{cr} = quantidade de conjuntos de reserva

$TCMR$ = tempo ciclo médio de recuperação (ou recondicionamento)

$MTBF$ = tempo médio de bom funcionamento (tempo entre falhas)

Na expressão acima, segundo membro, nota-se que:

- O segundo termo (Q_{cr}) reflete a confiança no desempenho operacional do conjunto, a qual depende em boa parte da confiabilidade do recondicionamento do sobressalente enviado à OCM. Assim, a sua estimativa vai depender da performance da OCM em atendimento de recuperações.

- Já o terceiro termo é afetado de forma direta e proporcional pelos prazos de entrega de recuperação da OCM.

Dado o elevado número de conjuntos e componentes que são colocados sob gestão em estoque "de prateleira" nos almoxarifados(.), o assunto é de alto potencial, em termos de desempenho econômico-financeiro do sistema produtivo global.

(.) Expressão usada na gestão de sobressalentes mecânicos e eletro-mecânicos, sobretudo sob o método de manutenção preventiva. Sua estrutura é idêntica à das equações gerais de dimensionamento dos lotes de ressurgimento de peças de estoque, desenvolvidas em administração de materiais da produção. (ver e.g. [34 - Cap. 8]).

(..) Em usinas siderúrgicas, o estoque de manutenção pode alcançar 50.000 itens e a movimentação real a 60.000 requisições por ano, com a simultânea emissão de 90.000 pedidos de compra no ano [35].

1.2.3 - Engenharia de manutenção

A representação esquemática do ciclo de atuação de manutenção (figura 2.3) demonstra a presença de canais particulares de comunicação no processo de ação da manutenção planejada.

Este processo cria a necessidade de emissão de informações, de tratamento analítico das mesmas, de sua fixação (memória técnica) e da geração de outras informações visando à solução de novos problemas. Esta área, de predomínio de conhecimento científico e da tecnologia, é a da Engenharia de manutenção [36] [37].

A Engenharia de manutenção responde pelo domínio tecnológico dos equipamentos e instalações industriais da empresa. Geralmente é estruturada a partir de modalidades: projeto (mecânico, elétrico, etc); sistemas; engenharia de instalações, engenharia de materiais, etc. Estas são combinadas com as especialidades que dizem respeito à atuação geral de manutenção: mecânica, eletro-eletrônica, automatização, refratários, instrumentação, etc.

Atuando como um sistema aberto em relação aos demais setores de manutenção da empresa, resulta elevado o volume de comunicações e a flexibilidade da organização da Engenharia de manutenção se torna ampla, quase informal. A figura 2.6 ilustra este aspecto.

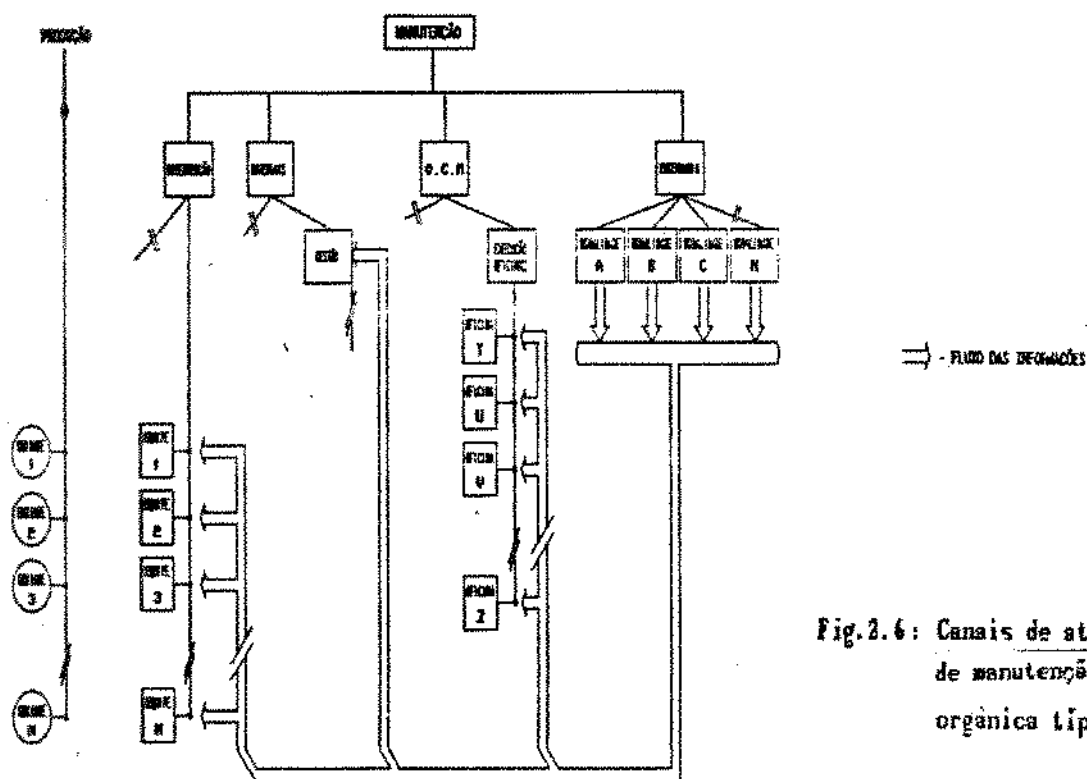


Fig.2.6: Canais de atendimento da engenharia de manutenção e disposição orgânica típica

As mudanças tecnológicas são geralmente nucleadas através deste setor, que pela posição que ocupa no âmbito de manutenção, pode

absorve-las e promover efeito multiplicador, em relação aos demais.

Dentre os trabalhos que a Engenharia produz, há dois tipos com um particular potencial no que refere ao desempenho da OCM:

- os serviços de projeto com as alternativas de simplificação, ou modificação, dos desenhos e
- a assistência ao diagnóstico ("peritagem") e às especificações de processo nas recuperações de peças principalmente as de grande porte.

1.2.4 - Oficina central de manutenção (OCM)

As OCMs de modo geral, são a base para efetuar os serviços de fabricação e recuperação de peças e conjuntos dos equipamentos e instalações industriais.

Operam em geral com três centros principais de produção e atendimento: Mecânica, Caldeiraria e Elétrica, porém dispõem de outros centros complementares (Forjaria, Fundição, Oficina de instrumentos, etc). A disposição física das oficinas de recuperação de uma usina pode conter também, conforme o caso, uma "rede" de oficinas menores, ou "postos avançados" que desempenham, próximo às respectivas áreas produtivas, funções similares às da OCM, porém de menor complexidade [1,III, Cap. XII] [30]. Sua estrutura orgânica convencional é esquematizada no quadro, figura 2.7.

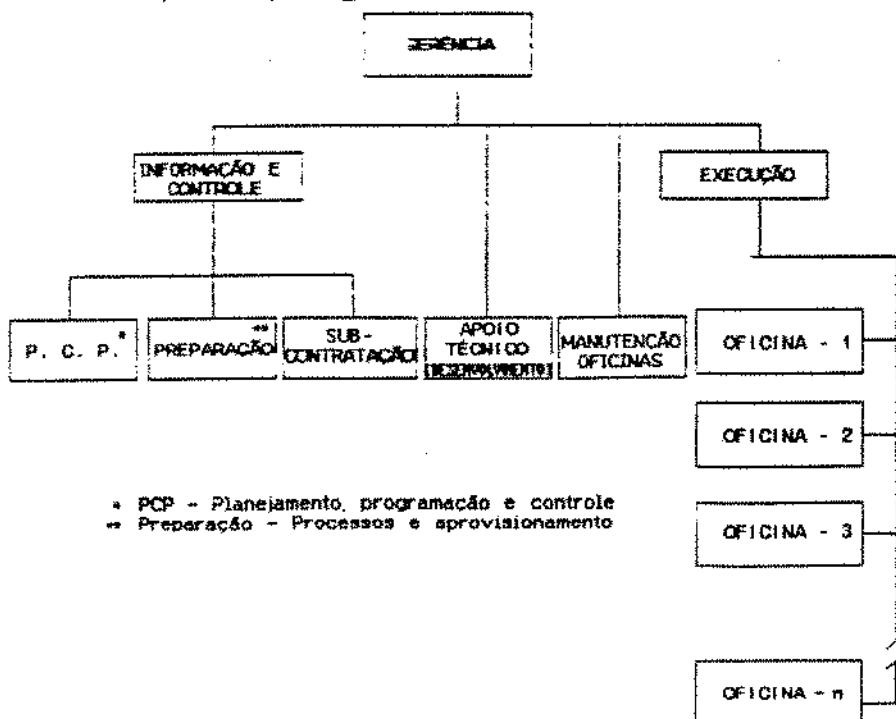


Fig.2.7: O.C.M. - Organograma típico. Esquema convencional.

O mais importante tipo de atendimento da OCM costuma ser o de ocorrências (recuperações) de curto prazo. Isto provém de que, no atendimento a serviços emergenciais, conta principalmente o elevado custo operacional dos equipamentos em recuperação, cuja continuidade de funcionamento está ameaçada pela avaria. Isto se torna crítico quando se trata de recuperação de equipamentos integrados ao fluxo produtivo; aí os valores em questão não são mais apenas os da intervenção mas, principalmente, os lucros cessantes correspondentes [32].

Um segundo tipo importante de atendimento é a recuperação (ou recondicionamento) de conjuntos mecânicos e eletromecânicos, confiados à OCM como sobressalentes. O alto custo do ressuprimento, torna o sistema de materiais e a sua gestão, muito sensíveis ao desempenho desta atividade da oficina. Os efeitos deste atendimento são portanto consideráveis, seja pelo efeito no desempenho operacional do equipamento de produção, como pelo aspecto financeiro da questão.

Outros trabalhos usualmente solicitados à OCM dizem respeito aos novos projetos, restaurações, ampliações e modernizações.

O grau de responsabilidade a que a OCM se vê, conseqüentemente solicitada é elevado, como, aliás, demonstra a classificação dos níveis de complexidade, registrada no parágrafo 1.2.1 deste capítulo, onde os níveis mais elevados de intervenção -- mais precisamente os de nº 4 e nº 5 -- são usualmente executados com participação desta oficina.

1.3 - Formas de intervenção em manutenção

Da noção do período de utilidade de um equipamento e da noção do ciclo inspecionar-planejar-executar, podem-se inferir os diversos métodos ou formas que, seletivamente, se ajustam a organizar e realizar as tarefas de intervenção de manutenção.

Consideremos a seguir os gráficos esquemáticos da figura 2.8 (adaptados de [5] e [33]), representativos da degradação pelo uso de um hipotético equipamento produtivo e dos distintos modos de efetuar a sua manutenção.

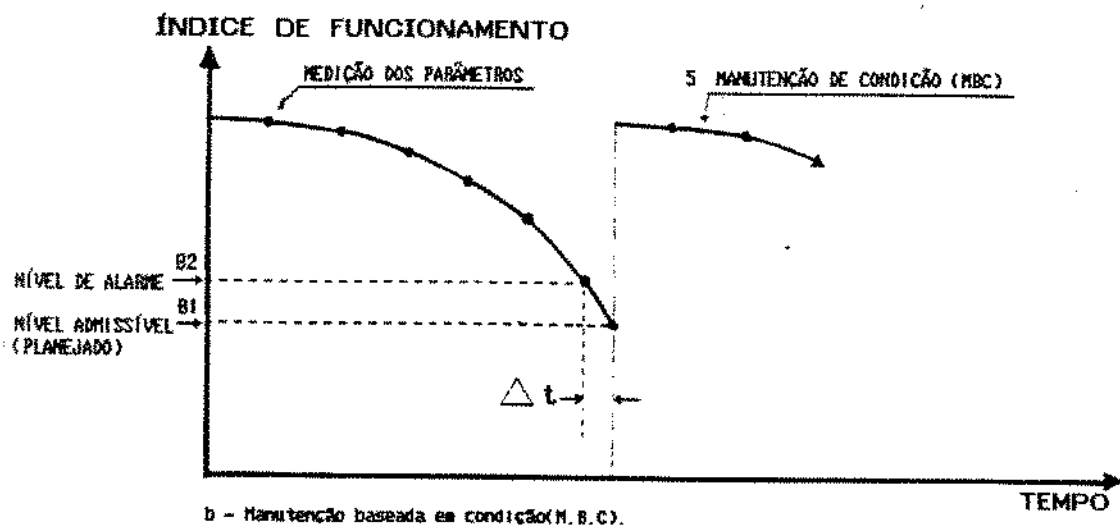
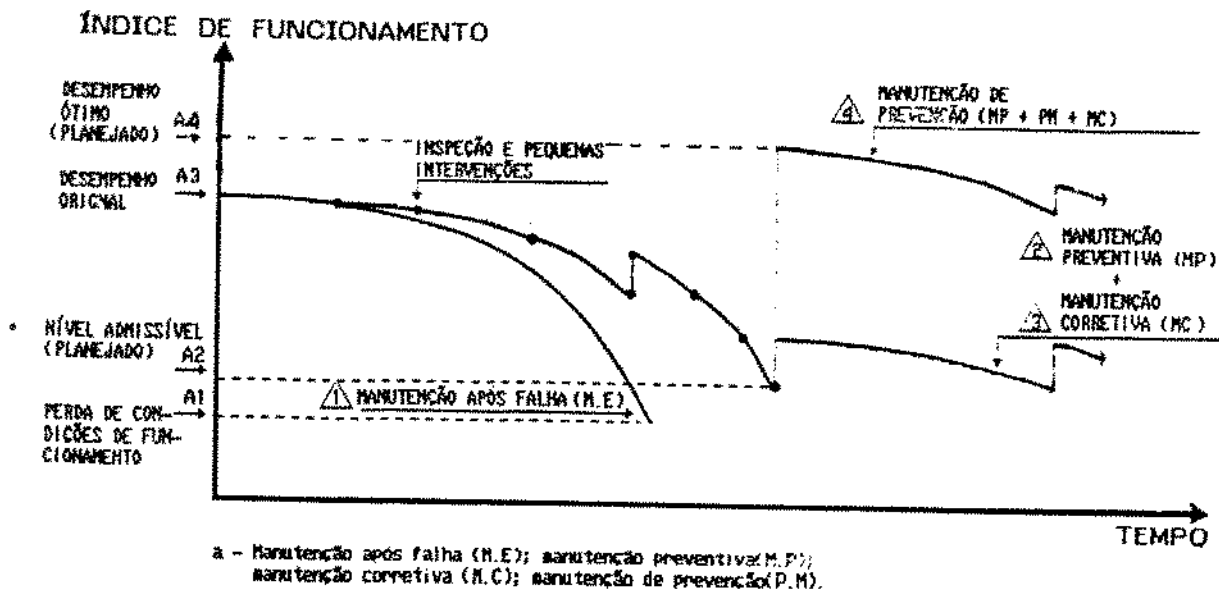


Fig. 2.8 (a e b): - Modos de manutenção. Representação esquemática. [5] e [33].

1.3.1 - Manutenção após falha - após quebra ou manutenção de emergência.

É a forma de manutenção que subsiste nos sistemas de produção que desconhecem efetivamente a noção de ciclo de degradação de um equipamento.

Em funcionamento, o desempenho do equipamento baixa gradativamente até que, no limite, sobrevém a avaria, em geral por quebra. A manutenção, recoloca o equipamento em condições de funcionar, porém ações corretivas das causas, não são geradas ou são apenas superficiais. A tendência é a repetição da avaria em períodos de funcionamento menores e aumento do risco de comprometimento da produção. (Ponto A1 da figura 2.8, M.E.).

1.3.2 - Manutenção preventiva

Método de manutenção que parte do conhecimento das leis de degradação do equipamento e, na qual, através de metodologia tecnológica como: levantamento dos índices operacionais do equipamento (produção horária; tempo médio de bom funcionamento - MTBF; tempo médio de reparo técnico - MTTR; etc.) e análise técnica (plano de inspeção; histórico de máquinas, catálogo e plano de sobressalentes, etc), se fazem intervenções no equipamento, de modo a evitar a sua degradação a níveis arriscados (ponto A2 da figura 2.0, M.P.).

1.3.2.1 - Serviços residuais após preventiva: ação corretiva

A efetivação das ações de manutenção preventiva pode motivar intervenções posteriores. Estas ações visam, geralmente, corrigir causas residuais, cuja detecção e equacionamento não se viabilizaram no planejamento e execução da preventiva já encerrada. Fala-se então de "intervenções corretivas", planejadas para execução sem prejuízo do rendimento operacional do equipamento sob custódia. Esta técnica, expandida, gera o conceito de "manutenção corretiva" (M.C.).

1.3.2.2 - Um critério de otimização de manutenção preventiva: a manutenção sistemática

A manutenção preventiva (M.P.) apresenta, de resto, um "feitiço" apropriado ao equipamento e ambiente de cada ramo industrial e a cada empresa.

Assim, por exemplo, para sistemas de produção com equipamentos de alto custo operacional cujas tecnologias de projeto e funcionamento sejam dominadas, é possível planificar um tipo de M.P. otimizado [5] em termos, principalmente, de recursos de intervenção - equipes, recursos físicos,, etc, - e de disponibilidade do equipamento produtivo - tempos de intervenção, tempos produtivos do equipamento em si ou das linhas de produção.

Esta é a assim chamada "manutenção sistemática". Essencial, em seu método, é o controle do ciclo de degradação e do "patamar de permissividade" de uso do equipamento e o programa de intervenções[5].

1.3.3 - Manutenção corretiva

Conjunto de técnicas que visam localizar causas imediatas ou remotas de defeitos e avaria do equipamento, bem como diagnosticar e

planejar a sua aplicação na fábrica. Ilustração A3 na figura 2.8., M.C.

A análise da correção de defeitos de funcionamento ou, mesmo, de projeto faz ênfase sobre a observação do processo, nas condições de funcionamento do equipamento na fábrica. Esta idéia, metodizada, vai evoluir para o conceito de "manutenção baseada em condições de produção" ("Condition - based maintenance").

1.3.4 - Manutenção de condição ou manutenção baseada em condições

Esta forma de manutenção parte da observação permanente do funcionamento do equipamento e, em função do conhecimento dos níveis admissíveis de desempenho, efetua intervenção no mesmo.

O método da manutenção baseada em condições (MBC) se fundamenta no princípio inspecionar-planejar-executar. Neste caso, a inspeção se entende como de um período de repetição suficientemente curto, tal que em termos analíticos, pode ser descrito como um " Δt " (pequeno intervalo de tempo)[5]. Assim são monitoradas as condições básicas de operação do equipamento, definindo-se previamente as ações de manutenção de modo planejado e, se possível, integrado no ciclo operacional, de tal forma que não haja prejuízo no ritmo da produção.

Este nível aprimorado é possível apenas em sistemas produtivos suficientemente desenvolvidos e integrados tecnologicamente [40]. Alguns requisitos indispensáveis para a implantação da MBC são:

- . conhecimento dos índices de desempenho dos equipamentos, com o respectivo histórico;
- . o domínio técnico do processo e do equipamento;
- . o domínio da tecnologia de monitoração - sensoramento, sinalização, malhas e técnicas de controle, etc;
- . o domínio das técnicas de intervenção em cada equipamento.

A MBC desenvolvida para máquinas rotativas costuma ser denominada "manutenção preditiva" [5]. Ela é esquematizada na figura 2.8 - b.5

1.3.5 - Prevenção de manutenção

é uma forma ampla de conceituação de manutenção, na qual se associam à M.P. e à M.C., atividades de concepção (reprojeto) do equipamento ou sistema. É, conceitualmente, a revisão da M.P., em estágio mais avançado. Confiabilidade e manutenibilidade do maquinário passam, neste estágio, a ser utilizados, quer como elementos

conceituais, quer como referência para decisões e aplicação das estratégias de gestão da manutenção. A prevenção de manutenção (PM) deve prover a satisfação de anseios mais amplos, tais como: relações inter-pessoais saudáveis; a segurança individual; a participação, autonomia e delegação de responsabilidades. A manutenção se integra intimamente no sistema de produção e este processo gera a base para modelos globais, do tipo "manutenção produtiva total" ("Total Productive Maintenance - TPM"). A evolução, neste campo, se desdobra rumo a assim chamada "terotecnologia" dos sistemas [20] [21] [33] [42] [43].

1.3.6 - Evolução histórica

A experiência da siderurgia japonesa no trato do assunto método ou formas de manutenção, pode ser testemunhado através da visão histórica e da experiência da firma Nippon Steel, [33]. Ela reconhece os seguintes estágios percorridos, a partir da década de 50:

- 1º estágio: Manutenção após falha (M.E.)
- 2º estágio: Manutenção preventiva (M.P.)
- 3º estágio: Manutenção corretiva, fase I (M.C.I)
- 4º estágio: Manutenção preditiva (M.Pr.)
- 5º estágio: Prevenção de manutenção (P.M.)
- 6º estágio: Manutenção corretiva, fase II (M.C.II)

Observações:

- 1 - O 4º estágio abrange a MBC em toda a sua extensão
- 2 - O 6º estágio da manutenção siderúrgica japonesa, se refere à corretiva em relação ao estágio imediatamente anterior.

1.4 - Idéias para um sistema global: Uma filosofia de manutenção

A manutenção industrial realizou um importante marco de sua evolução a partir dos anos 50. Assim, como herdeira do legado das tradicionais atividades de "conservação" das antigas fábricas, ela é "velha" como atividade essencial de produção, porém é "jovem" quando considerada no seu aspecto de função industrial. Passadas quatro décadas no decorrer desta função, cabe perguntar quão evoluída se encontra a manutenção industrial. A bibliografia indica que a manutenção, como função industrial precisa, e muito, ser fomentada e implementada. Contudo, se entre os autores colocam-se dúvidas quanto ao seu bom desempenho nas empresas dos países desenvolvidos, parece haver unanimidade em considerar que a manutenção industrial é deficiente nos países em desenvolvimento (eg [4] [27] [33] [61] [69]).

Portanto, seja para o ambiente industrial de países em desenvolvimento, seja para os países mais avançados, coloca-se a questão: como promover a formação de um "conceito" em manutenção com vistas a um amplo sistema técnico [44].

Adotar uma política conservadora, de incentivo cultural e progressiva absorção destes conhecimentos, parece hoje ser inaceitável. A aspiração pelo progresso social do elemento humano e a competição das empresas no âmbito nacional e internacional, são dois fatores, entre outros, que impõem urgência nas soluções (e.g. [3] [4] [45]).

Uma proposta, é a de alcançar esta meta através de uma prévia tomada de consciência, de um arcabouço de idéias e conhecimentos; da adoção de um verdadeiro "modo de pensar" sobre a questão. No dizer dos proponentes, de absorver uma "filosofia de manutenção".

A experiência acumulada em décadas de resultados positivos obtidos pela indústria siderúrgica japonesa, geraram uma "filosofia de manutenção" exposta em trabalhos, pela Nippon Steel [33].

Este modo de pensar pode ser resumido através de um ideograma representativo de um sistema "mecânico" (Ver figura 2.9). Esta apresenta dois planos (níveis) de abrangência.

No plano mais abrangente considera (fig 2.9 - a): administração, operação, controle técnico e manutenção.

No plano estrito, considera (fig 2.9 - b): coordenação e controle (gerenciamento), execução de reparos, inspeção e planejamento e engenharia de manutenção (informação e controle técnico).

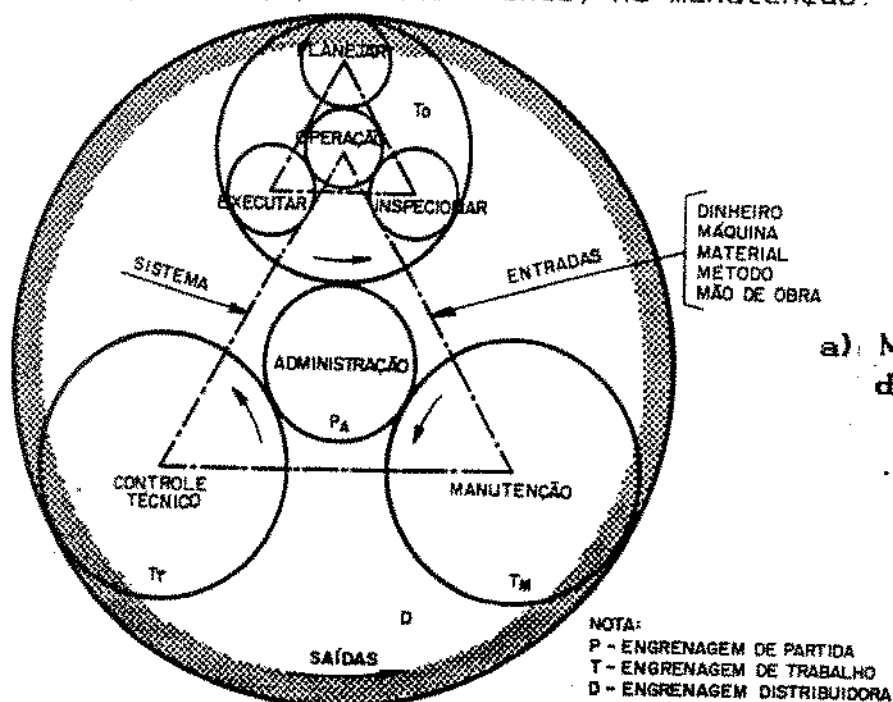
O traço dinâmico do sistema é representado por uma analogia mecanicista, através do movimento entre os pólos, figurativamente associados a engrenagens.

A partir das entradas no sistema - cinco insumos básicos, a saber: mão de obra, materiais, maquinário, métodos e recursos financeiros (Five Ms: man-power, material, machines, methods, money)-, o sistema deve funcionar harmoniosamente e gerar seus produtos em condições otimizadas de qualidade, custo e prazo. O raciocínio é válido quer para o plano da produção da empresa, quer no plano específico da manutenção.

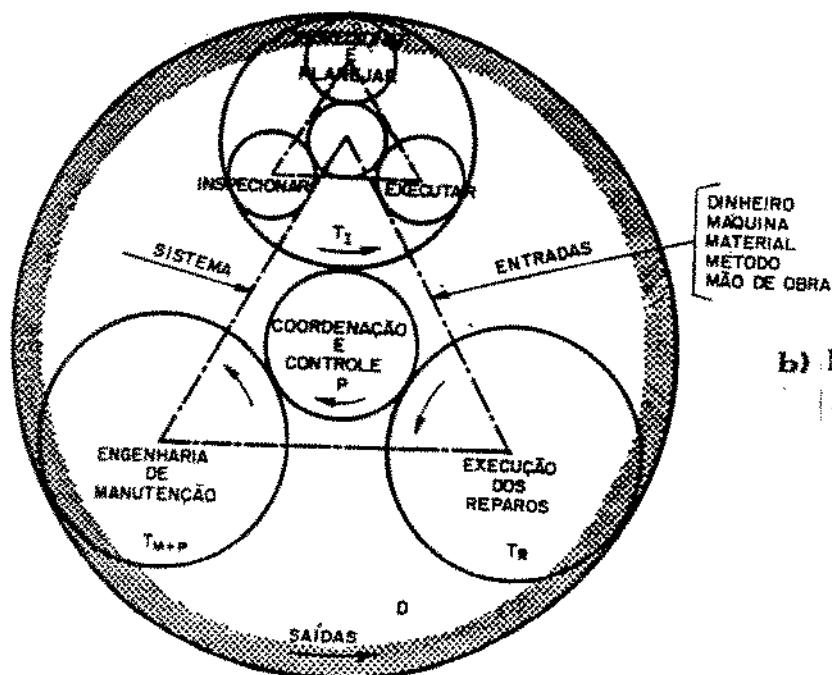
A representação mostra cada pólo como uma engrenagem e a interligação entre os mesmos como o próprio sistema. Assim, as entradas no sistema alimentam o seu funcionamento, através da engrenagem motora, representativa da administração e que, em essência, move o sistema, num e noutro plano (produção e manutenção), pela força de suas idéias, da "filosofia" que professa.

A estruturação de um tal sistema se faz gradualmente, em etapas que se associam às formas de manutenção, na sequência descrita no parágrafo 1.3.6.

Em termos de aplicação, a proposta não é só sistêmica. Um único modo de pensar, um só estilo de comportamento, uma realização comum, uma "filosofia" a ser professada em todos os níveis e situações da empresa e, particularmente, na manutenção.



a) Mecanismo do gerenciamento das usinas.



b) Mecanismo da implantação
da manutenção.

Fig. 2.9 (a,b) - Concepção integrada do sistema de produção e do sistema de manutenção de usinas. Representação esquemática dos mecanismos de funcionamento. [33].

1.5 - O gerenciamento da manutenção

A manutenção cabe zelar pelo bom funcionamento do equipamento. A administração da manutenção deve, se tomarmos como referência o modelo descrito no parágrafo anterior, projetar o sistema de manutenção, implantá-lo e prover para que os seus pólos se sincronizem harmoniosamente. Deve, em seguida, colher as informações de controle e tomar providências para imprimir rumo ao próprio sistema, readaptando-o quando conveniente, com base em critérios racionais, às novas condições de percurso.

A comparação destes dois objetivos (escopo da manutenção e escopo da gerência) pode induzir a combiná-los e a concluir daí, portanto, a idéia do universo proposto ao gerenciamento de manutenção. É preciso, porém, antes de concluir, acrescentar outras considerações.

De fato, os numerosos estudos registrados pela bibliografia, área de pesquisa em gerenciamento de manutenção, são testemunho da inquietação existente neste domínio. Contudo, não foi possível ainda, mesmo com um "critério crítico relativamente raso", selecionar modelos representativos da realidade factual no campo da administração da manutenção, de intensa variabilidade, cujas informações apresenta, amiúde, pouca consistência e interpretação incerta.[7] [12] [46].

Esta constatação enseja a oportunidade de traçar um perfil crítico do administrador de manutenção. Entre uma realidade constituída de eventos freqüentemente imprevisíveis e, por outro lado, interpretada através de modelos de formulação extremamente abstrata e incompleta, pode prevalecer o estilo de acompanhar os fatos do dia-a-dia e não o de se antecipar e planejar o gerenciamento. Assim, ele será induzido a administrar cada ocorrência já consumada, bem ao contrário do que busca o administrador industrial moderno, cujas decisões se fundamentam progressivamente mais no conhecimento científico e nas previsões (e.g. [47] [48]).

Portanto é válido concluir que métodos racionais de gerenciamento só se viabilizarão após a absorção das formas mais evoluídas de manutenção: preventiva, prevenção de manutenção, etc.

A função gerencial na manutenção, se realiza através de diversos canais e em sucessivos desdobramentos. A seguir serão discutidos alguns tópicos relativos à função e que, mais estreitamente, se relacionam com os objetivos desta dissertação.

1.5.1 - Planejamento

A função planejamento é útil para a gestão da manutenção sobretudo, quando elabora o dimensionamento geral de recursos e estabelece as novas metas a atingir, com os correspondentes redimensionamentos periódicos propostos, (anual, por exemplo), tais como: Plano de emprego de mão de obra; plano de uso de materiais e sobressalentes; plano orçamentário; plano de treinamento de pessoal, etc...

Nas usinas integradas e nos complexos industriais de prestação de serviços, o ponto de partida para o planejamento é o plano anual de produção (de bens ou serviços) e o resultante plano de paradas (reparos) dos equipamentos, que conjugadamente com aquele, é elaborado pelo planejamento de manutenção. A figura 2.10 ilustra o interrelacionamento dos diversos planos de empresa com o planejamento central da manutenção.

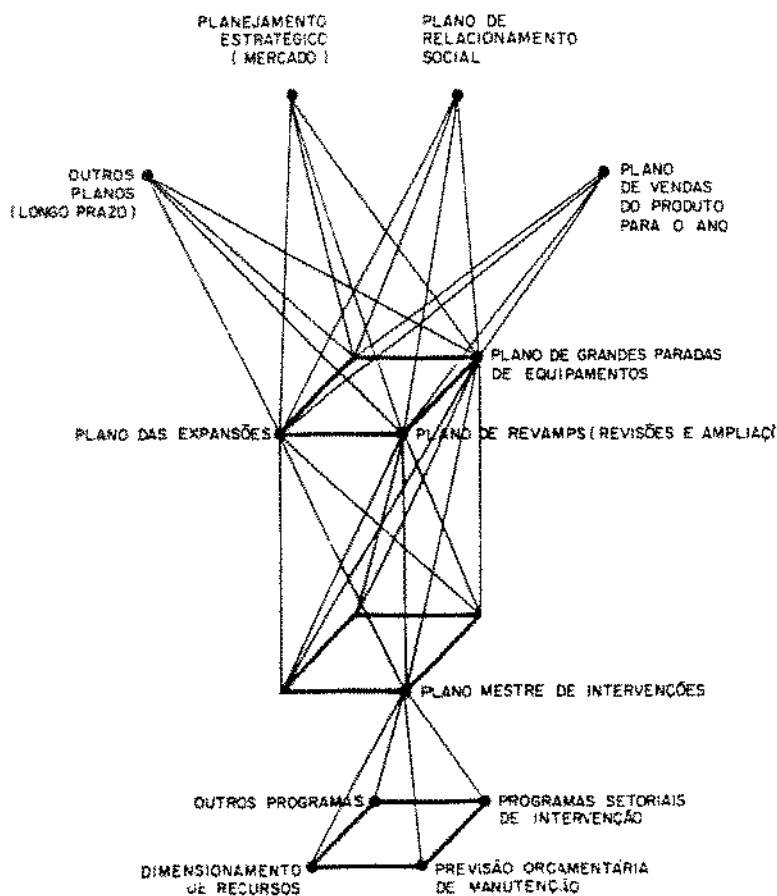


Fig. 2.10

Planejamento central de manutenção:
Interrelacionamento com os planos de empresa e hierarquização.

O plano de paradas vai gerar o plano-mestre de atividades de intervenção da manutenção central e, em níveis descendentes, os diversos planos de ação, programas e previsões orçamentárias do período. O anexo 2.1 reproduz duas fases hierarquizadas do planejamento integrado periódico (anual) de manutenção de uma usina siderúrgica [49].

1.5.2 - Custos

O sistema de contabilidade industrial, é um elemento básico de gestão. Não obstante que as previsões de base para um sistema de custos de manutenção se ressentem da incerteza de previsibilidade, o acúmulo histórico de dados fornece roteiros lógicos para armar estratégias de gestão. Além disto a gestão contábil trabalha sobre fatos, de modo que permite à administração acompanhar com avaliações objetivas (custos, valores) e, através das indicações, efetuar correção de rumos oportunas para situações futuras.

A possibilidade de promover, em um sistema de manutenção, uma evolução com harmonia das partes, sem o concurso de um sistema de custos fiel e de plena operacionalidade é remota [50]. Em virtude da sua própria natureza, a manutenção industrial, tem uma intrínseca correlação com custos. Assim a cada fase de evolução de um sistema de manutenção corresponde uma fase da evolução dos seus custos; o desempenho de manutenção só é bom se for satisfatório o seu nível de custos.

O acompanhamento gerencial dos custos é feito principalmente através de índices. Alguns índices usuais neste campo são: Custo de avarias por equipamento; custo médio de avarias no período; custo médio de "não produção" do equipamento (perdas de produção, multas, etc.); custo médio de manutenção no período (Cma, ver parágr. 1.5.9 neste Capítulo); índices de realização orçamentária no período

Desta apuração derivam outros índices, úteis por exemplo na gestão da "qualidade operacional" dos equipamentos, como, o custo de referência acumulado de um equipamento ("Life cycle cost" - L.C.C.; ver parágr. 1.5.9 deste Capítulo).

1.5.3 - Qualidade

Produzindo bens e serviços para usuários permanentes ("clientes") a manutenção, em termos de qualidade, tem muito a ver com o atendimento que realiza [51] [52] [53].

Assim sendo, há um forte componente subjetivo na avaliação do desempenho de qualidade de manutenção, o que em termos de administração, é indesejável. Para estabelecer portanto, parâmetros, procuram-se definir índices objetivos que representem a qualidade de atendimento de forma objetiva.

Índices puros de qualidade têm pobre significação na avaliação de manutenção. Os índices mais expressivos se relacionam com a qualidade

de desempenho do equipamento industrial da empresa, com a presteza do atendimento pela manutenção, com o "preço" dos serviços prestados

A qualidade em manutenção não está relacionada unicamente com o aspecto dimensional, estrutural e funcional dos componentes e conjuntos nas entradas e saídas do sistema. Ela se caracteriza por uma "cultura" que faz operar com qualidade em todas as fases do processo.

A gestão da qualidade em manutenção, em conseqüência, se volta para estratégias globais com enfoque sistêmico do tipo "círculo de qualidade" ("Quality control circle" - QCC) e "controle de qualidade total" ("Total quality control" - TQC), cuja metodologia se ajusta às área de manutenção [54].

1.5.4 - Prazos de entrega

O atendimento do prazo é, em manutenção, por vezes mais importante do que a maioria dos outros fatores sensíveis ao gerenciamento, tais como, planejamento, custos, qualidade, controle, etc. Isto se relaciona com o reparo de equipamentos ou áreas de processo ligadas ao fluxo de produção. A sua redução de ritmo ou interrupção de produção gera "lucros cessantes".

Um recurso de planejamento e acompanhamento de prazos de intervenções críticas é o dos diagramas de rede (Método do caminho crítico, CPM - "Critical path method" e Técnica de avaliação de programas de pesquisa, PERT - "Program evaluation research technique") [55]. Abrangente e flexível, apresenta ainda uma fácil integração com recursos computacionais. Os diagramas de rede são usados extensivamente em intervenção de manutenção, principalmente onde o prazo dos reparos é crítico. No parágrafo 1.5.8 deste Capítulo, é exposta, uma particular aplicação computacional com diagrama de rede.

1.5.5 - Carteira de serviços

É constituída pelos serviços já solicitados à manutenção. Podemos distinguir a carteira "bruta", constituída pelo total dos serviços solicitados, da carteira "compromissada" - serviços já aceitos e avaliados - e da carteira "para execução" - serviços já "preparados" e prontos para execução.

O volume e a composição da carteira de serviços são elementos para gerenciamento de prazos de entrega, particularmente se tratando-se daqueles considerados de prioridade "normal". Um gráfico de registro da carteira de serviços usado para fins de gestão é mostrado

na figura 2.11[2]. No exemplo o controle ("Backlog") é caracterizado em dois níveis.

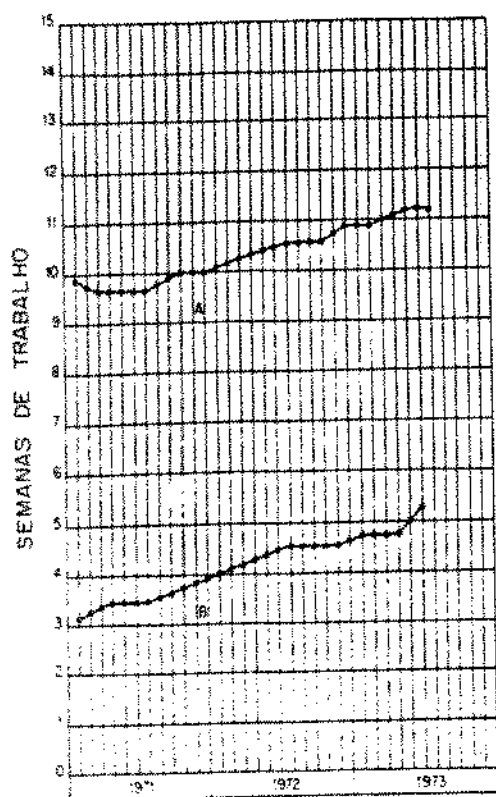


Fig. 2.11

Gráfico de controle de carteira de serviços de manutenção [2].

A - COMPROMISSADO

B - PREPARADO PARA EXECUÇÃO

1.5.6 - Informação e controle

A quantidade de ocorrências de manutenção em um sistema de produção de grande porte é singularmente numerosa (.). Tratando-se de ocorrências complexas (inspeções, avarias, reparos paradas programadas, etc.) e amiúde de baixa confiabilidade de previsão - conforme exposto no parágrafo 1.1.1 e secção 1.5 deste capítulo -, as informações geradas devem ser coligidas e interpretadas com rigôr, de modo a dar suporte ao gerenciamento.

(.) Em usinas siderúrgicas, por exemplo, a quantidade de ordens de serviço para reparos executados em um ano, chega à ordem de 150.000. A quantidade de itens de estoque de manutenção movimentados no ano, alcança 60.000. Também, na OCM a carteira pode chegar ao nível de 5.000 serviços, enquanto as ordens de serviço realizadas na OCM podem atingir à média de 1.000 por mês [33].

1.5.6.1 - Coleta e tratamento de dados

Considerando um sistema de informação no aspecto operacional, podemos distinguir duas fases: coleta de dados e tratamento estatístico dos mesmos. Um problema de projeto a resolver é a simplificação da coleta. As intervenções de manutenção, via de regra, se fazem em condições desfavoráveis relativamente à prestação de informações de boa qualidade. Assim, ao projetar o sistema, se buscam informações a partir de documentos tradicionais e de uso obrigatório nas rotinas da empresa: Ordens de Serviço (OS), Requisições de Material (RM), Relatórios de Inspeção (RI), Guias de transporte, etc., aos quais se incorporam informações adicionais para uso no sistema de informações da manutenção. Este princípio, entretanto, limita em geral a expressividade do informe na interpretação e tratamento do dados. O projeto, portanto, deve predispor coleta e tratamento de dados de forma integrada [2, Sec. III].

A outra fase, a do tratamento de dados, compreende a interpretação e depuração dos informes, o registro e a compilação dos resultados: índices, gráficos e relatórios de gestão. Enquanto a coleta é feita sobretudo durante a execução, o tratamento é feito no escritório. Aí, o acúmulo de dados pode até inviabilizar, por excesso, o sistema de informações. Portanto o projeto, quanto aos dados de saída, deve ser cuidadoso. A regra, então, é extrair dos dados, índices globais, gráficos de resumo e relatórios sintéticos. Em seguida serão descritos alguns índices usuais em manutenção.

1.5.6.2 - Índices para controle de desempenho

De modo geral, podem-se considerar os seguintes índices, para fins de gestão de manutenção, segundo três níveis hierarquizados:

. índices de produção

São índices relativos ao sistema produtivo, de significação global ou setorializada e que interessam à manutenção como referência, como indicadores de mudanças eventuais nas situações de estado e portanto, para armar as estratégias de intervenção correspondentes.

. índices de manutenção

São indicadores que registram o desempenho do setor, quer sob o ponto de vista do relacionamento com outros setores (produção, meio ambiente, etc.), quer sob o ponto de vista da auto-gestão.

. índices de equipamento

São indicadores que fornecem informação para avaliação atual ou histórica da situação de funcionamento (ou "saúde") dos equipamentos e instalações. São dados de referência para suporte de planejamento, controle e decisões gerenciais.

A definição destes indicadores e sua padronização vem sendo objeto de intenso trabalho regimental nas associações de classe e entidades governamentais [5] [56].

1.5.6.3 - índices de produção

A seguir são relacionados alguns índices já consagrados pelo uso:

- . índices de saída de produtos - globais ou setorizados
- . índices de produtividade - globais ou setorizados; exemplo: quantidade de produto por homem/hora;
- . índices econômicos - globais ou setorizados; exemplo: faturamento no período, custo operacional por hora: por equipamento, áreas de processo, linhas de produção.
- . índices ambientais setorizados; exemplo: nível de ruído, nível de iluminação, nível de temperatura localizada

1.5.6.4 - índices de manutenção

- . de atendimento e desempenho de manutenção; exemplo: serviços atendidos vs. serviços solicitados; serviços de atendimento "em emergência" vs. serviços de atendimento planejado; taxa média (preço) dos serviços, classificados por usuário;
- . de custo de manutenção - globais ou setorizados; exemplo: custo de manutenção no período; custo horário de manutenção; custos dos serviços de manutenção comprados no período; custo unitário setorizado dos serviços contratados;
- . índices econômicos relativos a materiais; exemplo: valor dos materiais de manutenção em estoque; valor do consumo de sobressalentes no período; preço das compras em emergência vs. compras com prazo programado; rotatividade dos sobressalentes em estoque; índice de obsolescência dos sobressalentes em estoque;
- . índices relativos à mão-de-obra de manutenção; exemplo: custo horário por especialidade da mão-de-obra de manutenção; índice de acidentes; índice de absenteísmo; índices relativos a treinamento; índices relativos a pesquisa e desenvolvimento.

1.5.6.5 - Índices relativos ao equipamento ou maquinário [5]
[57] [58].

- . Índices de desempenho operacional, produção ou produtividade apurado por equipamento;
- . Índices de confiabilidade;
- tempo médio de bom funcionamento (MTBF):

$$MTBF = \frac{\text{tempos de bom funcionamento}}{\text{quantidade de falhas no período}}, \text{ em horas (2.2)}$$

taxa média de falha :

$$\lambda = \frac{\text{quantidade de falhas}}{\text{tempo de bom funcionamento correspondente}}, \text{ em falhas/h (2.3)}$$

- . Índice de manutenibilidade:
- tempo médio de reparo técnico (MTTR):

$$MTTR = \frac{\text{tempos de reparo técnico}}{\text{quantidade de falhas no período}}, \text{ em horas (2.4)}$$

- . Índice de disponibilidade:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}, \text{ em \% (2.5)}$$

Nota: As expressões analíticas relativas aos conceitos taxa de falha, tempo de bom funcionamento, tempo de reparo técnico, etc., são resultado de abordagem matemática. De onde se extraem suas fórmulas. São as seguintes, as principais grandezas, assim definidas:

1. Taxa de falha

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.6)$$

$f(t)$ = função densidade de probabilidade

$R(t)$ = função confiabilidade, da variável aleatória T "tempo de funcionamento"

$R(t_1) = \text{Prob}(T < t_1)$

De tal modo definidas, que vale:

$$\int_1^{\infty} f(t) dt = R(t) \quad (2.7)$$

Define-se também a função partição de probabilidade $F(t)$:

$$R(t) = 1 - F(t), \text{ donde} \quad (2.8)$$

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1 - F(t)} \quad (2.9)$$

2. Tempo médio de bom funcionamento

$MTBF = \int t \cdot f(t) dt$, (2.10) conceito de valor médio de função ou ainda, no domínio real integrando por partes:

$$MTBF = \int_t^{\infty} R(t) dt \quad (2.11)$$

3. Análogamente a (2.9) se define agora, para a variável aleatória "duração de intervenção" TTR:

$$\text{taxa de reparo } \mu(t) = \frac{g(t)}{1 - M(t)} \quad (2.12)$$

$M(t)$ = função partição relativa; definida como manutenibilidade do maquinário (ou sistema) considerado, $M(t_j) = \text{Prob}(TTR < t_j)$:

$$M(t) = \int_0^t g(t) dt \quad (2.13)$$

$g(t)$ = função densidade de probabilidade

4. Tempo médio de reparo técnico

$MTTR = \int t \cdot g(t) dt$, (2.14) conceito de valor médio da função

5. Disponibilidade

Esta grandeza é equacionada como probabilidade de bom funcionamento do maquinário (ou sistema).

Assim, no instante $t + dt$ tem-se:

$$\left(\begin{array}{c} \text{Probabilidade do} \\ \text{sistema estar} \\ \text{em funcionamento} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Probabilidade de} \\ \text{estar funcionando} \\ \text{no instante } t \text{ e de} \\ \text{não ter falhas entre} \\ t \text{ e } t + dt \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{Probabilidade} \\ \text{de não estar} \\ \text{funcionando no} \\ \text{instante } t \text{ mas} \\ \text{seja colocado} \\ \text{em} \\ \text{funcionamento} \\ \text{entre } t \text{ e } t + \\ dt \end{array} \right)$$

ou,

$$Po(t + dt) = Po(t) \cdot (1 - \lambda dt) + (1 - Po(t)) \cdot \mu dt \quad (2.15)$$

$Po(t) = D(t)$, conceito de disponibilidade

λ = taxa de falhas

μ = taxa de reparos

Esta equação diferencial tem por solução:

$$D(t) = \frac{1}{\mu + \lambda} \left[\mu + \lambda e^{-(\lambda + \mu)t} \right] \quad (2.16)$$

Em seguida ao exposto (de 1 a 5), deve-se considerar que a aplicação deste tratamento analítico a partir de funções - ou distribuições - descritivas das respectivas grandezas (λ , μ , etc), fornece fórmulas de avaliação de desempenho.

Algumas curvas representativas do "comportamento" do maquinário em termos de "saúde" são:

a) Lei de comportamento exponencial

Equivale a λ e μ constantes.

resulta:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.17)$$

$$M(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (2.18)$$

b) Leis de comportamento diferenciado

Consideram particularmente as taxas λ e μ evoluindo segundo modelos matemáticos, desenvolvendo-se então métodos de modelagem matemática, notadamente o de Weibull.

1.5.7 - A gestão de manutenção apoiada por computador

O ambiente de atuação da manutenção se caracteriza, por uma elevada complexidade e quantidade de dados de gestão (e.g. [59]). A operacionalidade do sistema de informações e controle está sujeita, portanto, à qualidade da coleta e tratamento de dados. Resulta daí uma tendência ao emprego de sistemas automatizados de informação, quer pela capacidade de suporte, quer pela confiabilidade ou pela agilidade.

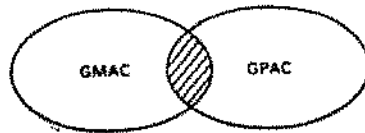
Em consequência a aplicação de recursos computacionais na gestão de manutenção se tornou, para usinas e grandes complexos de serviços, praticamente obrigatória.

Os sistemas computacionais de gestão de manutenção (Computer aided maintenance management - CAMM), fornecem condições de registro e coleta de dados, bem como de arquivamento, tratamento estatístico e emissão de informes e relatórios. Outrossim, se adequam a estabelecer enlace com outros subsistemas (ou "malhas") de controle funcional do equipamento em operação.

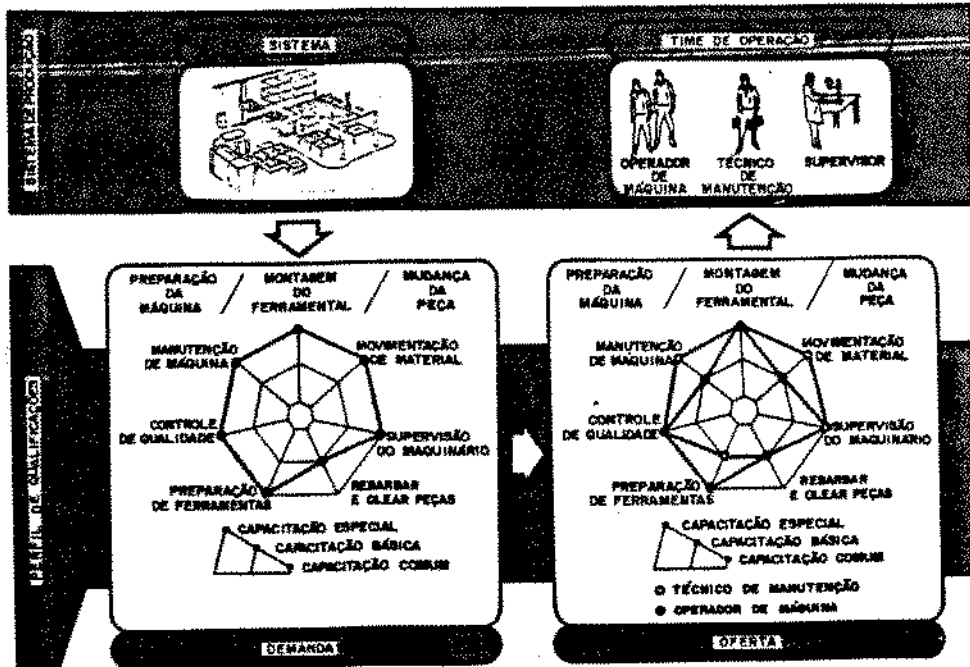
É oportuno lembrar que os equipamentos de produção apresentam, na fase de automatização, intensa aplicação de eletrônica. Sensores, servo-mecanismos e malhas de controle são empregados para supervisionar o processo. Isto abre uma segunda ampla "frente" de aplicação dos sistemas computacionais na manutenção industrial.

A gestão de manutenção por computador agrega estas duas frentes e presta o seu auxílio. Os sistemas computacionais mais recentes, de manutenção, são concebidos com elevada flexibilidade, o que permite a sua integração como subsistemas do sistema computacional central em uma configuração de manufatura integrada através de computador (Computer integrated manufacturing - CIM)

O emprego do mesmo no piso da fábrica se baseia no trabalho integrado de vários setores: operação, qualidade, engenharia, manutenção, formando o "time de operação". A figura 2.12 (a,b) ilustra este conceito e a imbricação que se inicia [60].



- a) A idéia de interpenetração entre os domínios da "gestão de manutenção apoiada por computador" (GMAC) e a "gestão de produção apoiada por computador" (GPAC).

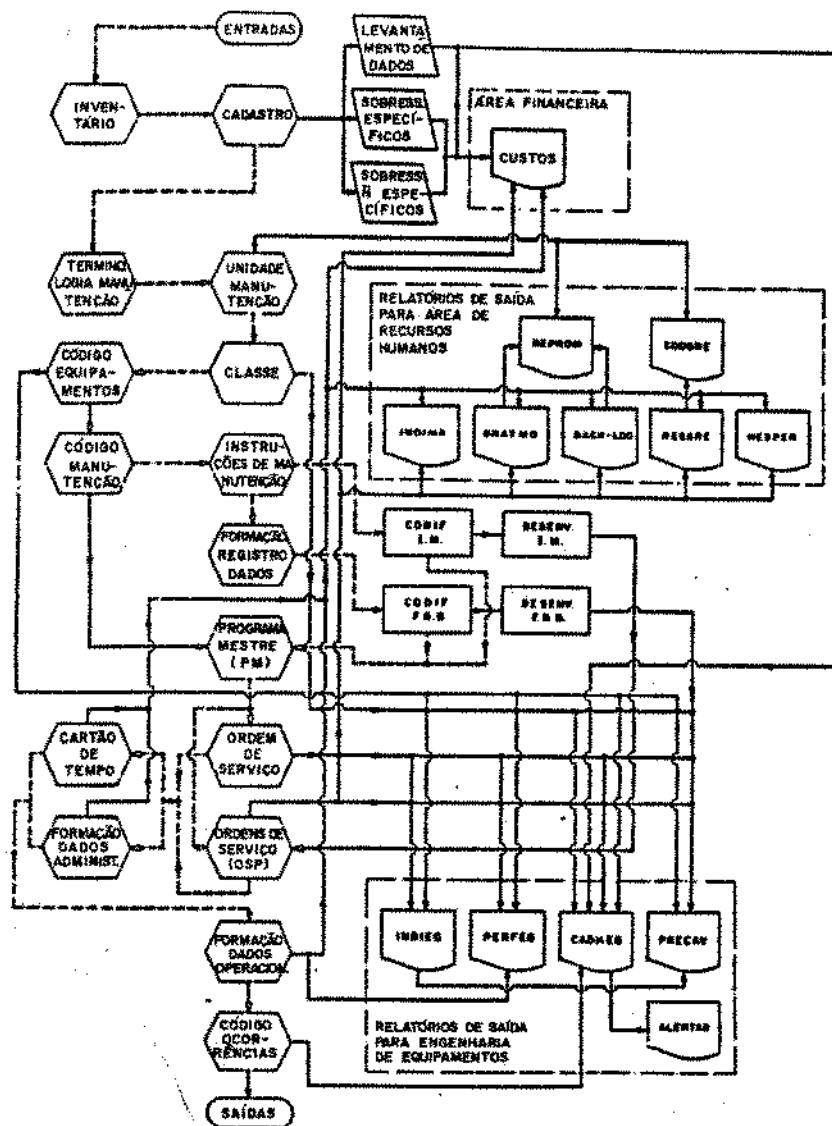


- b) Tarefas e solicitações de trabalho versus nível de capacitação e perfil da força de trabalho no ambiente da manufatura automatizada. A prospecção prevê progressiva integração entre as atividades nas operações de produção e a formação de um time de operação, do qual faz parte o elemento da manutenção.

Fig. 2.12 (a,b) - O entrelaçamento das funções de manutenção e produção, acentuado pelo desenvolvimento tecnológico [60].

Na aplicação dos sistemas computacionais de gestão de manutenção distinguem-se duas opções.

projeto do sistema "sob-medida" para a manutenção de determinada empresa. A figura 2.13 ilustra esta concepção [56]



Nota: Sub-sistemas operacionais (de processamento)

Sub-Sistemas de informação e controle específico.

Fig. 2.13 - Sistema de informação e controle informatizado de gestão de manutenção. Projeto específico para uma usina hidrelétrica [56].

projeto modulado previamente existente, ao qual se adapta o projeto do sistema de manutenção visado. Ilustração desta opção na figura 2.14 [5]

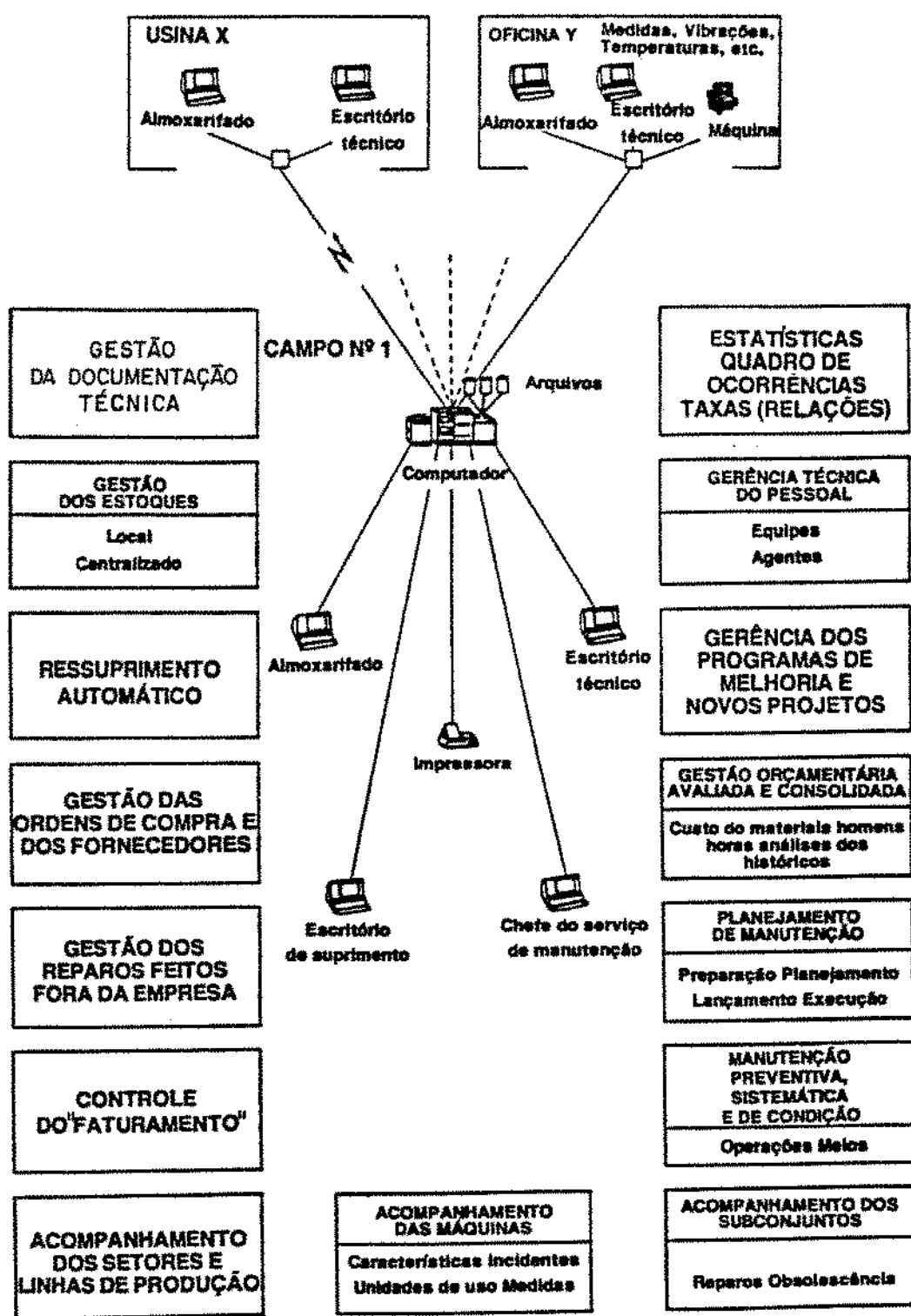


Fig. 2.14 - Sistema de informações e controle informatizado de gestão de manutenção tipo modular, para adaptação à empresa usuária. Funções e interligações principais [5].

1.5.7.1 - Gestão de manutenção apoiada por computador: balanço

Não obstante o amplo reconhecimento das vantagens deste recurso e a expansão do seu emprego, a bibliografia não evidencia a sua integração no sistema de contabilidade global.

Com efeito, desde que a confiabilidade e a manutenibilidade são a chave para o aprimoramento dos meios de gestão de manutenção, a solução através do uso do computador precisa ser auto-sustentável em termos econômico-financeiros e o seu desempenho deve ser equilibrado de tal forma que a equação contábil se estabeleça:

as incorrências de custo de mão de obra e materiais (sobressalentes, estoques) sejam cotejadas contra a disponibilidade (inclusive o efeito das paradas de produção), mais a incidência nos custos de manutenção dos equipamentos (L.C.C., custo global de referência - ver parágrafo 1.5.9 deste Capítulo).

Este equacionamento, segundo a revisão bibliográfica realizada por Bleuel [61] ainda não foi alcançado até a data na maioria das aplicações nas empresas.

1.5.8 - Acompanhamento e controle da execução na manutenção.

O acompanhamento das intervenções se constitui num dos principais problemas de gerenciamento do setor. Principalmente em eventos importantes, como grandes paradas, reformas e restaurações, paradas imprevistas de equipamentos com prejuízo do fluxo produtivo. O acompanhamento da progressão das tarefas, torna-se crítico.

Para este fim, as técnicas de informação precisam ser concebidas de modo a garantir o gerenciamento da intervenção. Técnicas de planejamento tais como, o cronograma, os gráficos de barras e os gráficos de rede são usados, segundo a envergadura e a complexidade do evento. Estes últimos classificam-se como: método do caminho crítico (Critical path method - CPM), método PERT (Program evaluation research technique), método dos diagramas de bloco.

Os gráficos de rede, por sua própria estruturação lógica, são propícios ao tratamento computacional. Isto lhes confere excelente flexibilidade de emprego, agilidade e poder de comunicação (visualização, edição imediata, etc). Dependendo do potencial dos sistemas de processamento de dados, o seu emprego pode ser expandido conforme as conveniências mais amplas de projeto.

Uma experiência de controle por redes

Um produto modulado desenvolvido para uso das redes com ajuda computacional é o CIPREC ("Conversational iterative project evaluation control") desenvolvido originalmente pela IBM italiana. Visando pesquisar a possibilidade de emprego deste tipo de recurso lógico no planejamento e controle de manutenção, a COSIPA, em sua usina, efetuou em 1983/84 uma pesquisa de aplicação, através de um ensaio-piloto, com os serviços em andamento em sua oficina central de manutenção [62]. O escopo da iniciativa era desenvolver um sistema de planejamento, programação e controle dos serviços da oficina central de manutenção (OCM), através de sua integração a recursos computacionais e gerenciamento pelo método de redes.

A experiência mostrou o CIPREC suficientemente poderoso para representar e equacionar a maioria das variáveis de estado do sistema produtivo e que atendia a contento a requisitos funcionais como: dimensionamento e alocação dos recursos, o redimensionamento, a comunicação entre arquivos e agentes, à formulação e reformulação de estratégias e decisões de produção. A principal restrição ao seu emprego, foi o alto empenho dos meios de processamento e o eventual bloqueio do sistema central interligado, devido à carga de processamento computacional gerada periodicamente pela reordenação dos dados, o que impediu o desdobramento da pesquisa.

Com efeito, o projeto exigia um reequacionamento das situações de estado, da ordem de quatro vezes ao dia. A rede principal se distribuía em cerca de 5.000 sub-redes de 6 tarefas em média cada uma. Os computadores em uso, na época, operavam à velocidade de 7 MIPS (Milhões de instruções por segundo) (Geração tipo IBM 3040) o que ainda era insuficiente para atender, a tempo, aos mesmos requisitos.

Outrossim, transpondo o cenário para esta data, o computador tipo IBM 3090 que opera a 17 MIPS, ainda seria insuficiente para compatibilizar o controle via CIPREC (prevêem-se 2 horas de máquina, em média, para reequacionamento da situação)

Os resultados desta experiência sugerem que a quantidade de transações entre elementos finais (das sub-redes) é, em essência, quem inviabiliza o controle integrado, ainda que se empreguem recursos avançados de informática. Daí, a idéia de simplificar a disposição dos elementos finais de controle. De fato, se a arquitetura do sistema controlado for alterada de "funcional" para "celular" (ver adiante, as seções 2.3 e 2.6), a quantidade de sub-redes e tarefas cai substancialmente. Grupos de estações de trabalho podem ser substituídos por "células" com controle autônomo das suas próprias

transações. Esta é uma forte razão para o desenvolvimento da concepção celular no campo da manutenção e das oficinas centrais de manutenção (OCMs).

1.5.9 -- Controle de vida útil e performance econômica de instalações e equipamentos

As instalações e os equipamentos e, particularmente, o maquinário sob solicitação permanente, são controlados no que se refere ao seu "estado de saúde" e o respectivo desempenho econômico.

1.5.9.1 -- Cadastro, dossiê e ficha do histórico

A chave para a instituição de controles efetivos é o registro de dados rotineiro decorrente das ocorrências. Os informes diários, principalmente os relativos às intervenções de manutenção, formam, convenientemente interpretados, fichas do histórico de cada equipamento que associadas aos dossiês técnicos são essenciais à gestão da vida útil e performance econômica.

A figura 2.15 (a,b) [56] ilustra fichas de histórico manejo manual e computadorizado. Os modelos demonstram por si mesmos a maior abrangência e flexibilidade da solução apoiada em computador.

1.5.9.2 Custos médios de manutenção e custo do ciclo de vida

A integração do sistema de informação de manutenção com a contabilidade analítica possibilita o levantamento de dois importantes indicadores da performance econômica dos equipamentos: o "custo médio anual" e o "custo do ciclo de vida" [5] [59].

[illegible]

(a)

CADHER - CADASTRO E HISTÓRICO DOS EQUIPAMENTOS

PERÍODO: 10/10/88 A 10/10/88 IDENTIFICAÇÃO - ASEA 3931350

----- CADASTRO -----

EQUIPAMENTO: EXCITATRIZ PRINCIPAL FABRICANTE: ASEA TIPO/MODELO: LBS 217
CDO. EQUIP: ES.V.B5.EX ENCOMENDA: PO 12983 DATA OPER: 10/10/88 TRANSF: 10/10/88
TENSÃO: 500V CORRENTE: 1.100A VELOCIDADE: 112,5mm POTÊNCIA: 250 kW
RÁDIO COMPLEMENTARES: ISOLAMENTO TIPO B, N° POLOS 16, 48 BREVETES NORMAN 43917061
DESENHOS DE REFERÊNCIA REI 327 E REI 328, CATÁLOGO AS 36ZY-79

----- HISTÓRICO -----

DATA	ATIVIDADE	DURAÇÃO	OCCORRÊNCIA	N° O.S.
10/10/88	INSPEÇÃO	2,20 H		10000/XX
10/10/88	CORRETIVA	15,30 H	CURTO CTCR./FADIGA MAT./SUBST. BORINA	10000/XX
10/10/88	PREVENT.	3,00 H		10000/XX
10/10/88		8,00 H	CENTELHANÇO/TEMPO N. FUM. /SUBST. ESC.	10000/XX

(b)

Fig. 2.15 (a,b) - Ficha de cadastro e histórico de manutenção de um equipamento;
[56]
a - manejo manual
b - apoiado em computador

1.5.9.3 - Custo médio anual (Cma)

é definido analiticamente por:

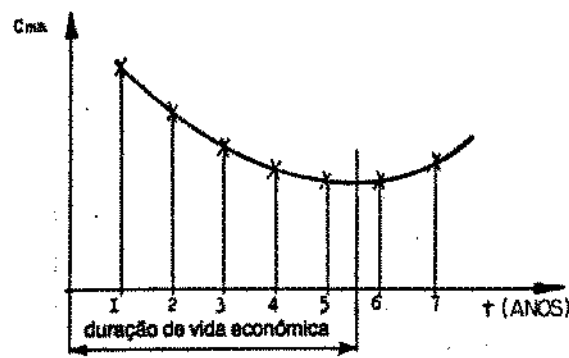
$$Cma = \frac{VA + CD - RV}{n} \quad (2.19)$$

VA - valor da aquisição

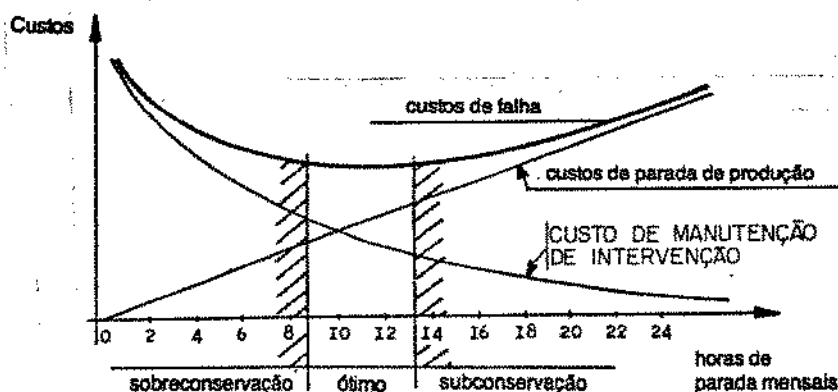
CD - custos de falha acumulados até o ano presente (n)

RV - valor estimado de revenda

A evolução da função Cma para o maquinário conforme a curva típica, figura 2.16 (a,b) [5], fornece um critério técnico-econômico para avaliação da performance do equipamento em um determinado período do ciclo de vida.



a) Curva típica do Cma de um equipamento.



b) Custos de falha (C.D) plotados em relação às horas de parada mensal de um equipamento.

Fig. 2.16 (a,b) - Custo médio anual (Cma) de manutenção de um equipamento. Representação gráfica [5].

1.5.9.4 - Custo do ciclo de vida (Life cycle cost - LCC)

Também denominado "custo global acumulado de referência", é definido analiticamente por:

$$LCC = VA + CU + CD$$

CU = custos acumulados de utilização até o ano presente (n).

Uma representação típica da função LCC, figura 2.17 [5], fornece diversos indicadores úteis para avaliação de performance e decisões de gestão (Ver também figura 2.21 adiante).

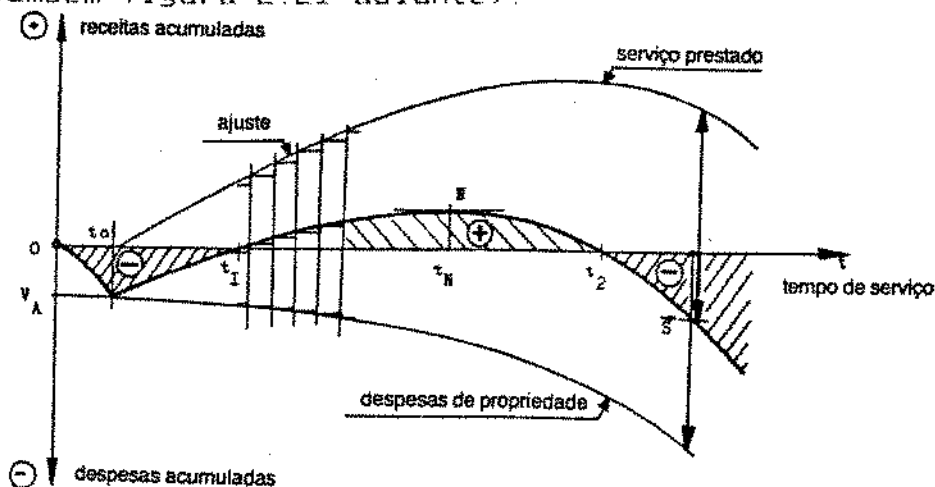


Fig. 2.17 - Custo do ciclo de vida de um equipamento (L.C.C.). Construção gráfica típica [5].

1.6 - Práticas administrativas ou gerenciais na manutenção ("Políticas")

Há problemas de ordem gerencial na manutenção, para os quais, em virtude de se constituírem em quadros mais ou menos repetitivos, já se formulou um consenso quanto ao modo do encaminhamento. Estas situações decisórias ensejam o estabelecimento de práticas administrativas.

A manutenção de usinas e complexos industriais de prestação de serviços apresenta situações características e comuns. Será feita, portanto, uma análise de algumas destas questões.

1.6.1. - Centralização versus descentralização da manutenção

Há dois aspectos importantes a considerar nesta questão: a disposição "geográfica" e a configuração organizacional da manutenção.

A manutenção pode estar centralizada, descentralizada ou formar combinações,, segundo as conveniências de emprego. O esquema abaixo, figura 2.18 [2], evidencia este argumento:

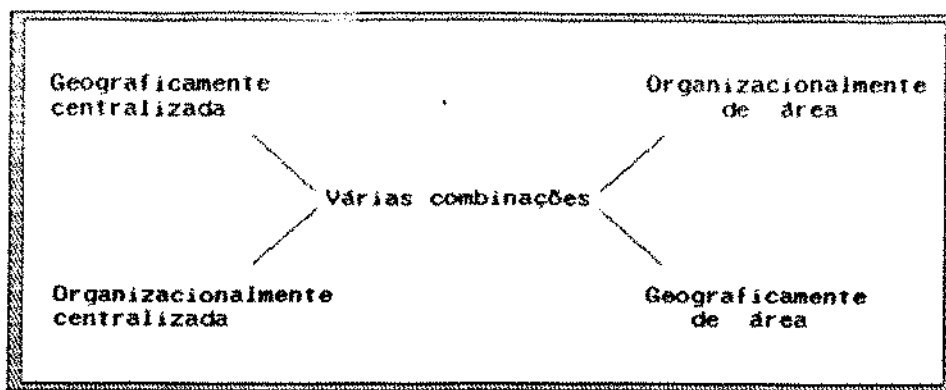


Fig. 2.18: Centralização e descentralização na manutenção [2].

As práticas gerenciais se balizam pela concepção do projeto, considerando fatores práticos decorrentes da experiência existente, como por exemplo:

- em princípio, a manutenção centralizada é a que reúne as melhores condições para otimização no uso de contingentes de mão de obra e dos demais recursos. A intervenção de manutenção no equipamento é sempre marcada por demanda oscilante e incerta, condição que só pode ser otimizada se a estrutura operacional for centralizada.

- a centralização pura é, praticamente, inviável em qualquer organização. Há condições setoriais de atuação que só podem ser equacionadas com autonomia administrativa e descentralização geográfica.

- os recursos técnicos da manutenção, principalmente os de engenharia, devem ser estruturados a partir do conhecimento específico e de área.

1.6.2 - Fazer em casa versus "terceirizar"

As causas básicas de externização de serviços são:

- excesso de serviços solicitados em relação à capacidade de realização pela força de trabalho da manutenção central;
- falta de capacitação tecnológica para realização de serviços cujas especificações requeiram nível de conhecimento e de recursos operacionais não disponíveis em casa

As decisões neste campo, apresentam um certo grau de complexidade, visto o alto volume de informação requerido em cada caso. Todavia, esta não é a principal dificuldade: em geral faltam critérios básicos, que permitam encaminhar cada caso para decisões seguras e otimizadas

Um princípio geral usado como critério, tanto para fazer "em casa" como para encomendar a terceiros, é "fazer aquilo que é do seu ofício, para que saia bom e barato". Entretanto, a aplicação rotineira deste princípio apresenta dificuldades práticas, em função da subjetividade que pode envolver os julgamentos e distorcer as decisões, devido à escassa quantidade de informação. A rigor, nos moldes preconizados para a administração industrial, discutidos neste capítulo, seção 1.4, se espera que a gerência identifique a "vocação" interna da manutenção; identifique os variados perfis dos serviços solicitados pela usina e os diversos perfis compatíveis no mercado de fornecedores e tome providências para estabelecer a continuidade das atividades, nos moldes das diretrizes pré-estabelecidas.

Esta questão pode ser equacionada através da tecnologia de grupo (T.G.). Conforme será exposto adiante na seção 2.3, o método objeto desta dissertação, oferece meios para o estabelecimento de uma estrutura organizacional, sobre a qual se podem instituir práticas gerenciais lúcidas a respeito de fazer "em casa" ou "fazer fora".

1.6.3 - Estoque de materiais de manutenção - reaprovisionamento

Os estoques de materiais de manutenção, sobretudo sobressalentes e componentes, costumam ser considerados como de gestão pelo "princípio de estoque mínimo". Isto, entretanto é apenas uma facilidade de expressão. Num sistema de materiais de manutenção é necessário reconhecer que os componentes admitem recuperação e os respectivos conjuntos estão igualmente sujeitos a ser reconicionados. Portanto, de princípio, as condições de reaprovisionamento a serem consideradas são bem mais ricas e complexas, que as meras aplicações de gestão por estoque-mínimo.

Vale observar que, em manufatura, o princípio de controle de estoque mínimo foi revisto e praticamente, só excepcionalmente é aplicado nos sistemas modernos de manufatura [14] porque este princípio não permite otimizar os estoques quando se os considera combinados com a fabricação. Assim, se considerarmos, por facilidade, os custos totais de materiais de uma empresa genérica como compostos de três parcelas:

- . custos de processo de compra ("antes do pedido"),
- . custo de fabricação dos itens de materiais ("custo de compra" ou "com o pedido"),
- . custos do sistema de materiais ("custos de estoque"),
- . teremos uma representação esquemática de tendência do custo total de materiais conforme o gráfico da figura 2.19 [63]

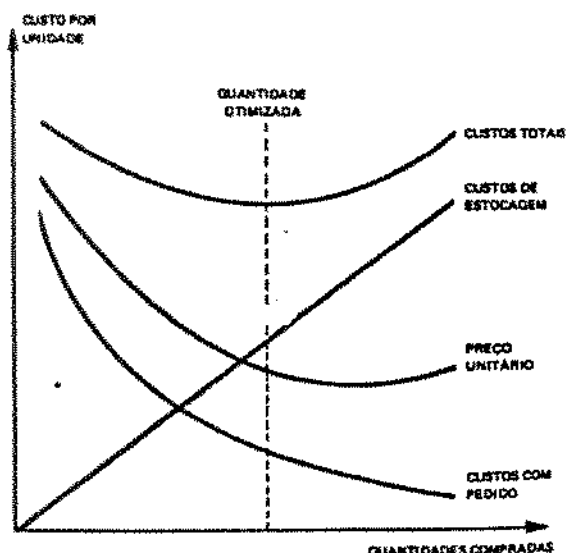


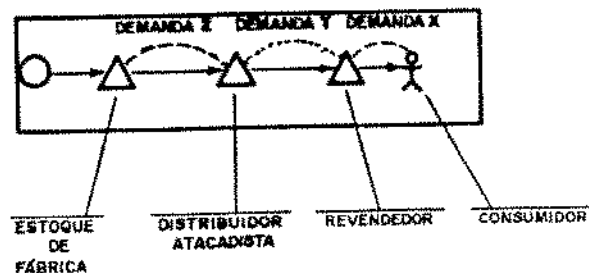
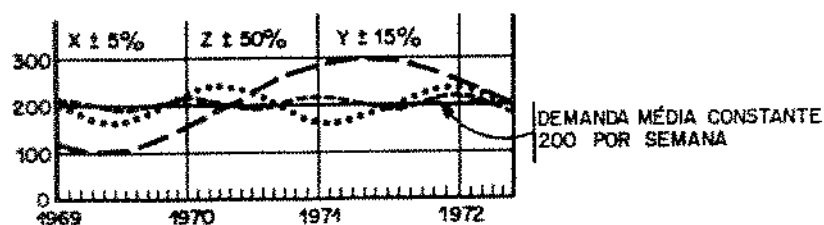
Fig. 2.19

Interrelacionamento entre custos de estocagem e custos de reaprovisionamento. [63].

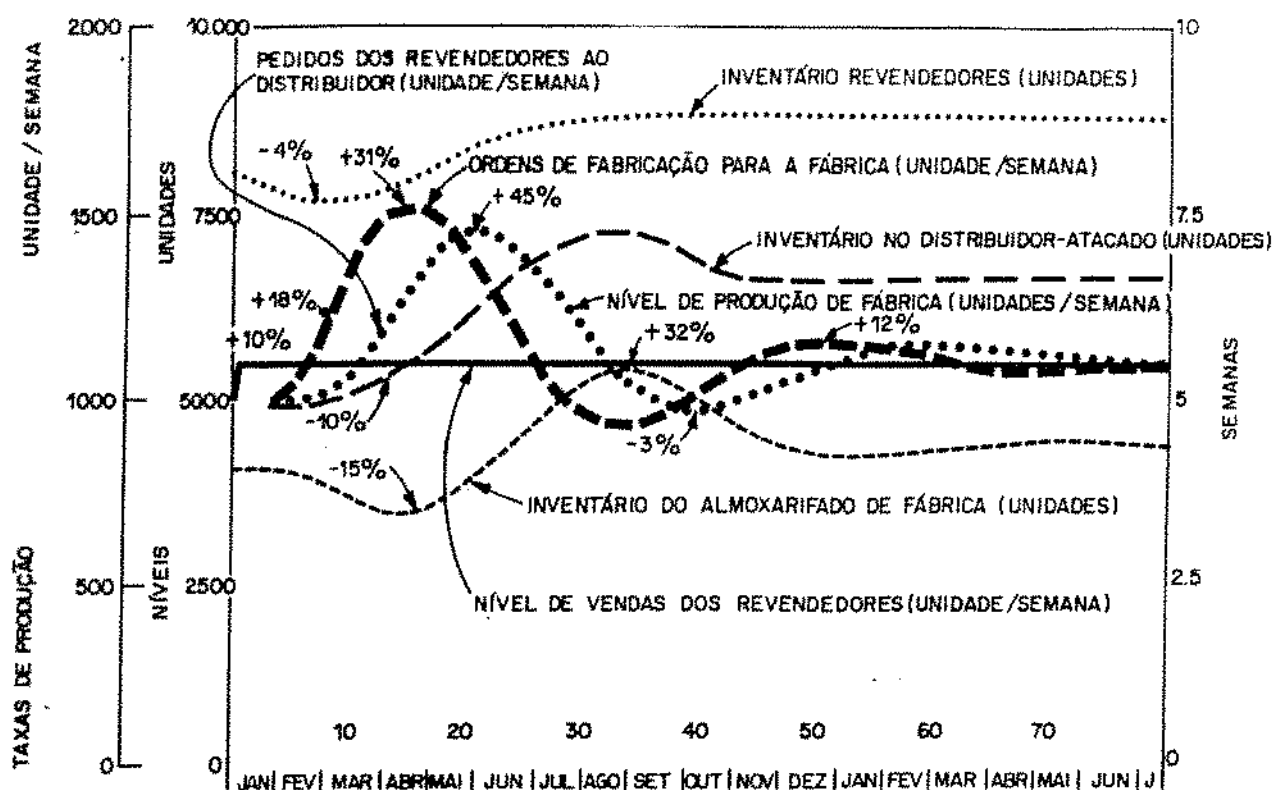
Aí a parcela maior é a referente aos custos de estoques e aquela que requer o maior esforço de gestão. Por analogia, isto vale identicamente para o sistema de materiais de manutenção, acrescentando-se um fato fundamental: a recuperação praticada nas OCMs pode, se feita a custos compatíveis, causar impacto direto sobre as diversas parcelas dos custos de materiais, ou seja, rebaixar as respectivas curvas do gráfico ilustrativo apresentado.

Ademais, conceituando o sistema de manutenção de modo similar a um sistema de produção, a prática de, meramente reaprovisionar e substituir os componentes com defeito, ao invés de recuperá-los, perturba todas as atividades ligadas direta ou indiretamente a materiais - ou insumos, de modo geral.

Neste particular, pode-se recorrer à experiência da manufatura, onde os resultados são reconhecidamente importantes e efetivos. Estudos e simulações efetuados em sistemas de manufatura [64], indicam que aumentos percentuais modestos na demanda, implicam em aumentos pronunciados de estoques, no decorrer da produção e distribuição, bem como em um efeito magnificador nas perturbações e nas atividades de reestabilização do equilíbrio operacional do mesmo, como representa esquematicamente a figura 2.20 (a,b) [14] [15].



- a) Repercussão nas atividades de um sistema de produção/distribuição quando solicitado por um aumento de demanda de 10% ao nível dos revendedores.



b) Efeito magnificador de demanda em um sistema similar ao acima, agravado pelo emprego do princípio do "controle de estoques".

Fig. 2.20 (a,b) - Ilustração do impacto provocado pelas oscilações de demanda nas atividades de produção/distribuição em um sistema de produção [14] e [15].

Analogamente aos exemplos apresentados, um sistema de manutenção operando com sobressalentes e reaprovisionamento por "controle de estoques" pode sofrer repercussões idênticas em seus vários níveis de estocagem e demais atividades intrínsecas e extrínsecas.

Em conseqüência, uma gestão racional de estoques de manutenção, requer práticas gerenciais e levando em conta sobretudo, [14, Cap. V] [16] [65] [66]:

- 1 - Rol dos sobressalentes críticos de manutenção e a correspondente classificação (critério de Pareto)
- 2 - Rol dos fornecedores destes sobressalentes críticos
- 3 - Cadastro das quantidades de conjuntos existentes em casa para cada sobressalente importante
- 4 - Dossiês relativos aos sobressalentes críticos, constando de especificações básicas de compra, tempo de rota, material bruto, condições particulares de entrega, etc.
- 5 - Formação de cadastro de grupos de fornecedores (estratificação do mercado; fornecedor nacional e/ou de importação).

A partir deste nível de domínio e informação sobre os materiais de manutenção, torna-se possível empregar as técnicas de reaprovisionamento de sobressalentes, sem incorrer em equívocos aos quais o princípio do estoque mínimo pode induzir.

A análise destes elementos básicos de gestão de estoques, acima relacionados, mostra que o setor de administração de materiais, dentro de sua característica de órgão-meio, tem muito a receber em informação técnica e resultados operacionais de outros órgãos de manutenção e da empresa, antes de poder estruturar práticas de otimização de gestão. Em suma, a obtenção de resultados neste campo por ação direta deste ou neste setor não é uma estratégia fundamentada; é preciso, ao contrário, otimizar as funções dos demais órgãos e depois então estruturar a gestão, de modo a implementar suas práticas administrativas.

1.6.4 - Aquisição de novas instalações e equipamentos - participação da manutenção

Obras de grande envergadura empreendidas nas grandes unidades industriais, compreendendo principalmente expansão ou revisão e ampliação ("Revamp") de equipamentos ou áreas de processo, costumam ser confiadas a setores de Engenharia de novos projetos, geralmente situados em departamentos distantes da Manutenção Central.

Estes empreendimentos, em virtude do alto empenho de investimentos envolvido e pelos resultados visados em termos de produção, precisam ser seguros, quer sob o ponto de vista do avanço tecnológico (processos aperfeiçoados, inovação, etc), quer como confiabilidade global do empreendimento. Assim, costuma-se formar comitês de apoio compostos por representantes do setor de construções, do usuário (setor de produção), manutenção e, eventualmente, outros: segurança, controle ambiental, etc. [2] [5] [67].

A contribuição do engenheiro de manutenção, quer na fase de estudo como na de implantação, pode ser de grande valia. De fato, as opiniões da manutenção sobre os novos projetos em andamento, não são só fundamentadas na experiência geral ou específica, mas principalmente, no conhecimento de dossiês e histórico dos equipamentos em uso, que geralmente são idênticos ou similares aos que serão adquiridos.

Há vários aspectos particulares que identificam as contribuições do pessoal de manutenção nesta prática:

Padronização: A compra de novos equipamentos ou as modificações, podem não apresentar uniformidade de conceito e

aplicação relativamente aos recursos já existentes. A contribuição do engenheiro de manutenção se realiza na medida que facilita a aplicação da normalização ou especifica requisitos que garantem condições de funcionamento e manutenção com padronização. Assim, evitam-se projetos de baixa confiabilidade, reduzem-se gastos de adaptação e, mesmo, eliminam-se problemas remanescentes no equipamento atual, pela adoção de soluções abrangentes.

. Peças de reposição:- o trabalho conjunto do engenheiro de manutenção com o pessoal de novos projetos conduz a especificações mais consistentes e de menor gasto no que refere às peças de reserva. O trabalho conjunto traz o apoio técnico dos fornecedores às previsões de manutenção, o que facilita os trabalhos preparatórios.

. Adestramento:- a preparação das equipes de manutenção é facilitada com a sua participação nos trabalhos de novos projetos. As equipes de manutenção são geralmente de pequena monta, relativamente às equipes de produção, de modo que o seu encaixe no plano global de adestramento para partida e operação resulta de fácil realização.

. Outros aspectos:- a participação da manutenção nestes trabalhos pode promover vantagens eventuais, como: resolução coordenada de problemas relacionados com garantia de desempenho inicial e problemas com seguros. Um reflexo de maior importância diz respeito à parte comportamental. A participação em novos projetos é um estímulo ao auto-desenvolvimento. Outrossim, é difícil sustentar a moral da equipe, se os novos projetos trouxerem para operação equipamentos novos porem, com as mesmas antigas deficiências que já eram do "conhecimento público na manutenção..."[5].

1.6.5. Obsolescência

A atividade específica de recondicionamento de instalações e principalmente, equipamentos, subentende a sua provável obsolescência, em razão de deficiência funcional ou, de modo mais amplo, por razões técnico-econômicas.

A ordenação dos critérios de avaliação para decisões no que refere à "saúde" dos equipamentos ou de suas partes-, é objeto de práticas gerenciais. Com efeito, pela repercussão que provocam no desempenho e nos custos de manutenção, as decisões devem ser respaldadas por critérios objetivos e consistentes. É importante, também, o impacto que estas práticas ocasionam na definição das situações de estado de materiais como um todo ou, particularmente, nas oficinas que fazem as respectivas recuperações e, também, eventualmente, definem o sucatamento das peças e conjuntos

1.6.5.1. Análise dos critérios de avaliação

A raiz destes critérios está na confiabilidade do desempenho do equipamento ou suas partes: conjuntos, sub-conjuntos e componentes. Desta propriedade e da manutenibilidade, resulta a disponibilidade, grandeza relacionada com a auto-sustentação econômica do equipamento produtivo em relação aos custos de manutenção [20] [32].

Os equipamentos, ou suas partes, podem ser entendidos como órgãos mecânicos compostos de peças (componentes). Ao entrar em funcionamento inicia-se o processo de envelhecimento. Tensões e deformações estruturais, por um lado, e desgaste superficial por outro, passam a agir e a se combinar. Componentes com defeitos transmitem os efeitos a outros, aos quais estão organicamente relacionados. O resultado geral é de acumulação dos efeitos negativos, lei natural de envelhecimento, que segue em geral uma evolução do tipo exponencial [32].

Entretanto, a "partida" de funcionamento de um mecanismo, é acompanhada de uma fenomenologia característica dos processos artificiais (de manufatura), distinta do caso acima citado. Trata-se dos defeitos de fabricação que podem acompanhar um determinado mecanismo recém-produzido. A observação científica indica um período inicial na vida funcional dos órgãos mecânicos, na qual há incidência provável de um tipo particular de falha: as falhas por defeito de fabricação - falhas "de juventude" (e não por envelhecimento do mecanismo) [32].

Assim, a curva típica do "comportamento de saúde" de um equipamento, conjunto, sub-conjunto ou peça solta é a da figura 2.2. ([5] e [32]) que relaciona a taxa de falhas com o tempo de funcionamento. Na análise da obsolescência do equipamento, prevalecem as considerações acima. Assim, se construirmos gráficos de controle do comportamento dos equipamentos individualmente, teremos a combinação curvas de custo crescentes no tempo - decorrência da lei de envelhecimento -, e curvas de benefício, geralmente lineares no tempo. Desta forma, é possível construir uma base racional para análise da obsolescência.

Dai, a partir dos dados elaborados (ver parágr. 1.5.9. anterior) pode ser construído um modelo simples decisional, através de gráfico cartesiano. Com efeito, o gráfico de "custos acumulados globais de referência" (Life cost cycle - LCC), figura 2.21 [5], permite reconhecer as seguintes informações de gestão:

- período de emprego rentável do equipamento - trecho (t_2 , t_4) do eixo de abscissas,

- data prevista de amortização do investimento inicial de aquisição do equipamento, - ponto t_2 do gráfico;
- data ótima prevista de substituição do equipamento ponto t_4 do gráfico;
- data ótima prevista de ganho (ganho máximo) do equipamento, - ponto t_3 do gráfico.
- data prevista de passagem a desempenho deficitário do equipamento, - trecho $t > t_4$ do gráfico.

O acompanhamento destas informações de gestão, pode ser feito através de outro gráfico, o dos custos anuais de manutenção (C_m). Este gráfico, construído com dados de apuração periódica de desempenho pela manutenção e contabilidade analítica, fornece indicações equivalentes ao controle do LCC, pois refere-se aos mesmos fatos e variáveis funcionais (conforme detalhado no parágr. 1.5.9 anterior, em 1.5.9.3 e 1.5.9.4)

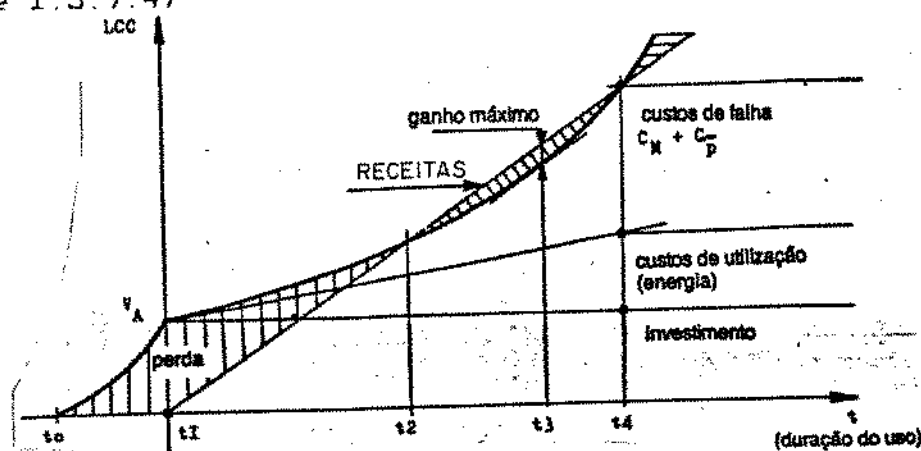


Fig. 2.21 - Custo do ciclo de vida de um equipamento e os dados de análise [5].

1.6.6. Substituição de equipamentos

A constatação da inviabilidade técnico-econômica do uso de um equipamento, conjunto, subconjunto ou peça solta, através, por exemplo, do método discutido no parágrafo anterior, conduz em geral a uma decisão sobre a obsolescência dos mesmos. As opções são:

- . Recondicionamento parcial ou total;
- . Restauração (renovação) com ou sem modernização;
- . Substituição por outro de igual desempenho ou por outro de maiores recursos

1.6.6.1. Recondicionamento

O recondicionamento costuma ser analisado confrontando o valor acumulado de custos individuais de manutenção (Cma) de um item com o valor de compra de um novo. A isto se acrescenta um critério puramente técnico: o da condição mecânica do item.

O domínio do desempenho operacional do equipamento, deve permitir a avaliação do seu estado em termos de resistência mecânica. Além da avaliação dimensional, técnicas do tipo ultrassom, raio X, ferrografia e, quando possível, a análise metalográfica de amostras, fornecerão os critérios para a decisão. É preciso considerar, também, que:

- A falha de um componente, se recuperada, restaura o conjunto a um nível de desempenho funcional compatível entre partes e conjunto. Um conjunto já envelhecido não se renova se forem trocadas algumas de suas peças. É mais coerente conservar as suas partes em um nível de desempenho equivalente através do uso adequado do controle de vida do conjunto, como o LCC (Custo global acumulado de referência), ficha de histórico, etc.
- O custo de sobressalentes de conjuntos, dependendo do porte e do desenho, pode ser elevado. A recuperação rigorosa de seus componentes pode representar uma importante redução de custos de manutenção [68] [69] [70].
- O sucatamento e conseqüente reaprovisionamento de conjuntos depende de processos de compra, em geral complexos:
 - . de projeto (às vezes não vem descrito por desenho e especificações);
 - . de garantia da qualidade de desempenho dos conjuntos comprados (Eles serão em geral instalados em equipamentos em operação, com risco de comprometimento do nível de produção);
 - . de longos tempos de tramitação, quer pelo próprio processo de compra interno da empresa como, às vezes, no fornecedor, pois pode implicar no projeto e construção de ferramental em processos do tipo fundição, forjaria, etc.;
 - . o sucatamento representa um "preço" adicional, às vezes elevado, que é o da perda de alguns componentes do conjunto que não estão ainda funcionalmente comprometidos.

1.6.6.2 Restauração

A restauração (ou renovação), se distingue do recondicionamento, unicamente por uma questão de gradação. A restauração subentende a

parada de funcionamento e o afastamento do equipamento. Via de regra a restauração compreende ainda a incorporação ao equipamento de melhoria operacional e modernização.

Em termos técnicos, a restauração geralmente considera a mais do que o recondicionamento, a reconstituição do embasamento e partes fixas do equipamento, que garantem sua sustentação estrutural e precisão geométrica. Os circuitos auxiliares de funcionamento, comando e controle, podem ser também reconstruídos ou substituídos.

A restauração implica em um aumento acentuado de valor patrimonial em relação ao recondicionamento.

A figura 2.22 [5] ilustra as conotações entre recondicionamento, restauração e substituição.

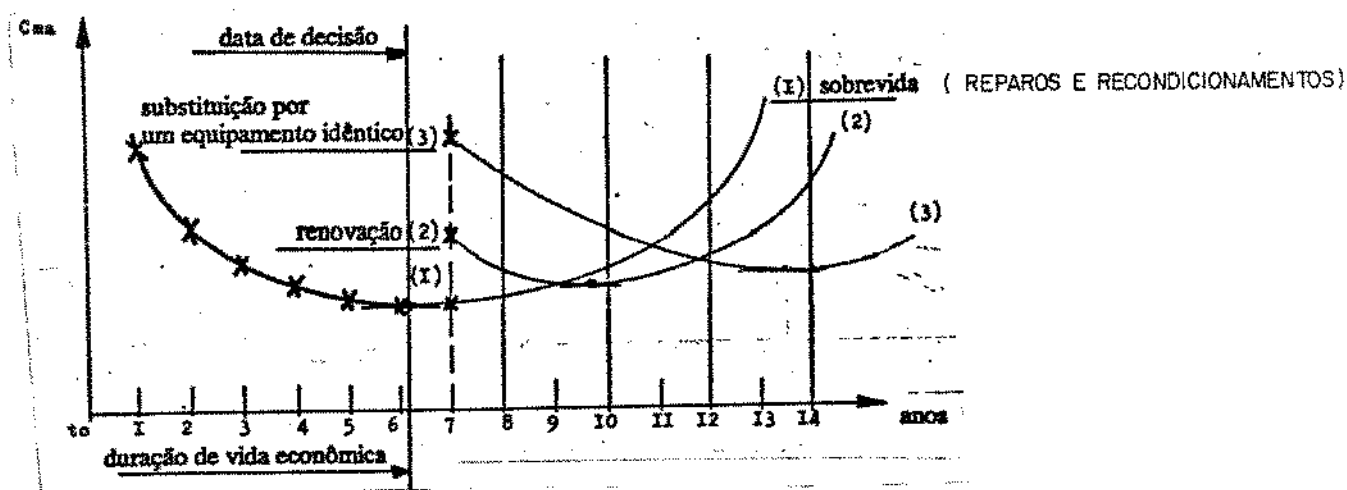


Fig. 2.22 - Envelhecimento de um equipamento e alternativas de decisão em relação à sua produtividade [5].

1.6.6.3. Substituição

A substituição de equipamentos costuma ser equacionada através de um relatório final contendo considerações de ordem: de mercado, econômico-financeira, técnica, qualidade, desenvolvimento, etc. A parte que diz respeito aos dados financeiros - preços, custos, juros, retorno, etc., - ocorre segundo três critérios tradicionais de cálculo determinístico, um método de estudo e equacionamento de substituição, (o método MAPI (Machinery and Products Institute)) [71], destacando-se ainda um quinto critério, que parte de uma abordagem probabilística e considera o nível de desempenho do equipamento como elemento básico de referência [5]. Em termos de gestão global de manutenção, a substituição de um equipamento produtivo não se limita, em modo geral ao enfoque da obsolescência. Um equipamento com concepção de projeto mais avançada pode se constituir em um desafio tecnológico, porém pode resultar em melhoria do perfil de rentabilidade da empresa [72]

1.6.6.3.1. Métodos determinísticos de cálculo:

I - Método do custo anual

Partindo de duas possibilidades - uma relativa ao equipamento antigo (a substituir) e outra relativa ao equipamento novo, (substituto), - estabelece os valores relativos a gastos e ganhos ano a ano, durante o período previsto de operação e estabelece a comparação entre as duas opções em termos financeiros.

II - Método do valor atual (ou do valor presente)

Analisa as duas possibilidades de modo análogo ao método anterior, porém resume os resultados exprimindo-os todos no valor atual, oferecendo assim melhor condição de síntese na avaliação.

III- Método da taxa de retorno

Analisa as duas possibilidades (equipamento antigo versus equipamento novo) como duas séries de valores e estabelece o cotejo entre as duas, através da determinação da taxa de retorno que a decisão de substituição oferece. Propicia, portanto, uma condução de avaliação essencialmente empresarial.

IV- Método MAPI

A substituição do equipamento é equacionada através de uma ampla abordagem que trata com detalhe e garante consistência aos estudos e decisões. Todos os fatores são levantados e considerados na análise, todos os conceitos relativos são definidos e englobados no método.

Em resumo, o método condensa as variáveis influenciando na avaliação dos equipamentos antigo e novo, em dois conceitos: custo de capital anual do equipamento, e custo de "inferioridade operacional" do equipamento. Estes representam em essência, os custos de operação (investimento, produção, etc) e as margens de valor referentes à variação de desempenho devida a "envelhecimento" e perda de competitividade. A figura 2.23 [71] ilustra o enfoque do método.

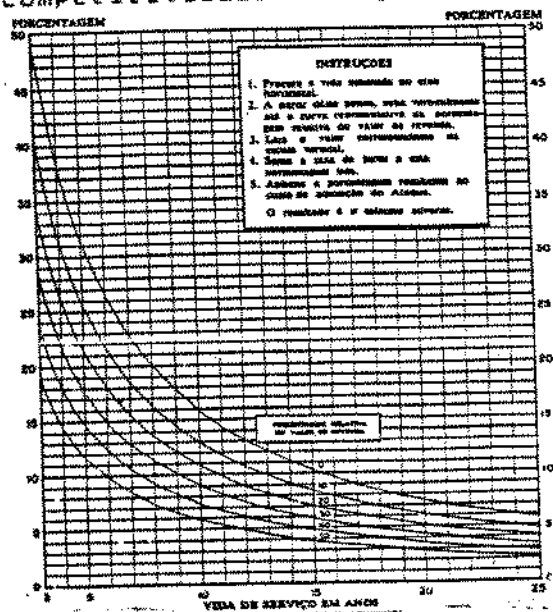


Fig. 2.23

Diagrama de cálculo do valor mínimo possível de conseguir ("mínimo adverso") para o equipamento substituto ("ataque") na análise econômica pelo método MAPI [71].

1.6.6.3.2. Método de determinação da idade de substituição de um equipamento através dos resultados finais de lucratividade.

Este método considera o equipamento como sistema representado por equações de estado e, aplicando metodologia de Pesquisa Operacional obtém otimização em relação a custos versus idade, oferecendo portanto uma condição de análise e avaliação global da substituição. A figura 2.24 [5] ilustra este método.

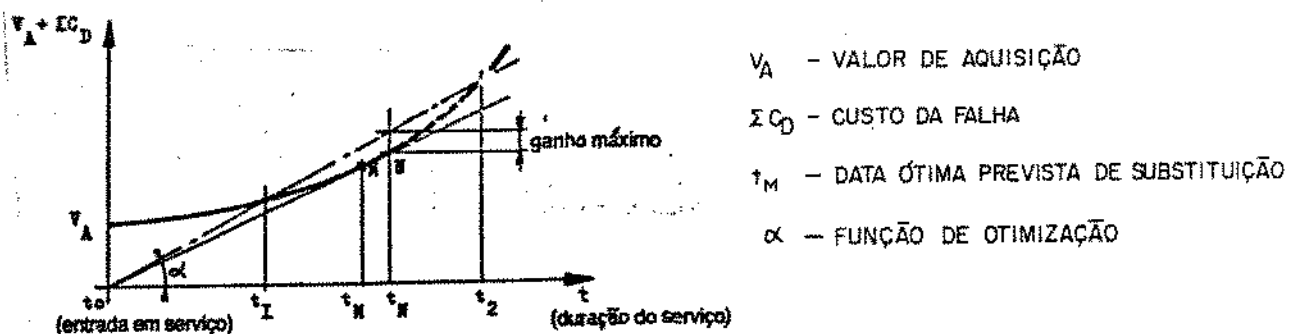
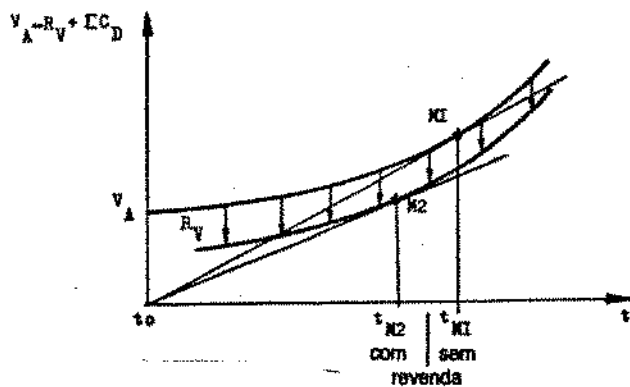


Fig. 2.24 - Representação gráfica da determinação analítica de data ótima de substituição de um equipamento pelo método de F. Bouchy.[5].

A otimização é equacionada em cima da expressão do custo global acumulado de referência (LCC), cuja evolução exprime, ademais, os aspectos de confiabilidade e manutenibilidade do equipamento.

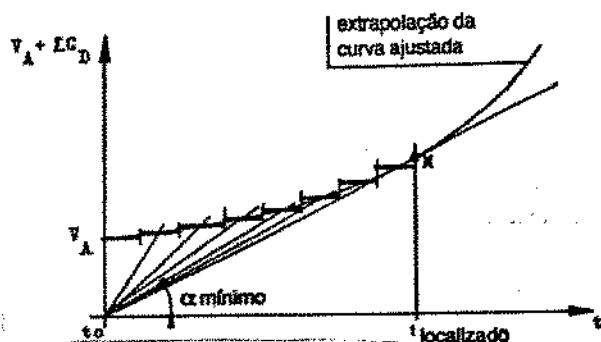
A partir daí, este algoritmo dá condição de equacionamento de alternativas a saber:

- I - Substituição de um equipamento por outro idêntico. Ver figura 2.25a [5].
- II - Substituição de um equipamento com valor residual, por outro equipamento idêntico. Ver figura 2.25b.
- III - Substituição de um equipamento por outro não idêntico com características funcionais mais evoluídas e produtivas. Ver figura 2.25c.



R_V - VALOR DE REVENDA

- a) Substituição de um equipamento por outro idêntico, considerando valor de revenda.



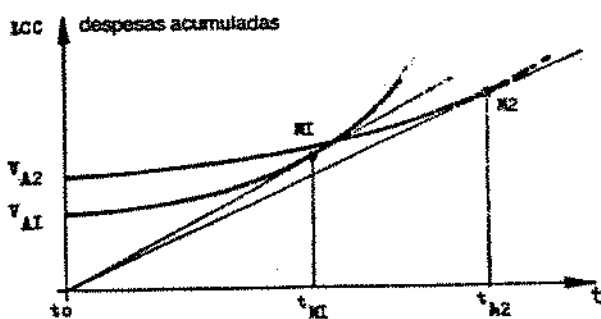
V_A - VALOR DE AQUISIÇÃO

ΣC_D - CUSTO DE FALHA

t_M - DATA ÓTIMA PREVISTA DE SUBSTITUIÇÃO

α - FUNÇÃO DE OTIMIZAÇÃO

- b) Substituição de um equipamento por outro idêntico.



A_I - EQUIPAMENTO DE MELHOR DESEMPENHO GLOBAL (CONCEITO TEROTECNOLÓGICO)

- c) Substituição de um equipamento por outro de características funcionais distintas.

Fig. 2.25 (a,b,c) - Substituição de equipamentos. Alternativas de decisão através do conceito terotecnológico [5].

2. MANUFATURA

2.1. Sistemas produtivos

A manufatura pode ser entendida, sob o ponto de vista da Engenharia, como o conjunto dos conhecimentos que permitem ao homem elaborar transformações em materiais e, assim, produzir bens que satisfaçam às suas necessidades.

Com o importante aumento de demanda de bens manufaturados, que se registrou em todos os mercados mundiais, no século XVIII, foram desenvolvidos os sistemas produtivos, visando dar resposta e meios à indústria, no atender a níveis crescentes de produção [3] [73].

Três sistemas produtivos são hoje considerados clássicos em manufatura [24]: os sistemas de produção em fluxo contínuo (ou "industriais" de processo"), os sistemas de produção "em linha" e os sistemas de produção baseados em "arranjo físico funcional".

Os sistemas baseados em fluxo de processo são tidos como os mais vantajosos, em termos globais. Eles se fundamentam no uso de recursos físicos otimizados - processo contínuo, equipamentos de operação ininterrupta; mão de obra empenhada em tarefas menos fatigantes e mais seguras e desempenho econômico global do sistema geralmente satisfatório, com altos índices de produto por homem/hora. Estes sistemas produtivos permanecem em expansão, com permanente aporte de inovação e desenvolvimento tecnológico que as beneficiam com maciça aplicação de capital. É o caso típico das indústrias química e petroquímica, da siderurgia e metalurgia, do papel, do cimento, etc.

Os sistemas produtivos operando "em linha", continuam apresentando importante desempenho em termos de taxas de produção e desempenho econômico. Entretanto, não obstante terem evoluído substancialmente no que refere às condições humanas e sociais, apresentam ainda perturbações com indícios inquestionáveis de um necessário reequacionamento. De resto, apresentam boa base conceitual, com alto grau de mecanização e automatização e atrativo desempenho econômico. Sua aplicação clássica se refere às "linhas de usinagem" ou "de montagem", em produção seriada de bens de consumo duráveis ou de capital.

Os sistemas produtivos baseados em arranjo físico funcional, outrossim, não têm condições de auto-sustentação, quer no ponto de vista tecnológico (evolução dos recursos de produção) quer no ponto de vista humano, quer no ponto de vista econômico.

Se por um lado, o arranjo funcional permite uma desejável versatilidade ao sistema produtivo, ao garantir a fabricação de uma

grande variedade de peças, por outro lado traz em sua concepção, falhas e restrições profundas. Assim, por exemplo, os roteiros descritos pelas peças são desordenados e extensos; ver figura 2.26 [74]; as tarefas são muito seccionadas e sem sentido abrangente, os ciclos de fabricação das peças tornam-se muito longos. Em consequência é muito difícil programar a fabricação de modo otimizado, acumulando-se o efeito negativo do uso inevitável do princípio do "estoque mínimo" (que está mais detalhadamente comentado adiante, no parágrafo 1.3.4 deste capítulo) e gerando um excessivo "inventário de peças em processo". Outras consequências são, no campo tecnológico, a extrema dificuldade de introdução de inovação nos processos e maquinário e, no campo social, a insatisfação do pessoal do "piso da fábrica" face à falta de abrangência das tarefas, à ausência de participação na resolução de problemas ou nas decisões, à falta de autonomia relacionada à verticalização em que o sistema se apoia [75].

Em resumo, sumariamente consideradas algumas características deste sistema produtivo, fica evidente a não otimização do emprego de recursos. Em termos de competição em mercado atual de livre concorrência, ele não é, portanto auto-sustentável [14] [23] [24].

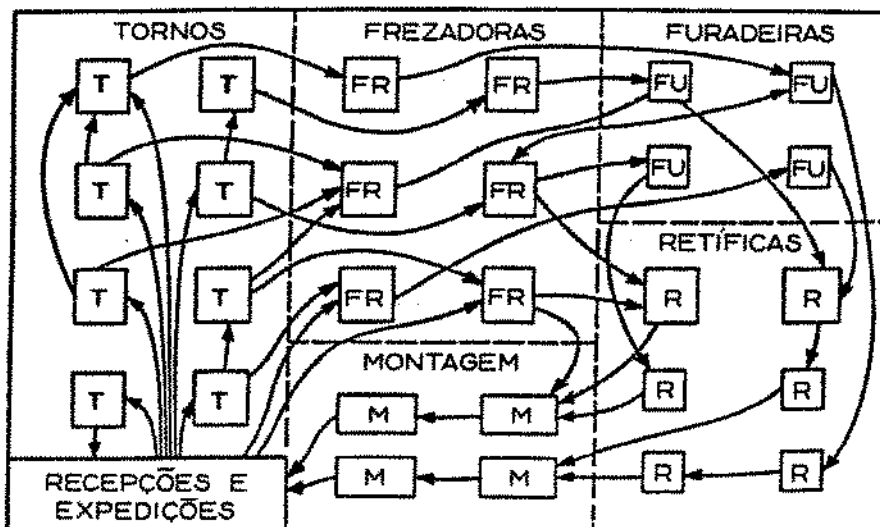


Fig. 2.26 - O fluxo desordenado no arranjo físico funcional [74].

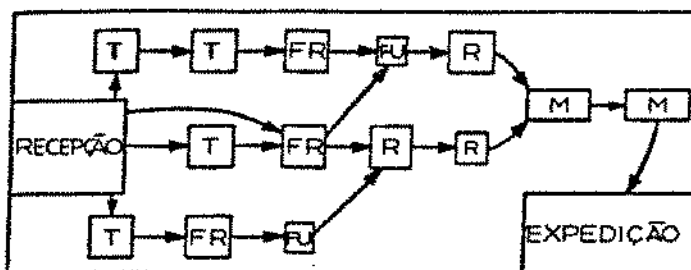


Fig. 2.27 - O fluxo regular no sistema celular [74].

2.1.1. Sistema celular de produção

Uma alternativa desenvolvida em manufatura para aprimorar o sistema baseado em arranjo físico funcional, é a do sistema baseado em células de fabricação.

O sistema celular, reformulou o conceito funcional e incorporou importantes atributos tecnológicos e sociais, estruturando bases sólidas para a auto-sustentação econômica dos sistemas de produção.

A concepção de sistema produtivo baseado em grupos de recursos produtivos integrados (células) gera ciclos totais de fabricação curtos (em comparação com os ciclos longos do sistema funcional) e com roteiros de processo ordenados (ver figura 2.27 [74]), com abertura para emprego de programação através do princípio de "controle de fluxo". Esta combinação otimiza recursos produtivos e estoques; encadeia as operações de fabricação de modo mais coerente e com maior sentido de completamento; oferece condições básicas para estimulação ao pessoal do piso, com participação nas decisões e maior autonomia. As células são uma excelente base para o assentamento do desenvolvimento tecnológico, particularmente a automatização.

2.2. Semelhança e evolução tecnológica: - Uma análise crítica.

A teoria da semelhança e as técnicas subjacentes de agrupamento têm desempenhado um papel decisivo na formação das idéias e da concepção, ao longo da evolução tecnológica.

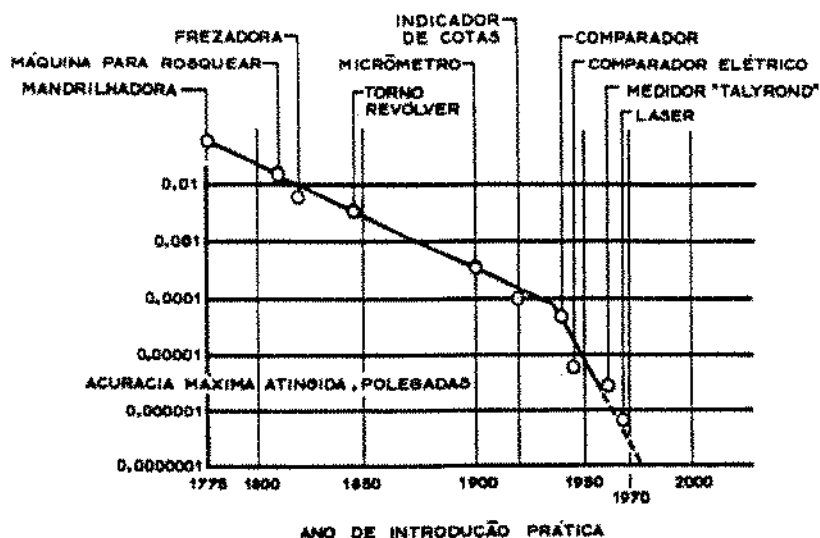
É oportuno portanto, uma análise crítica para fazer um reconhecimento de sua contribuição e a sua validade na construção e desenvolvimento de modelos para os sistemas de produção.

Com efeito, em um período histórico relativamente curto - a partir da segunda metade do século XVIII no mundo ocidental, com a chamada revolução industrial - houve uma notável arregimentação de recursos físicos e de informação que promoveu as profundas transformações da era industrial. [76].

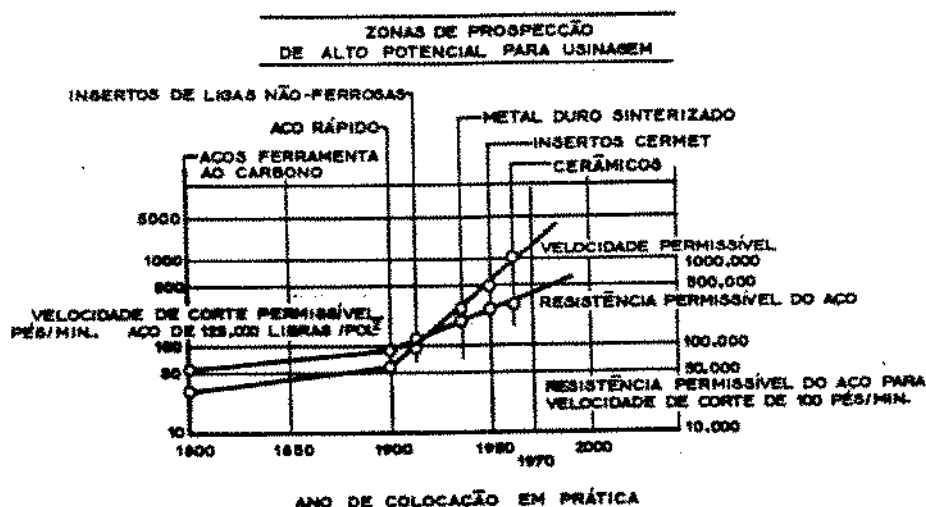
Uma análise crítica sobre esta questão pode se fundamentar na interpretação do fato gerador deste "processo" e da sua evolução como símbolo das necessidades de consumo humanas. O fato gerador: - produção de bens por transformação dos materiais.

A gama de necessidades a satisfazer através da produção de bens industriais era, ao início do "processo", incompatível com os recursos de produção disponíveis. Recursos de produção para obtenção de formas e materiais, ao início da revolução industrial (Ver figura 2.28[77]), eram relativamente pobres: poucos materiais eram desenvolvidos para

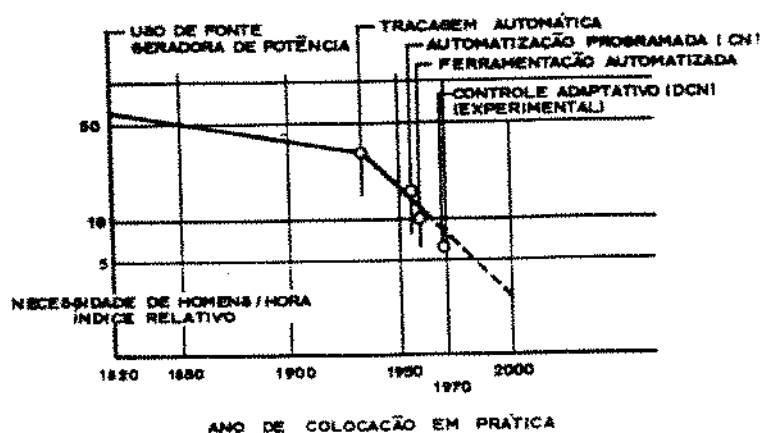
produção industrial e o maquinário era incipiente [70].



a) Evolução da tecnologia de equipamento.



b) Evolução da tecnologia do processo.



c) Otimização: evolução na indústria.

Fig. 2.28 (a,b,c) - Recursos de produção. Evolução histórica na indústria.

A resposta a esta limitação, veio através da pesquisa e uso do princípio da semelhança. Assim, bens projetados a partir de materiais já conhecidos (ferro, aço, madeira por exemplo) e formas compostas por geometrias simples (lineares, cilíndricas, esféricas), foram fabricadas com maquinário relativamente simples e mão-de-obra de baixo perfil de habilitação.

Ao se conceber a produção em massa, elegeu-se a repetibilidade como chave para solução do desafio apresentado. Repetibilidade, neste caso, foi a solução de compromisso entre recursos modestos e anseios por ampla satisfação de necessidades (bens). Mas, repetibilidade pode ser entendida como a exploração do conceito do simples, do que não é flexível, da semelhança em seu grau mais absoluto.

Portanto se conclui que as necessidades humanas por bens utilitários foram atendidas, nesta fase da evolução industrial, através de restrições aos níveis de exigência de anseios emergentes de consumo. A via de solução adotada foi a repetibilidade elevada, o grau de semelhança total, a "flexibilidade nula", aplicada a poucas peças - ou "rígida".

Entretanto, a diversificação das necessidades humanas cresceu e o seu impacto foi inevitável. O progresso social reafirmou o poder da sociedade de obter maiores satisfações e os correspondentes bens úteis [24] [79].

Este desafio perdurou enquanto os recursos de produção estavam restritos e não absorviam trabalhos variados em termos de materiais, ou em forma. O elo entre as partes (necessidades diferenciadas e recursos pouco flexíveis) se restabelece quando a capacitação (projeto tecnológico) dos recursos de produção absorveu diferentes tipos de formas para os produtos. Contudo, rompeu-se aí o elo da semelhança; peças distintas deviam ser fabricadas através de uma mesma máquina. O elo foi reconstruído com o uso do próprio conceito de semelhança. Para produzir com flexibilidade, era necessário, em essência, não mais do que compor as peças (componentes dos bens) em grupos semelhantes. Significou, em termos, passar da semelhança absoluta, ou repetibilidade, para a semelhança relativa, concebida através do perfil comum aproximado dos grupos de peças - o "espectro". Assim, é válido supor que, ao nível de recursos de fabricação flexíveis não absolutos, o homem produzirá bens diferenciados, mas balizados pelo nível de flexibilidade destes mesmos recursos. A otimização plena só virá com a flexibilidade total.

Nesta condição, a semelhança seria dispensável... Recursos de produção fabricando peças de materiais, formas e características tão particulares quanto as particularidades de cada projeto. A evolução

tecnológica poderá então superar as restrições aos desejos humanos e liberar-se do "denominador comum" de semelhança.

2.3. Tecnologia de grupo

2.3.1. Conceituação

Em termos de aplicação, pode-se considerar a tecnologia de grupo como o meio de passagem do sistema de produção baseado em arranjo funcional para o sistema celular. A tecnologia de grupo (TG) é a resposta científica à necessidade de fabricação "discreta" dos bens.

Surgida na década de 50 [80] estruturou conhecimentos científicos e técnicos, formulando uma ampla metodologia de estudo e aplicação, que oferece meios seguros de otimização dos sistemas de produção discreta, de modo geral. No dizer do Professor Solaja "Tecnologia de grupo é o entendimento de que vários problemas são similares. Pelo agrupamento de problemas similares, uma única solução pode ser encontrada, poupando tempo e esforço".

Esta tecnologia, por sua natureza, é essencialmente sistêmica atingindo com sua aplicação os planos hierárquicos sucessíveis que compõem a estrutura da Empresa. Todavia sua implantação e o seu êxito se definem sobretudo no âmbito da fábrica.

Três realizações que definem a introdução da T.G. em um sistema produtivo são [14]:

- . fabricação a partir de grupos homogêneos (famílias) de peças;
- . ciclos de fabricação "curtos";
- . utilização das técnicas de seqüenciamento de operações.

Os métodos da T.G., que são descritos a seguir, são os seguintes:

- . classificação;
- . codificação;
- . análise de fluxo de processo;
- . estatística de componentes;

que fornecerão como subsídios para o projeto de sistema produtivo as seguintes contribuições:

- . Rol dos grupos homogêneos (grupos de roteiros homogêneos e famílias de peças);
- . Relação da carga de máquinas e de ferramenta;
- . Projeto de arranjo físico (fluxos ordenados, células)

O sistema, dentro desta concepção, oferece condições básicas para o projeto (ou reprojeto, conforme o caso) do controle de produção através da otimização de fluxo. Um método de otimização, válido para a

fabricação discreta, é o da "programação periódica em blocos" ("Period batch control" - PBC) [14]. Em consequência, os materiais podem ter gestão pelo "princípio do controle de fluxo", que otimiza o seu emprego, em relação ao método de "controle por estoques" ("estoque mínimo", por exemplo).

São descritas a seguir, sucintamente, as diversas fases da metodologia de T.G. acima mencionadas.

2.3.2. Classificação

É a triagem e ordenação das peças fabricadas, de modo a formar grupos homogêneos, em termos de semelhança do produto ou do processo (mais especificamente fluxo de processo). A classificação pode ser elaborada através de análise dos componentes, de análise de desenhos, de análise dos processos, de forma manual ou com apoio computacional.

Fornece o rol de grupos homogêneos que permitirá formar famílias e fluxos básicos de processo, resultados que se comporão em etapas sucessivas e levarão ao reprojeto do arranjo, com a formação dos correspondentes grupos dedicados de máquinas - as células.

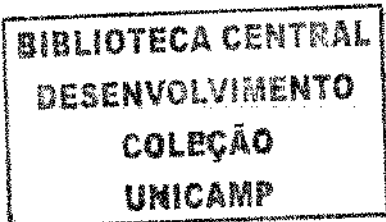
Os grupos homogêneos formados nas etapas de classificação perfazem o primeiro quadro geral representativo do sistema e que será completado na "análise de fluxo do processo". A figura 2.27 [14] ilustra aspectos da formação de grupos homogêneos, nesta fase.

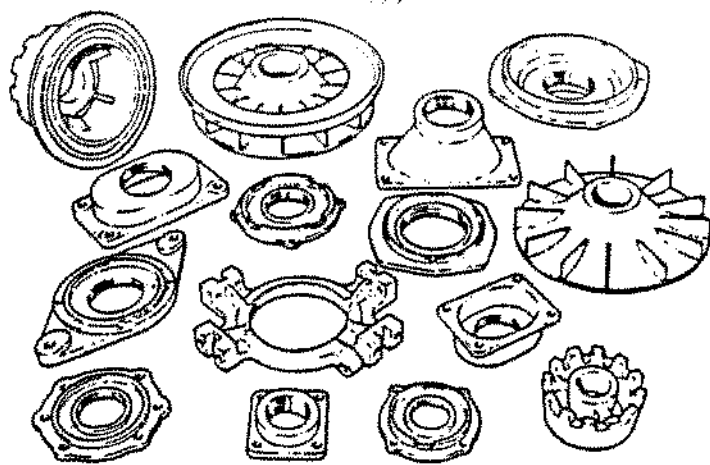
O registro e a documentação relativa à classificação em grupos gera uma sistemática associada, que pode fornecer respostas à ordenação de dados e ao tratamento computadorizado. Essa é a finalidade da etapa seguinte: codificação.

2.3.3. Codificação

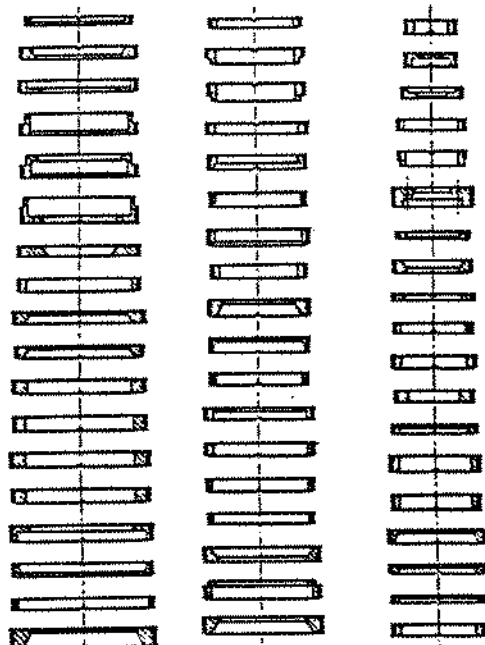
A elaboração sistemática da classificação produz a codificação dos componentes e o tratamento numérico dos códigos. A codificação oferece a base para o tratamento manual ou computacional dos dados e para uma eficiente expansão da T.G. para aplicação em todos os setores e níveis do sistema de produção.

Diversos modelos de codificação foram desenvolvidos e se aplicam segundo as conveniências e características de cada sistema de produção onde a T.G. foi introduzida [81]. A figura 2.30 (a,b) [24] exemplifica um sistema de codificação, o sistema Opitz, bem como um caso de codificação de componente mecânico.

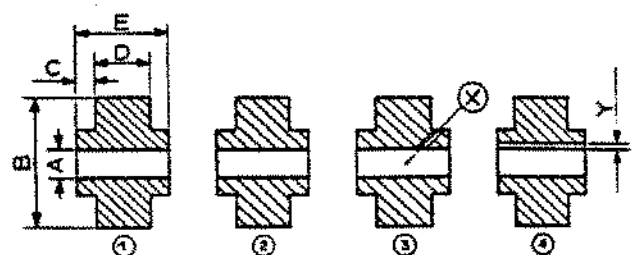




a) Exemplo de família de peças formada através de T.G.



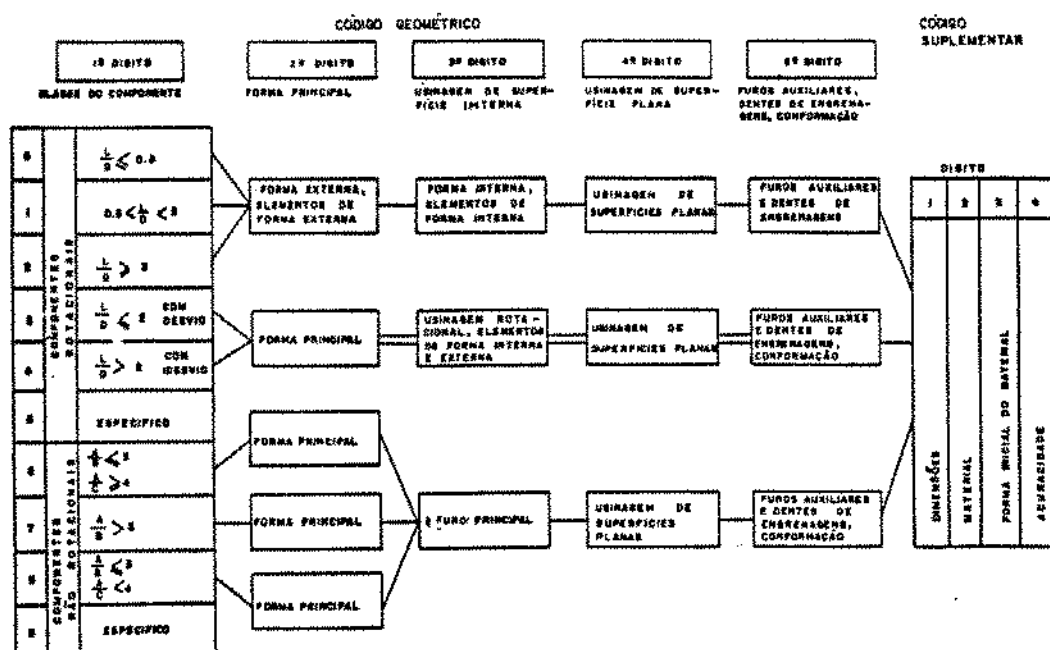
b) Peças semelhantes em forma e formando uma família.



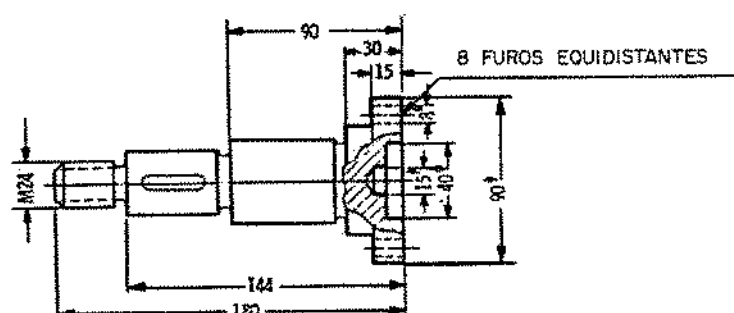
PEÇA	TOLERÂNCIAS $\pm 0,0001$					DEMANDA ANUAL	CARACTERÍST. ESPECIAIS	MATE- RIAL
	A	B	C	D	E			
1	10	50	50	20	50	100 000	TRATAM. TERM.	ACO LIGA
2	20	50	100	30	50	2 000	SUPERF. CROM.	ACO LIGA
3	1	20	2	2	20	2	FURO DE ÓLEO	ACO LAM.
4	10	100	20	50	100	70	RASGO CHAVETA	ACO LAM.

c) Peças semelhantes em forma, mas de famílias diferentes

Fig. 2.29 - Classificação em T.G. [14].



a) Esquema representativo do sistema Opitz para codificação de peças usinadas.



1	PEÇA ROTACIONAL	SEQUÊNCIA DE OPERAÇÕES
12	CONTORNO EM PASSOS PROGRESSIVOS	TORNEAR, ENTALHAR
121	FORMA INTERNA EM PASSOS PROGRESSIVOS	CHANFRAR
1213	RASGO NA SUPERFÍCIE ENGRENAGEM COM FURROS FORMADA A FRIO	CORTAR ROSCA
	FURROS AXIAIS EQUIDISTANTES, SEM GERAÇÃO DE DENTES	TORNEAR, MANDRILHAR
		FREZAR RASGOS
		FURAR

b) Exemplo de codificação de um componente mecânico.

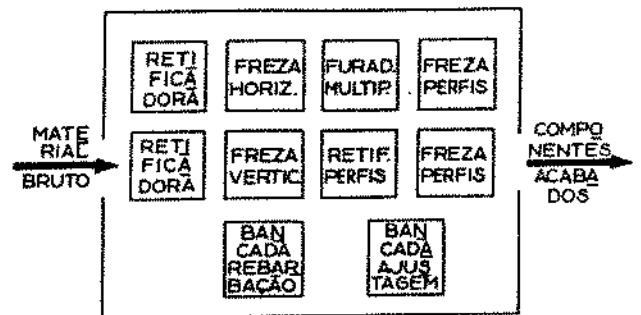
Fig. 2.30 (a,b) - A codificação em T.G. 1241.

a) Listagem inicial; mapa peça-máquina

ESTAÇÕES DE TRABALHO		OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5
Nº	TIPO					
1	TORNO	65	1			
2	TORNO	7				
3	BANCADA	1	2		1	
4	FURADEIRA	1	17	1		
5	FREZA VERTICAL		3			
6	FREZA HORIZONTAL		4	3		1
7	FURADEIRA		3	2		
8	BANCADA		1	2	2	

c) Mapa de frequência de operações por máquina.

b) Formação de grupos de máquinas



d) Resultado: arranjo físico reprojeto, fluxo ordenado.

Fig. 2.31 (a,b,c,d) - Sequência ilustrativa do emprego do método de análise do fluxo do processo. [14].

2.3.4. Análise de fluxo do processo

Este método parte da análise direta dos roteiros de processo dos itens produzidos. Mediante o critério de semelhança, os fluxos são levantados e ordenados, formando o fluxo básico de produção e as respectivas famílias de peças. O adensamento dos fluxos, através da análise do processo de fabricação, leva à determinação dos recursos de produção (principalmente maquinário). Ao final é possível delinear o arranjo físico previsto, por grupos e, mediante o emprego de tecnologia associada - análise de carga de máquinas e de ferramental,

organização do trabalho, etc., - passar ao projeto das células.

A figura 2.31 [14] ilustra os passos da análise de fluxo:

- a,b - o emprego de matrizes como técnica para agrupar
- c - o levantamento do adensamento de fluxo com o efeito sobre o dimensionamento do maquinário.
- d - um produto importante deste método, o arranjo físico básico.

2.3.5. Estatística de componentes

A razão do surgimento da teoria da T.G. foi a busca de racionalização, sobretudo do ferramental, e melhoria de produtividade na preparação de máquinas operatrizes em manufatura [80] [82].

Todavia, esta interpretação não é a única e para fins de análise, por exemplo, pode-se mudar o seu enfoque. A T.G. enquanto correlaciona recursos físicos - máquinas, principalmente - com tipos de peças - está, por assim dizer, criando condições para um melhor ajuste da fábrica e dos seus recursos de produção em relação às condições do mercado. A T.G. permite um ajuste com relação ao "perfil" produtivo da empresa, no sentido do aprimoramento de sua "vocação" industrial. Este ponto de vista fica evidenciado nos estudos elaborados no campo da "estatística de componentes".

As estatísticas efetuadas sobre componentes manufaturados em máquinas e os estudos elaborados sobre os resultados, indicaram uma pobre correlação entre a qualificação das máquinas operatrizes disponíveis nas fábricas e os respectivos tipos de peças produzidas.

Este descompasso se revelava na capacidade (tamanho da máquina em relação ao tamanho das peças), mas também nos recursos funcionais dos mesmos (velocidades, avanços, aparelhos auxiliares de corte) e ainda, por exemplo, na quantidade de máquinas similares dimensionadas, relativamente aos serviços solicitados pelo mercado (indícios de subutilização ou sobre-carga e "gargalos").

Os resultados destes estudos comprovaram com abrangência (em mercados regionais distintos) e estabilidade (após anos sucessivos) que a aplicação de técnicas de agrupamento na concepção dos sistemas produtivos torna-se uma necessidade racional, antes de ter sido o resultado de um desenvolvimento puramente técnico.

As figuras 2.32 a 2.36 [82] e os respectivos comentários ilustram os resultados dos estudos acima descritos.

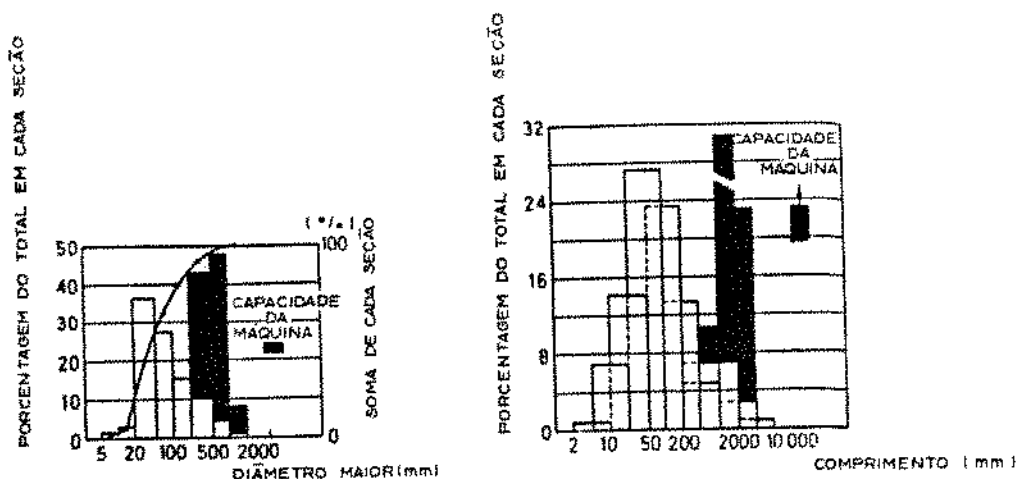


Fig. 2.32 (a,b) - Comparação entre diâmetro de peças torneadas e tamanho dos tornos na indústria alemã de máquinas operatrizes. [82]

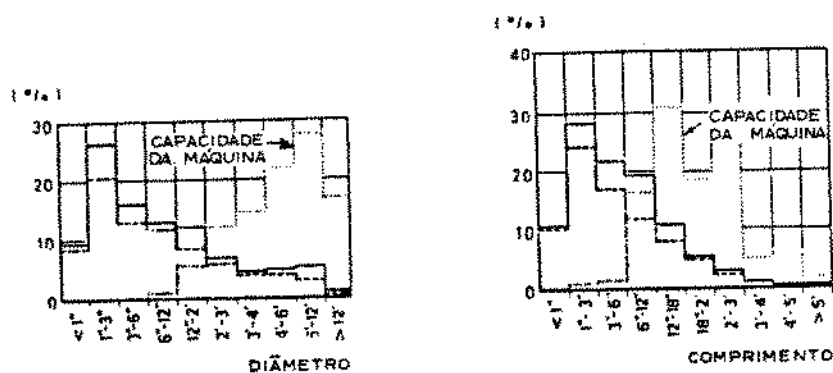


Fig. 2.33 (a,b) - Comparação entre dimensões de peças torneadas e tamanho dos tornos na indústria britânica de máquinas operatrizes [82].

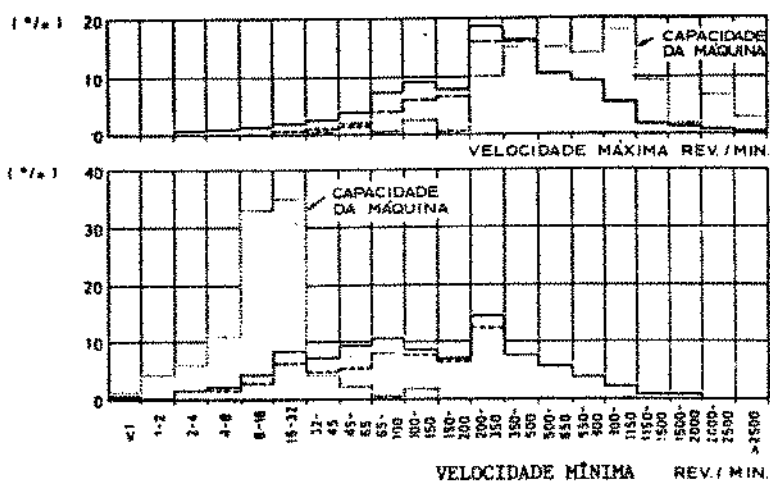
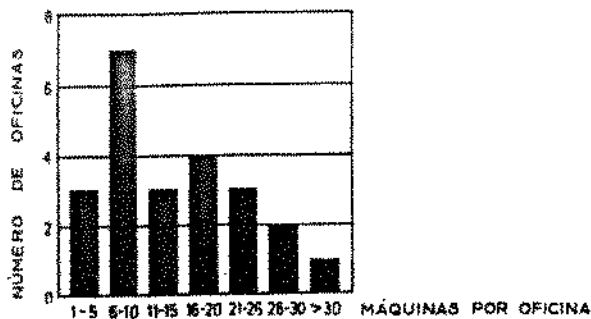
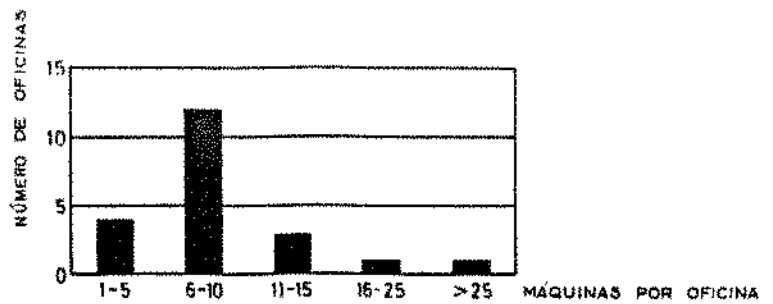


Fig. 2.34 - Comparação entre velocidades disponíveis nos tornos paralelos e os efetivamente usados. As velocidades máxima e mínima usadas são comparadas. [82].

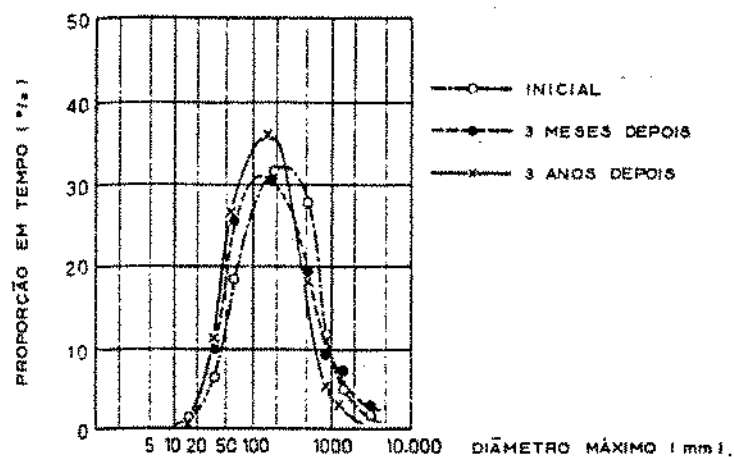


(a)

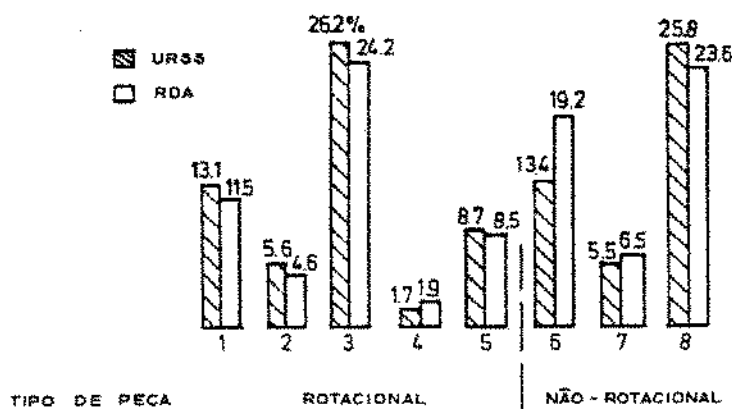


(b)

Fig. 2.35 (a,b) - Distribuição das quantidades de máquinas nas oficinas [82].
a - Tornos paralelos.
b - Mandrilhadoras horizontais.



a) Distribuição dos diâmetros máximos de componentes em uma fábrica de máquinas - operatrizes em épocas diferentes.



b) Incidência do tipo de peça.

Fig. 2.36 (a,b) - Estabilidade das características de demanda de peças [82].
a - no decorrer do tempo
b - entre regiões distintas.

2.4. Controle de produção "por fluxo" e programação periódica em blocos

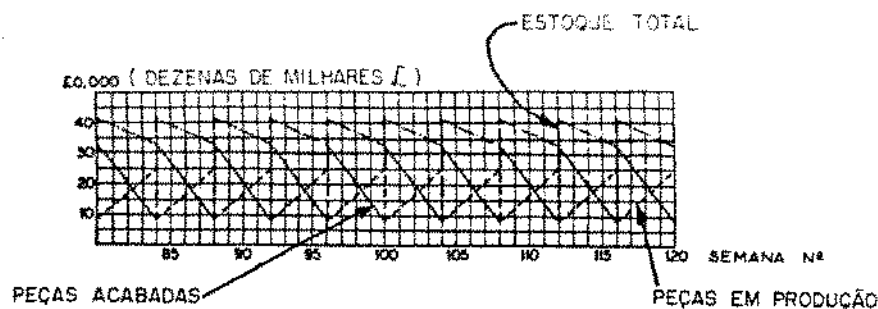
Esta técnica de programação - programação periódica em blocos (P.P.B), - é indispensável à realização e desfrute das vantagens provenientes da aplicação de T.G..

Consiste em organizar a produção de modo que o piso de fábrica receba a solicitação dos serviços a executar no período determinado - semana, quinzena, mês, etc - como um "bloco" composto de todos os lotes de componentes a fabricar no mesmo período. Para melhor conceituar, este método se distingue do método convencional (para sistema baseado em arranjo físico funcional) porque, neste caso, os serviços são solicitados ao piso de fábrica em lotes de determinadas peças sem a vinculação delas entre si.

Esta técnica é particularmente útil quando o sistema produtivo fabrica componentes e depois efetua as montagens respectivas. Assim, é possível substituir o método de gestão de estoque de materiais por estoque mínimo pelo método de gestão por controle de fluxo, otimizando-se portanto o emprego de materiais e os correspondentes encargos financeiros. Por outro lado, torna-se também possível otimizar o carregamento dos postos de trabalho da fábrica, a partir do planejamento prévio dos programas indexados aos correspondentes períodos de fabricação.

A figura 2.37 [14] mostra o comportamento do nível total de estoque de um determinado sistema de materiais e sistema produtivo operando com controle de fluxo - obtido por simulação. O comportamento é previsível e as variações de estoque são compatíveis. Além disto, o nível total de estoque tende a se minimizar em relação ao controle por estoque mínimo, que apresenta fatores de magnificação por força de sua própria concepção - pesquisas de Forrestier, teoria da "Dinâmica industrial" [64].

A figura 2.38 [14] mostra o comportamento - obtido por simulação do nível de carga de uma determinada máquina, empregando o controle por estoques. A emissão de solicitações pela gestão de estoques (estoque mínimo) assume um comportamento aleatório, que gera a imprevisibilidade no sistema produtivo como um todo.



NOTA: O GRÁFICO MOSTRA A VARIAÇÃO PARA UM TOTAL DE 229 PEÇAS TOMADAS COMO AMOSTRA

Fig. 2.37 - Variação do estoque no "controle por fluxo". [14].

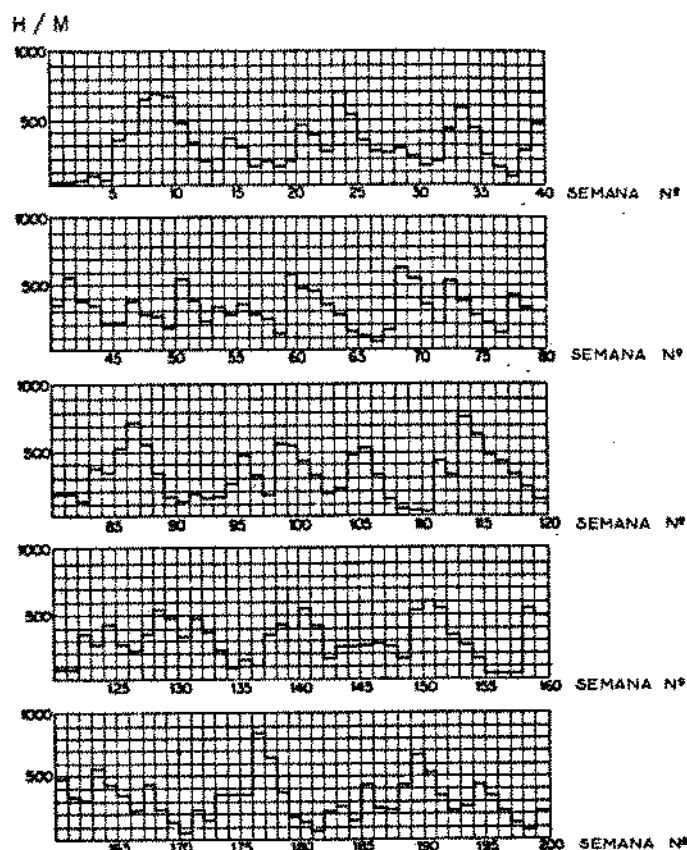


Fig. 2.38 - Variação de carga de máquina no "Controle por estoque". [14].

2.5. Consequência do emprego de T.G. - o caminho para a automatização

O processo de automatização resulta de um encadeamento de fatores positivos, seguindo a evolução dos sistemas de produção [13]. Conforme discutido neste capítulo, seção 2.1., o desenvolvimento tecnológico da produção se relaciona com distintas causas e fatores de influência.

O processo da automatização se insere no quadro dos fenômenos complexos e sua amplitude excede o domínio tecnológico, apresentando correlação cultural e social, - situando-se no campo sócio-técnico [79] [83].

Entretanto, para implementar um dado sistema produtivo com automatização, requerem-se também qualidades intrínsecas do mesmo,

ligadas aos bens a produzir: características de semelhança, repetitividade, características geométricas, quantitativas, etc.

Assim, se a gama de bens a produzir possui características favoráveis, tornam-se possíveis iniciativas rumo à automatização. O caminho para organizar esta introdução, parte da ordenação do sistema desde a sua base.

A reorganização do sistema convencional de produção discreta de bens através das técnicas de agrupamento abre perspectivas rumo a níveis mais elevados de racionalização e desenvolvimento tecnológico, que resultam no atingimento de graus sucessivos de automatização.

A chave para esta abertura é a instituição de grupos homogêneos de roteiros de processo (e de famílias de peças) que, associados basicamente ao arranjo físico por grupos de máquinas, à programação por fluxo de processo (e não mais por estoque), permite o emprego do seqüenciamento e a otimização global do sistema produtivo.

Essas condições resgatam para o sistema, o privilégio da manufatura escalar (ou por linhas) onde a repetitividade das operações oferece, já de início, a base para o emprego da mecanização e em passos subseqüentes, da automatização.

Com efeito, na produção escalar pode-se obter, pela exploração da identidade (semelhança absoluta) entre peças produzidas a automatização, aqui denominada "rígida". Esta é obtida na produção discreta, através de exploração de níveis de semelhança relativa entre fluxos de fabricação, realizada pela metodologia de T.G. e permitindo a implantação de sucessivos graus de automatização - denominada "flexível", justamente por atender a uma "população" variada de peças.

A manufatura mecânica fornece exemplos práticos no uso de máquinas - ferramenta em usinagem de peças e que são tomados como ilustração deste argumento.

Consideremos o caso de fabricação de discos a partir de chapa de aço de média espessura e que apresentam furação efetuada em furadeira. Trata-se do exemplo ilustrativo apresentado adiante, figura 2.40 [84].

A execução da furação destes discos pode seguir uma seqüência de processo mais ou menos elaborada, a saber:

a) As peças podem ser processadas por:

- . traçagem e puncionamento dos centros dos furos
- . usinagem por broca em furadeira de bancada ou furadeira de coluna. Ver ilustração, figura 2.39 (a,b).

c) A peça pode ser processada por:

usinagem por broca em furadeira radial como no caso anterior (b), porém com a peça fixada em dispositivo de furação. Ver figura 2.37 (c).

Comentários: Neste caso a racionalização da operação é mais acentuada, obtida por um particular recurso: o ferramental. A traçagem e o punção são dispensados e o posicionamento da broca em cada furo torna-se simples.

Conclusão: O uso de ferramental específico associado à máquina, resulta em aumento de mecanização e uma melhoria na flexibilidade - maior facilidade na troca de um tipo de peça a outro. Contudo, não se tem ainda, automatização.

d) A peça pode ser processada por:

usinagem por broca em furadeira radial idêntica ao caso anterior (c) e com emprego de "dispositivo-mestre" de fixação e guia. Ver ilustração na figura 2.40.

Comentários: Esta aplicação indica a prévia organização do sistema dentro do princípio de agrupamento. O dispositivo mestre simplifica a troca de um tipo de peça a outro - eleva o grau de mecanização da operação e flexibilidade geral -, a intervenção do operador é reduzida e a flexibilidade a outros tipos de peça é ampliada. Todavia, o sucesso deste desenvolvimento tecnológico depende de:

- formação de grupos homogêneos de processo (e famílias);
- programação adequada dos trabalhos (por fluxo de processo) com emprego de sequenciamento das operações;
- obviamente estas realizações implicam na prévia correção dos fluxos, ou seja, do arranjo físico.

Conclusão: O grau de mecanização e de flexibilidade obtidos, associado às mudanças básicas no sistema de informação e controle, dá a possibilidade de produzir com maior mecanização, alta flexibilidade e boa racionalização de produção. O sistema apresenta pré-requisitos para se viabilizar e se auto-sustentar (uso de T.O.) e seguir rumo à automatização.

e) A peça pode ser processada por:

usinagem por broca com furadeira automatizada; de tal modo que a aproximação e posicionamento da broca em cada furo seja efetuado não mais pelo operador, mas pela própria máquina (movimentos de "coordenação") que, em seguida

Comentários: Neste caso a participação do operador é acentuada, não só pela preparação dos recursos - predisposição do posto e da máquina, fixação da ferramenta, etc. - como pela participação ao longo da operação: - principalmente, posicionamento da broca em um furo, aproximação da broca, e furação, etc. Isto é permanente, no caso da furadeira de bancada, onde o avanço da ferramenta é garantido pelo esforço do operador.

Conclusão: O grau de mecanização da operação é baixo. Há flexibilidade para os diferentes tipos de peça, porém sem qualquer automatização.

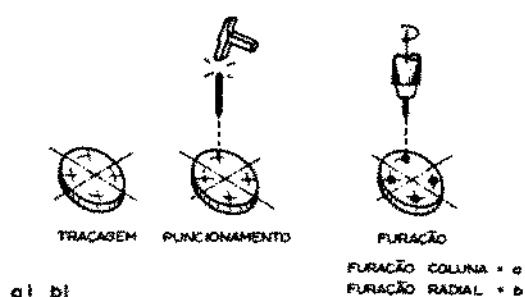
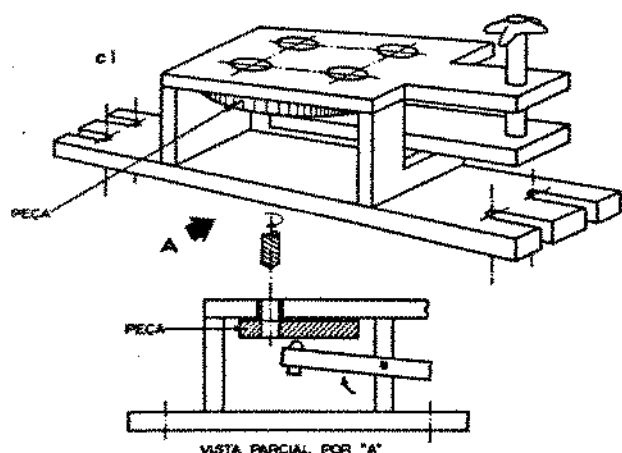


Fig. 2.39 (a,b,c)

Ilustração de alternativas para execução de furos em um disco de aço:

a,b - Operação manual

c - Com dispositivo



b) As peças podem ser processadas por:

traçagem e puncionamento dos centros dos furos, usinagem em furadeira radial com avanço motorizado.

Comentários: Neste caso, o grau de racionalização da operação é mais elevado que o do caso anterior. A peça não deve mais ser reposicionada a cada furo e o avanço da ferramenta é garantido pela máquina.

Conclusão: O grau de mecanização, é superior ao anterior (a), mas ainda é baixo. A flexibilidade é mais elevada e ainda não é possível considerar algum grau de automatização.

efetua o ciclo completo para esta usinagem.

Comentários: Esta aplicação subentende uma ampliação da anterior (d). A melhoria deveu-se a um particular desenvolvimento tecnológico: a criação de um sistema de governo dos movimentos e funções da máquina, obtido através da eletrônica e informatização de sua unidade de comando. Uma vez geradas as instruções para uma determinada operação, a máquina pode executar rigorosamente os movimentos das várias etapas e usinar a peça, com intervenção do operador apenas na preparação da operação - predisposição da máquina, fixação do dispositivo e da ferramenta, etc. - e da supervisão rotineira.

Conclusão: Este nível elevado de racionalização se deve particularmente ao desenvolvimento tecnológico da máquina operatriz. Máquinas como esta são dotadas de um razoável nível de informatização para o governo de suas funções através do uso da técnica do "comando numérico" (CN). Através deste recurso é obtido um expressivo grau de automatização na operação, com ganho adicional de flexibilidade e o atingimento de taxas elevadas de produtividade.

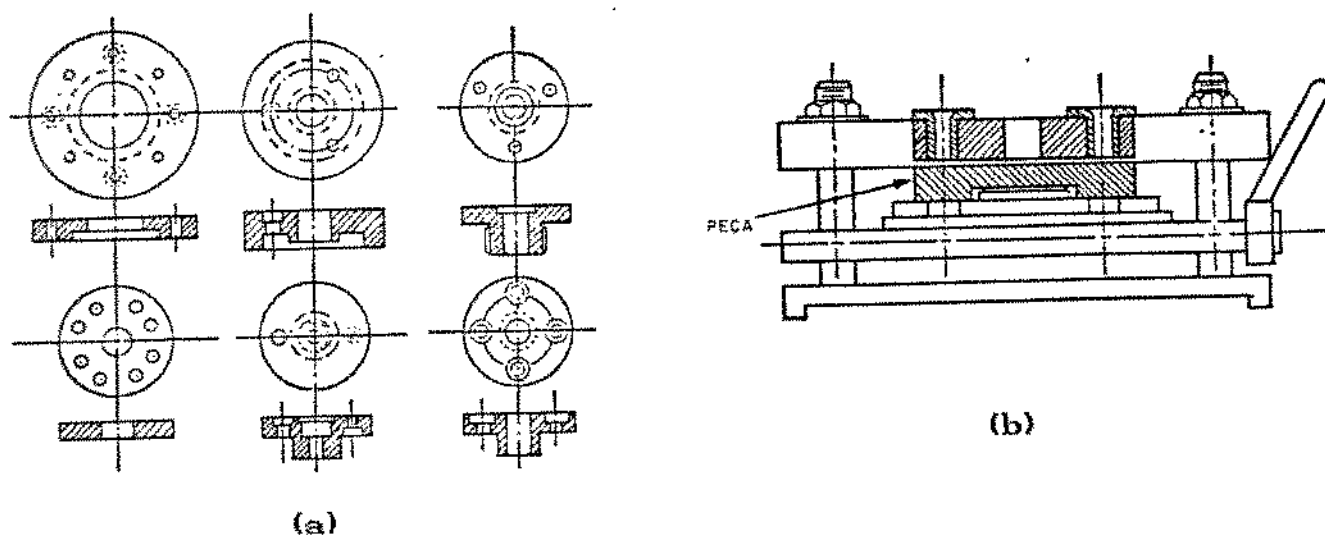


Fig. 2.40 - Racionalização, mecanização e flexibilidade na usinagem, usando-se os métodos de T.G. - passos para introduzir automatização [84].
 a - Família de peças
 b - Dispositivo de furação para a família de peças.

O exemplo acima mostra um caminho para o incremento da racionalização e do desenvolvimento tecnológico, com o atingimento da automatização flexível a partir da base oferecida pela T.G.. O ênfase colocado na busca de melhor aproveitamento dos recursos no exemplo é, na verdade, clássico. Foi esta problemática que, segundo Mitrofanov [80] levou ao desenvolvimento de uma metodologia (tecnologia de grupo) que permitisse resolver as dificuldades práticas no piso da fábrica.

Outrossim, o elevado nível tecnológico representado pela máquina operatriz, ali ilustrado, se deve a um determinado desenvolvimento técnico-científico. Foi um desenvolvimento combinado da microeletrônica (processadores lógicos) e da informática (lógica numérica) com vistas à teoria do controle, que resultou em um conjunto de recursos programáveis, a técnica do comando (ou controle) numérico (C.N.) ("NC - Numerical control") [85].

O emprego do princípio do C.N. nas máquinas operatrizes foi consequência de pesquisas efetuadas na década de 50 nos Estados Unidos da América do Norte, visando a fabricação de peças com formato curvo tridimensional. A partir daí, ampliaram-se as suas aplicações em geral e de modo especial, no - campo de máquinas operatrizes. O emprego das máquinas operatrizes a C.N. hoje ultrapassa o das correspondentes máquinas convencionais, conforme ilustram tabela e gráfico da figura 2.41 (a) e (b) [83]. Nos países industrializados, a aplicação de máquinas operatrizes a C.N. se dissemina inclusive em oficinas existentes em usinas integradas, similares às enfocadas neste trabalho. Assim é que a figura 2.41 (c) [86] ilustra o crescimento quantitativo deste tipo de tecnologia, nas oficinas de recuperação ligadas à produção siderúrgica alemã.

O impacto do comando numérico se deve principalmente ao alto nível de desempenho operacional ao qual predispõe as máquinas operatrizes. Em consequência o uso do C.N. proporciona um alto potencial em termos de rentabilidade e competitividade [87].

ANO	ESTADOS UNIDOS	JAPÃO	REINO UNIDO	FRANÇA	CHÉCIA	ALEMANHA RFA	ITALIA
1974	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	34.4	n.a.	n.a.
1975	n.a.	23.4	n.a.	n.a.	42.6	16.5	n.a.
1976	n.a.	28.2	18.6	26.4	41.6	n.a.	15.2
1977	n.a.	40.8	21.3	46.7	52.6	n.a.	n.a.
1978	n.a.	40.1	n.a.	n.a.	69.9	n.a.	n.a.
1979	n.a.	50.8	38.4	73.8	69.5	n.a.	n.a.
1980	56.5	n.a.	47.3	n.a.	n.a.	47.1	50.0

FONTE : UNCTAD 1982c

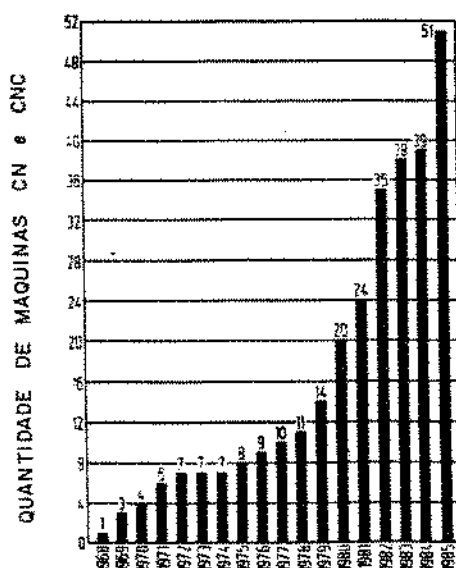
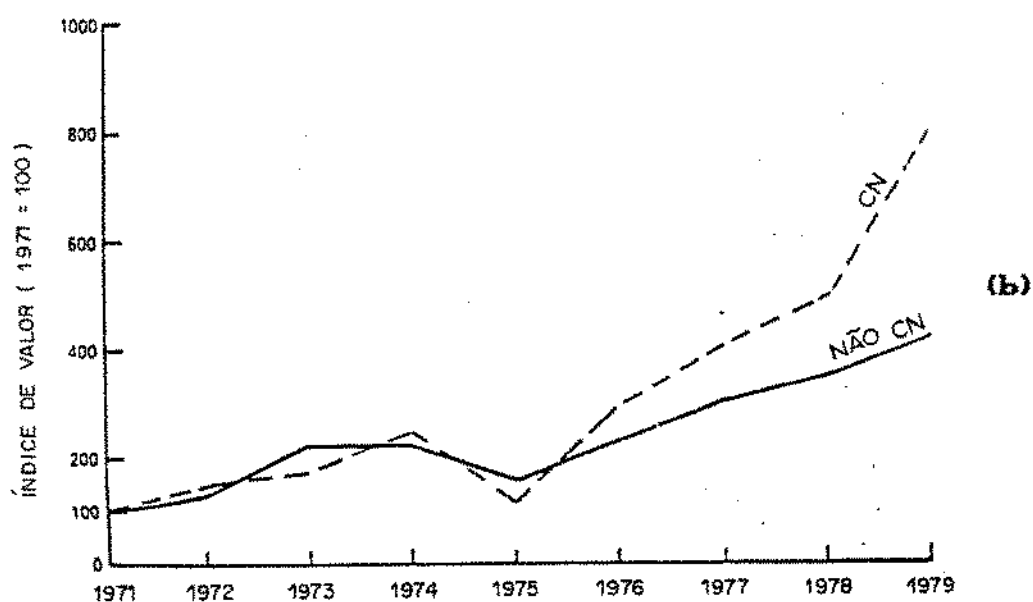


Fig. 2.41 (a,b,c) - Dados comparativos de evolução das máquinas operatrizes a CN [83] e [86].

- a) Investimento em tornos CN em diversos países industrializados, em diversos anos. % sobre o valor total.
- b) Evolução das encomendas em máquinas operatrizes a CN na indústria britânica.
- c) Evolução do emprêgo de máquinas operatrizes a CN em oficinas de manutenção da siderurgia alemã.

Uma ilustração do conceito, na concepção de uma máquina operatriz com C.N., é representada na figura 2.42 (adaptado de [85]).

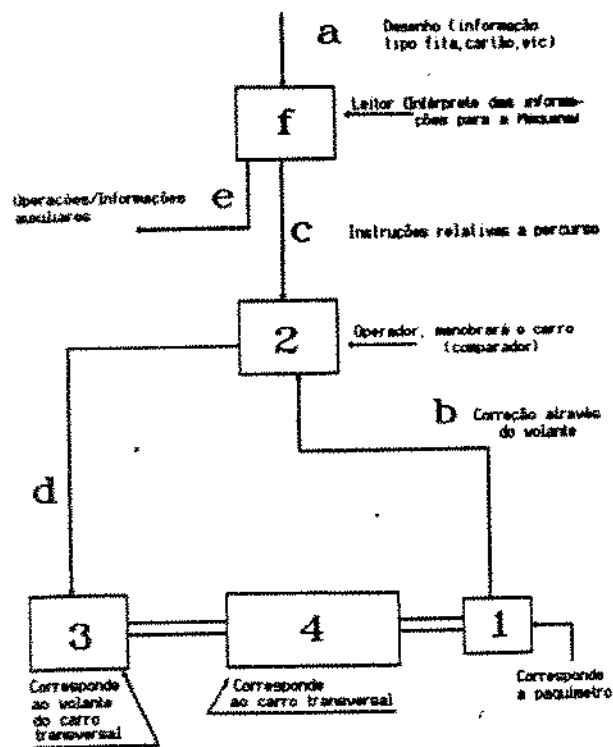


Fig. 2.42:

Máquina a comando numérico com medição e correção de cotas de percurso (no exemplo um torno) - modo de operar. [85].

O aparato de apoio requerido na aplicação de máquinas operatrizes a C.N. é, por sua vez, ilustrado na figura 2.43 [15].

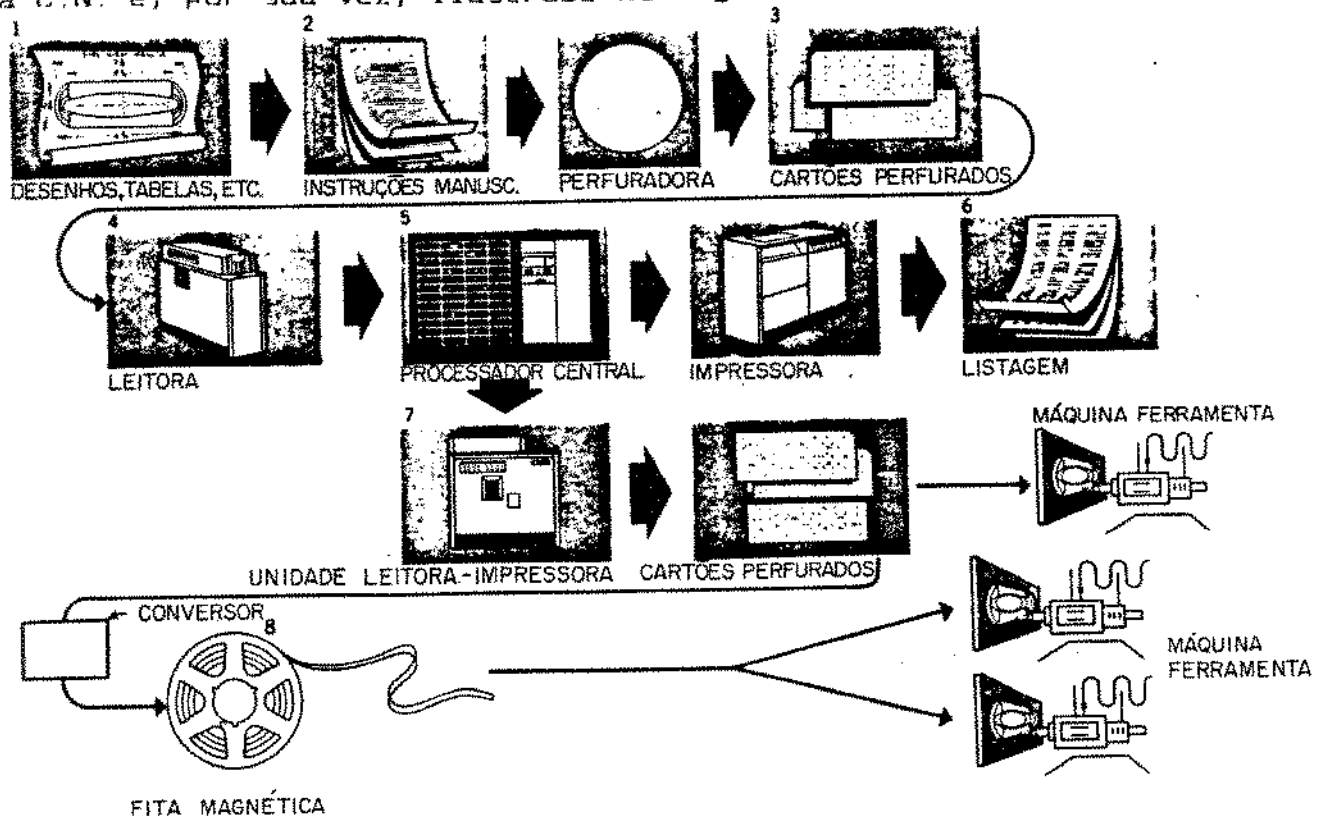


Fig. 2.43 - Esquema geral de programação e fluxo de informações para programar sistemas de comando numérico. [15].

Uma visão genérica do potencial de desempenho das máquinas operatrizes a C.N. relativamente a outros tipos de conceito, é oferecida na figura 2.44 [88].

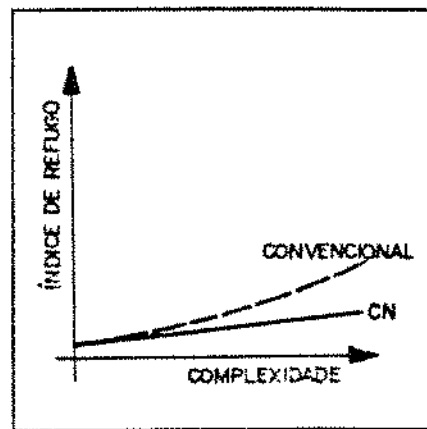
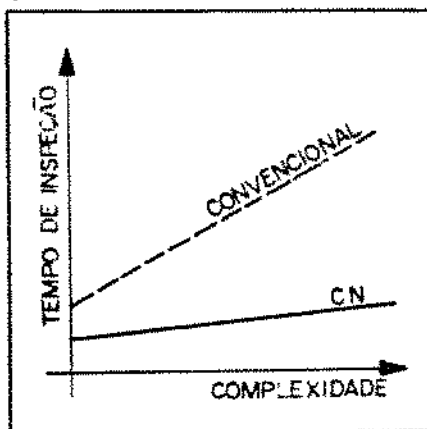
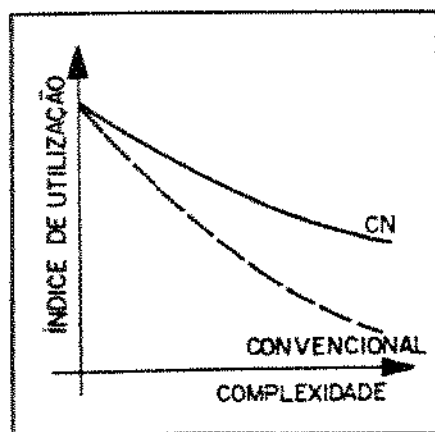
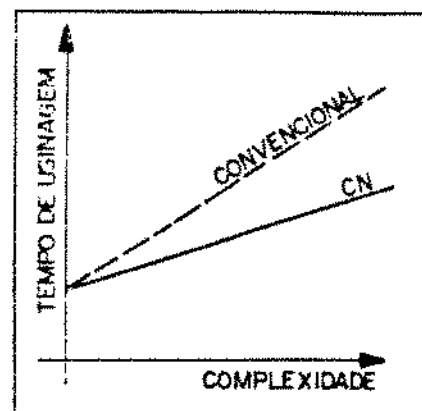
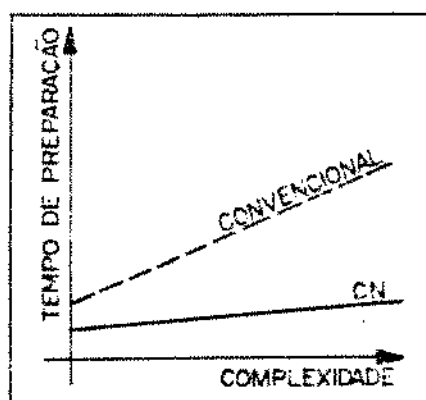
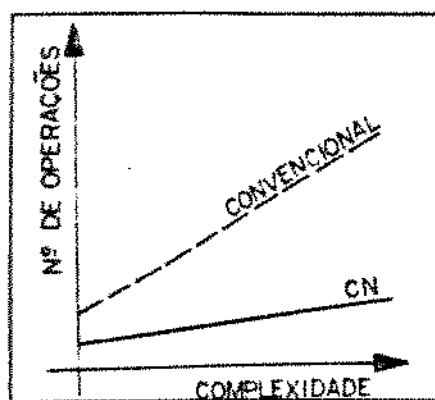
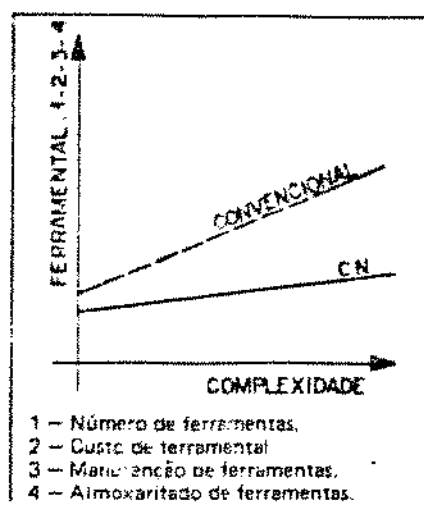
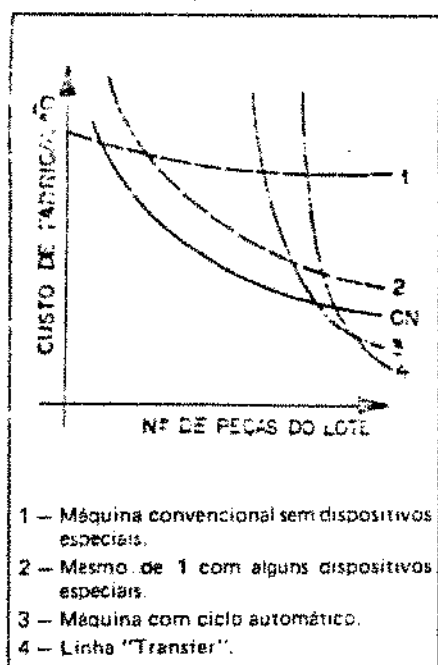


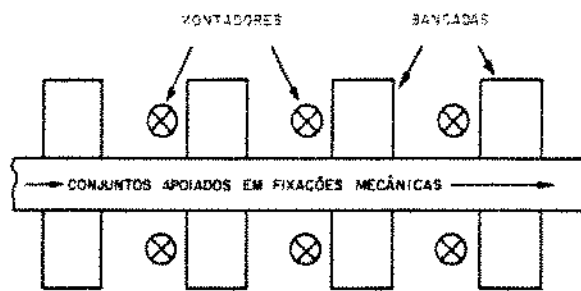
Fig. 2.44 - Comparação qualitativa do resultado de desempenho de máquinas CN em relação a convencionais [88].

2.6. Células de manufatura

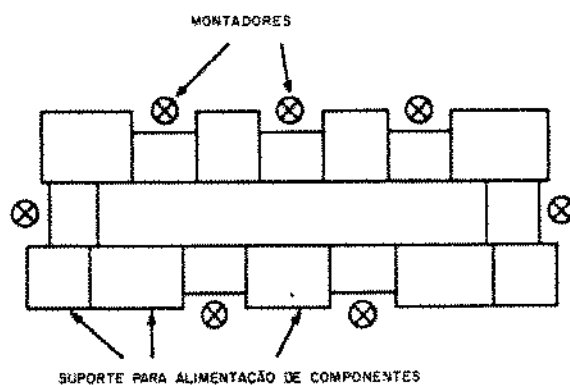
A revisão do projeto de um sistema baseado em arranjo físico funcional, pode resultar no rearranjo dos recursos de produção através de grupos de máquinas dedicadas a determinados tipos de peças (famílias). Estes grupos, subentendidos os recursos humanos correspondentes, são denominados "células de fabricação".

O sistema produtivo do tipo celular incorpora vantagens no campo da produção (maiores taxas de produção), no campo humano (maior satisfação pessoal e realização profissional) e no campo econômico (produtividade, auto-sustentação, competitividade).

Um desdobramento deste princípio é a célula de montagem. Desenvolvida sobretudo por questões humanas e sociais, converteu-se em opção para os sistemas de montagem, por vezes mais vantajosa do que o projeto "em linha" ("line assembly"). A figura 2.45 [24] ilustra os dois modelos.



a) Montagem: esquema de arranjo em linha.



b) Montagem: esquema de arranjo em célula.

Fig. 2.45 (a,b) - Representação esquemática de arranjos típicos de montagem segundo a concepção em linha ou celular [24].

2.4.1. Impactos

O sistema celular pressupõe a organização do sistema produtivo por técnicas de agrupamento. Os efeitos desta aplicação podem ser reconhecidos por suas repercussões em uma ampla frente. Todavia, alguns impactos são especialmente importantes:

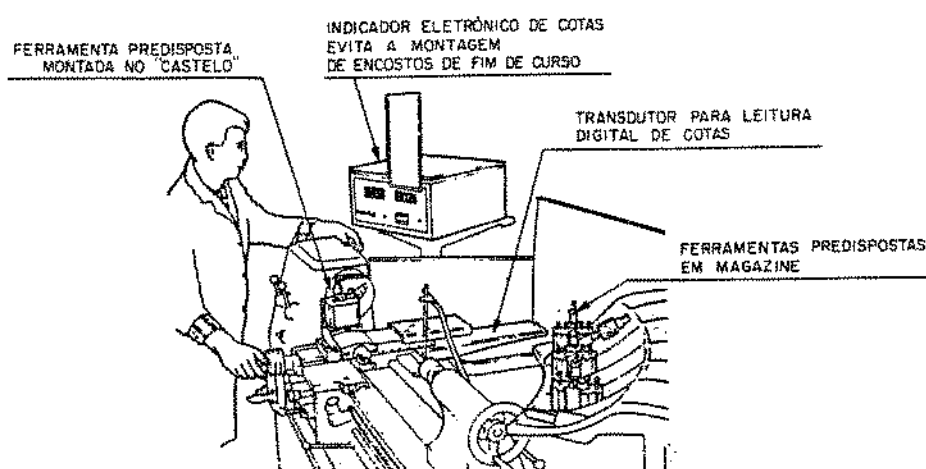
- Campo humano e social: - O trabalho em equipe em determinada célula promove condições melhoradas de satisfação pessoal, de realização profissional e de melhor retribuição. As equipes se organizam com forte coesão grupal, reagem com autonomia e desenvoltura aos impecilhos do cotidiano, conformam um tipo de liderança mais autêntica, propiciando assim condições para uma horizontalização de gerenciamento e delegação. O desenvolvimento profissional do grupo é expressivo, com polivalência nas tarefas próprias de cada célula. O desempenho de qualidade é estimulado, porque o brio profissional e o desafio da qualidade assegurada tornam-se estimulados e evidentes com o trabalho em células. A retribuição e a motivação dos operários é favorecida com a organização por células. O sistema permite uma fácil introdução do pagamento de incentivos de produção [14] [24]. A maior horizontalização e os resultados econômicos importantes obtidos com esta aplicação - de ordem de até 40% de redução em custos globais conforme Knight [23]-, permitem uma distribuição mais compartilhada da renda na empresa.

- Campo tecnológico - automatização: - O arranjo celular é precedido pela metodologia de T.O., concretizando em sua operação os méritos e as vantagens correspondentes. A abertura rumo a níveis mais elevados de desenvolvimento tecnológico e, principalmente rumo à automatização, é um destes méritos. Uma discussão a respeito foi feita neste capítulo, secção 2.5.

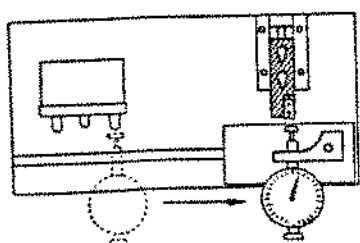
Os sistemas de produção convencionais - como o baseado em arranjo funcional - apresentam uma deficiência intrínseca no que diz respeito à sua produtividade. Eles agregam tão somente valores da ordem de um dígito ao produto [24]. A principal causa se localiza nos tempos de espera e demais tempos não produtivos [37]:

- Preparação de máquinas e emprego de ferramental: - O sistema celular torna possível o emprego de técnicas de racionalização que produzem resultados de simplificação nas preparações de máquina e na padronização do uso do ferramental, combinados com a possibilidade de seqüenciamento que esta concepção viabiliza. A possibilidade de seqüenciamento que o sistema de controle de fluxo oferece permite por exemplo, que peças de um mesmo grupo homogêneo (ou família) sejam programadas seqüencialmente em uma máquina. De modo que os

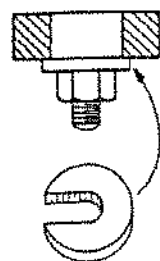
tempos de preparação sejam reduzidos, após a primeira montagem da máquina. O mesmo vale para o uso do ferramental, que eventualmente pode ser desenhado para aplicação em um determinado grupo de peças, (V. figura 2.40). A pesquisa e o desenvolvimento neste campo geraram técnicas de grande potencial, como por exemplo a "técnica de montagem de ferramental em tempos de um só dígito" ("Single minute exchange dies - SMED") [90], que incorpora uma notável soma de conhecimento e experiência e tem produzido resultados que transformam tempos de montagem de estampos contados em jornadas para horas. Seu objetivo é garantir que toda preparação de máquina possa ser efetuada em tempos tão reduzidos, que possam ser expressos em minutos de um só algarismo (dígito). As figuras 2.46 e 2.47 [14] [90] apresentam alguns exemplos de aplicação destas técnicas.



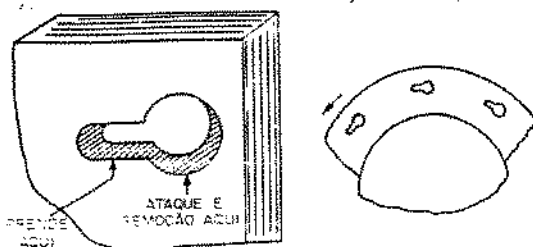
a) Porta-ferramentas de recâmbio rápido para tornos.



b) Trocando insertos, fora da máquina.



c) As arruelas em "U"



d - Engate rápido tipo baioneta.

Fig. 2.46 (a,b,c,d) - Padronização e produtividade, ferramental de usinagem [14] e [90].

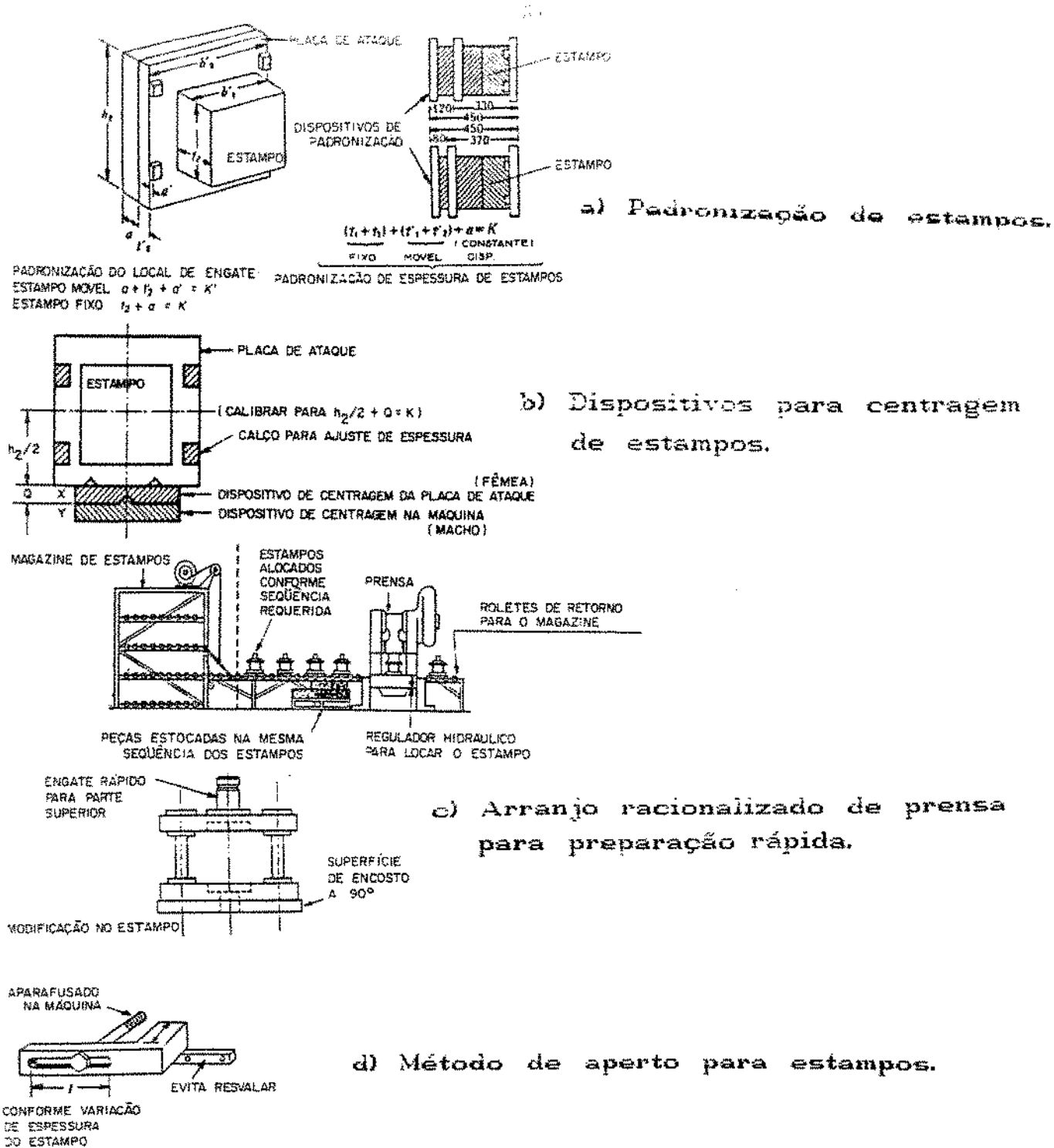


Fig. 2.47 (a,b,c,d) - Recursos e métodos de troca rápida de estampos [90].

2.6.2. Seqüenciamento

Além dos impactos examinados acima, é importante considerar o efeito do uso de "técnicas de seqüenciamento" desenvolvidas na Pesquisa Operacional e aplicáveis na programação da fabricação.

Assim, modelos heurísticos, como por exemplo o algoritmo de Johnson que, levando em conta parâmetros básicos tais: como quantidade a produzir (tamanho do lote), tempo de preparação de máquina, etc., fornecem algoritmos que "decidem" o seqüenciamento otimizado entre duas ou mais máquinas em série, com ganhos de produtividade expressivos [55] [91].

3. OFICINAS CENTRAIS DE MANUTENÇÃO

3.1. Caracterização e principais problemas

As atividades de fabricação (também denominadas, de confecção) e de recuperação, apresentam propriedades características, como foi preliminarmente comentado na seção 1.3. Capítulo I. Uma representação esquemática das atividades gerais em um ciclo de recuperação/confecção em uma O.C.M. é apresentada na figura 2.48.

Os serviços solicitados a estas oficinas caracterizam-se por:

- . Variedade de processos: usinagem, montagem, caldeiraria, tratamento térmico, forja, fundição, processos eletro-mecânicos, etc...
- . Ampla faixa de especificações.
 - de precisão dimensional (desde operações sem acabamento até operações de alta precisão);
 - de complexa geometria, como na usinagem com geração de faces curvas e de alta precisão de forma.
- . Os lotes solicitados em geral são unitários (uma só peça por pedido)
- . A previsibilidade dos trabalhos de recuperação (e, em certos casos, de confecção também) é escassa, tendo-se em consequência, um sistema de produção com razoável teor de incerteza na informação.
- . A demanda supera, em geral, a capacidade de atendimento instalada da OCM, devendo-se recorrer à sub-contratação de serviços;
- . A solicitação de serviços à OCM se assemelha, de modo geral, à demanda por "nível de estoques". Isto reforça o traço aleatório do sistema, implicando em programas de produção inconsistentes. A demanda é fortemente oscilante, agravada por solicitações freqüentes de extrema urgência (serviços "em emergência")

A maior parte da superfície de uma O.C.M. é ocupada pelas seções de execução, a saber: Usinagem, Montagem, Caldeiraria, Tratamento térmico, Fundição, Forjaria, Elétrica (motores e máquinas elétricas), Instrumentação, eletrônica e automatização, Refrigeração, Calefação, etc.

As suas instalações podem se compor em um único prédio ou em um agregado, a saber: Oficina Mecânica, Oficina Elétrica, Fundição, Oficina de Caldeiraria, etc.

Este conjunto de recursos, constitui-se em um forte instrumento de garantia da continuidade operacional e de realização de programas estratégicos. Assim, a exemplo do que ocorre com a Manutenção Central, se engaja com freqüência em ações que menos têm a ver com a lógica funcional e mais com as "razões de estado" da empresa.

3.2. Serviços típicos e recursos típicos de produção

A natureza complexa dos eventos nas OCMs pode ser melhor explicada, relacionando os principais tipos de serviço prestados nestas oficinas. (Ver também o fluxograma Fig. 2.40, anterior).

- Recuperação de instalações e equipamentos produtivos, a saber,
 - Conjuntos mecânicos em geral e seus componentes,
 - Conjuntos eletromecânicos (motores, geradores, etc.) e seus componentes;
 - Estruturas metálicas, completas ou parciais;
 - Tubulações e vasos metálicos, completos ou parciais.

É necessário considerar, ainda, outros casos particulares de recuperação. São casos de maior grau de especialização e que, dependendo dos recursos disponíveis, costumam ser sub-contratados:

- Recuperação de aparelhos e instrumentos mecânicos, pneumáticos, eletromecânicos, galvanométricos, eletrônicos, óticos, etc.
- Recuperação de ferramental usado na manutenção de intervenção (talhas, tensores, macacos hidráulicos, ferramentas manuais, etc.).
- Recuperação de máquinas completas, tais como:
 - Veículos e barcos em geral;
 - Máquinas agrícolas, de movimento de terra e elevadores de carga;
 - Locomotivas, carros e vagões ferroviários;
 - Compressores;
 - Motores a explosão;
 - Aparelhos de refrigeração e calefação;
 - Trocadores de calor;
 - Máquinas elétricas estáticas (transformadores, eletro-ímãs, etc.).
- Recuperação envolvendo processos químicos ou similares: revestimento químico, junções plásticas, etc.

Conseqüentemente, os processos de produção empregados nestas oficinas, usam recursos variados, a saber:

Processos usuais empregados na recuperação de peças e conjuntos mecânicos:

- Corte a chama ou plasma;
- Usinagem: corte, remoção de superfícies com desgaste, rebaixos, "postigos", etc.;
- Peritagem: verificação visual e dimensional do estado de superfície e das dimensões dos componentes, verificação do estado de tensões;
- Remoção de trincas: retirada de material em áreas localizadas da peça, por diversos meios;
- Revestimento por soldagem: Solda manual a arco (SMAW), solda semi-automática protegida por gás (GMAW), solda a arco submerso (SAW),

- Solda com eletrodo de tungstênio, para alto ponto de fusão (GTAW);
- Revestimento duro de solda;
- Revestimento por metalização;
- Tratamento térmico de: recozimento, normalização, beneficiamento, cementação, nitretação;
- Têmpera superficial: a chama ou indutiva;
- Alívio de tensões: antes ou após solda;
- Reusinagem de superfícies revestidas;
- Aquecimento para montagem/desmontagem: indutivo, em forno a chama;
- Resfriamento para montagem/desmontagem: em câmara ("geladeira"), a CO₂, a nitrogênio líquido;
- Prensagem hidráulica;
- Montagem e desmontagem mecânica;
- Revestimento de superfícies de deslizamento com metal patente;
- Recorte: a guilhotina ou tesoura universal;
- Dobramento: a prensa hidráulica, calandra ou dobradeira;
- Conformação: a frio e a quente;
- Calibragem ou desempenho;
- Ponteamento e solda de união;
- Brazagem (solda autógena);
- Jateamento, fundo e pintura protetiva;
- Limpeza e lavagem;
- Teste funcional e inspeção dimensional;
- Acondicionamento e embalagem.

Outros processos empregados nas DCMs são de uso exclusivo. São:

- Processos relativos a confecção, recuperação e afiação de ferramentas de corte em geral, exclusivos da oficina mecânica.
- Processos de uso específico da oficina eletro-mecânica, em conjuntos e componentes elétricos, a saber:
 - Análise e peritagem de defeitos ou falhas de conjuntos e componentes elétricos;
 - Enrolamento (bobinamento) de bobinas, rotores, etc;
 - Envernizamento de isolamento em enrolamentos elétricos;
 - Outros processos de isolamento: encadernamento, recobrimentos e revestimentos diversos com materiais isolantes variados (mica, fitas plásticas, lã de vidro, a vácuo, etc.);
 - Aquecimento de cura do envernizamento ("estufagem");
 - Balanceamento dinâmico em máquina equilibradora;
 - Balanceamento dinâmico "no campo" para motores pesados;
 - Teste funcional em laboratório de medidas elétricas: banco de prova, medições elétricas e galvanométricas;
 - Limpeza e secagem através de imersão em produtos químicos;

- Calibragem de comandos e controles elétricos,
 - Confeccão e recuperação de "cartões" de circuito impresso.
- Processos relacionados com aferição e recuperação de aparelhos e instrumentos em geral (de instrumentação):
- Calibragem de instrumento;
 - Processos característicos de recuperação e ajustagem de válvulas de controle de fluxo;
 - Reparos em instrumentos eletrônicos, hidráulicos ou pneumáticos.
- Processos que exigem especialização e recursos específicos, que não são desenvolvidos nas OCMs devido à baixa frequência de uso. São geralmente sub-contratados:
- Revestimento de superfícies por processo químico: borracha, ebonite, uretano, poliuretano, etc.
 - Revestimentos superficiais metálicos (cromo, níquel, etc.);
 - Revestimento por metalização de películas de alta dureza: metal duro, cerâmica.
 - Eletro-erosão;
 - Balanceamento de rotores de grande porte e regime de alta rotação, (Turbo-geradores e turbo compressores).

3.3. Projeto do arranjo físico

O arranjo físico usual da OCM é o funcional, seja devido ao conceito tradicional predominante na administração científica, seja porque um grande número das OCMs atuais resultaram de projetos relativamente antigos. Não obstante os méritos deste tipo de concepção, válidos principalmente na fase do início da industrialização [24] [92] [93], ela não permite otimização das atividades de manufatura.

Conforme analisado em parágrafos anteriores, esta concepção baseada em arranjo funcional, é a causa principal de fatores negativos à produtividade dos sistemas de produção. Por conseguinte as OCMs, salvo eventuais excessões, apresentam um quadro geral com recursos de produção sub-utilizados, não otimizados. Embora façam uso de importantes esquemas de apoio institucional da empresa como: programação, métodos e processos, engenharia de ferramentas, engenharia industrial, etc., a situação geral permanece invariável.

Há portanto, uma interrogação a responder. É possível transformar este quadro, dando-lhe condições de otimização? Que critérios e métodos práticos utilizar para isto?

O uso de T.G. na revisão do projeto deste sistema de produção abre um caminho promissor para equacionamento seguro. Os diferentes

aspectos desta questão serão, portanto, discutidos nos parágrafos seguintes.

3.4. Planejamento, programação e controle

A programação e controle da produção (PCP) atua, nas OCMs, a partir do princípio do "controle de estoques", discutido na seção 2.4 deste capítulo. Isto decorre de que as solicitações (Ordens de serviço - OS) são provenientes, ou da Gestão de materiais (reaprovisionamento por estoque mínimo de sobressalentes) ou da Manutenção, - para recuperação ou confecção de peças a trocar, - o que ocorre também em condições de imprevisibilidade de demanda. A figura 2.49 apresenta de modo resumido e esquemático, um fluxograma de serviços de uma OCM.

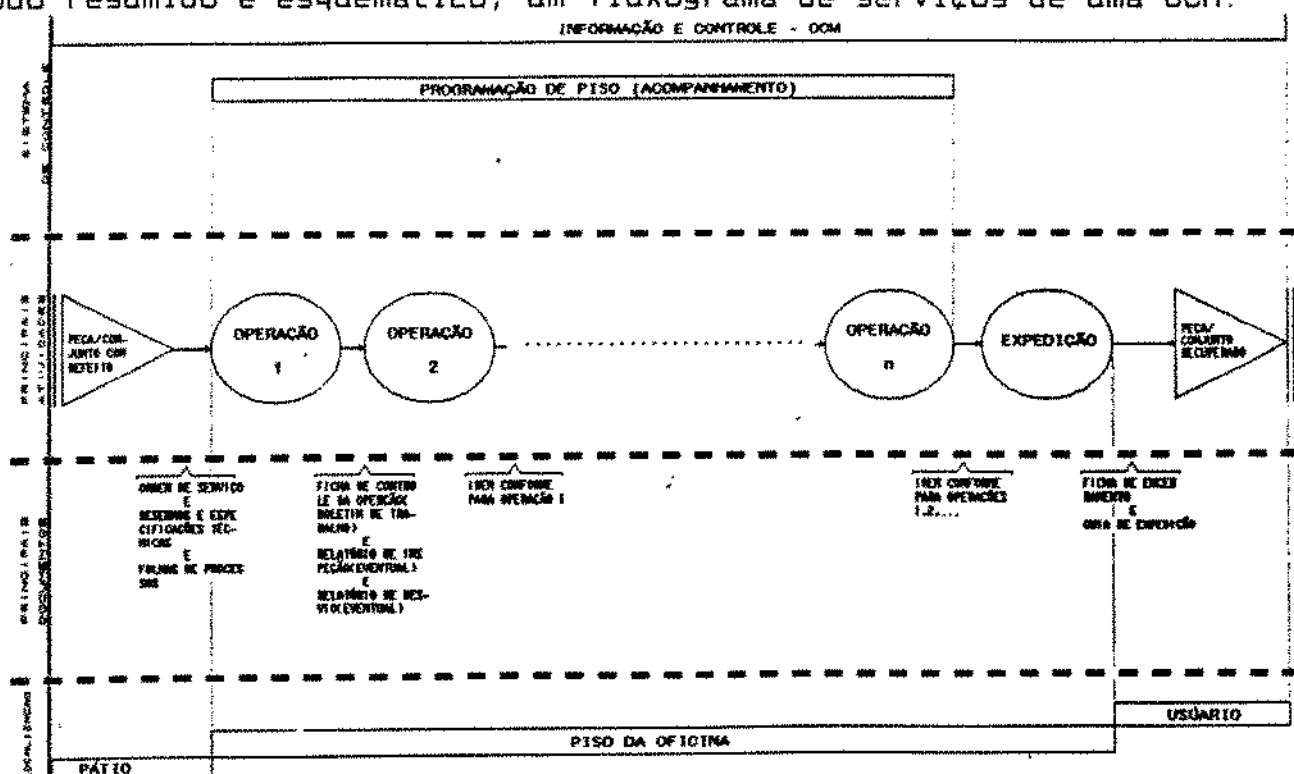


Fig. 2.49: -Diagrama : Principais atividades e controles na recuperação. OCM, ciclo na oficina.

Assim, trabalhando em base a um sistema de arranjo físico funcional e com solicitação por nível de estoques, o PCP praticamente se descaracteriza, limitando suas prerrogativas e os seus compromissos diante dos planos de produção e do gerenciamento da OCM. É praticamente impossível programar com consistência um tal sistema e, sobretudo, monitorar os serviços em andamento [14].

Conseqüentemente, o PCP não consegue dimensionar os parâmetros do sistema em cada situação de estado e muito menos gerar subsídios para interpretações seguras destas situações, sejam elas de equilíbrio ou, principalmente, de desequilíbrio (readaptações do sistema).

Este "enfraquecimento" impede o exercício de uma função fundamental do PCP; a de elaborar planos de produção a qualquer horizonte, em condições de rotina ou estratégicas.

A possibilidade de inversão desta situação está na alternativa da programação periódica em blocos (P.P.B.) e seus respectivos controles e que foi discutida na secção 2.4 deste capítulo. As perspectivas que a T.G. abre ao ser instituída, levam à possibilidade de adoção deste tipo de programação, quer porque a concepção de arranjo físico muda, quer porque a produção através de "ciclos curtos" de famílias de peças, propicia a base para o PCP operar, dando aos sistemas, por conseguinte, efetividade em termos de administração industrial.

3.5. Métodos e processos

A principal função deste setor é elaborar as folhas de processo (planos de operação) para a execução nas oficinas, dando provimento do que for necessário para a realização das operações de manufatura (preparação dos trabalhos).

É uma função que impõe um elevado nível técnico e larga experiência profissional, ao pessoal que a realiza.

Todavia, o ambiente acima descrito, incompatível com a ordenação das tarefas, leva a um sub-aproveitamento deste potencial. A preparação dos trabalhos, incluído aí, por exemplo, o provimento de materiais e ferramental necessários, é praticamente inviável de modo sistemático. Também, uma grande quantidade de serviços de pequena complexidade - por exemplo, confeccção simples de peças pequenas - requerem intervenção obrigatória do seu pessoal técnico, onerando injustificadamente os custos de engenharia e enfraquecendo a sua disponibilidade de trabalhar em tarefas mais importantes.

Em ambos os casos mencionados: planejamento dos processos e preparação dos trabalhos, o impacto resultante da introdução da T.G. é importante. Torna-se possível, por exemplo, o planejamento de processos-mestres, válidos para grupos-homogêneos (famílias); torna-se assim, possível ao Técnico de Processos se liberar da elaboração repetida de processos simples e se dedicar a questões mais "nobres", ligadas com a preparação eficiente dos trabalhos, com racionalização e se atualizar com o desenvolvimento tecnológico.

3.6. Gestão de serviços externos

Este setor, geralmente anexo ao PCP da OCM, se ocupa da triagem, preparação, especificação, envio, acompanhamento, retorno e controle

dos serviços de confecção ou recuperação de componentes e, também, do acondicionamento de conjuntos em fornecedores. Por conseguinte, faz da gestão das atividades ligadas ao regular provimento de serviços externos à DCM: pré-qualificação e desenvolvimento de fornecedores, contratação, gestão de contrato (contraparte), controle orçamentário, encomendas especiais (Grandes paradas e reformas de equipamentos, por exemplo). Um fluxograma representativo de uma encomenda de serviços a terceiros está representada na figura 2.50.

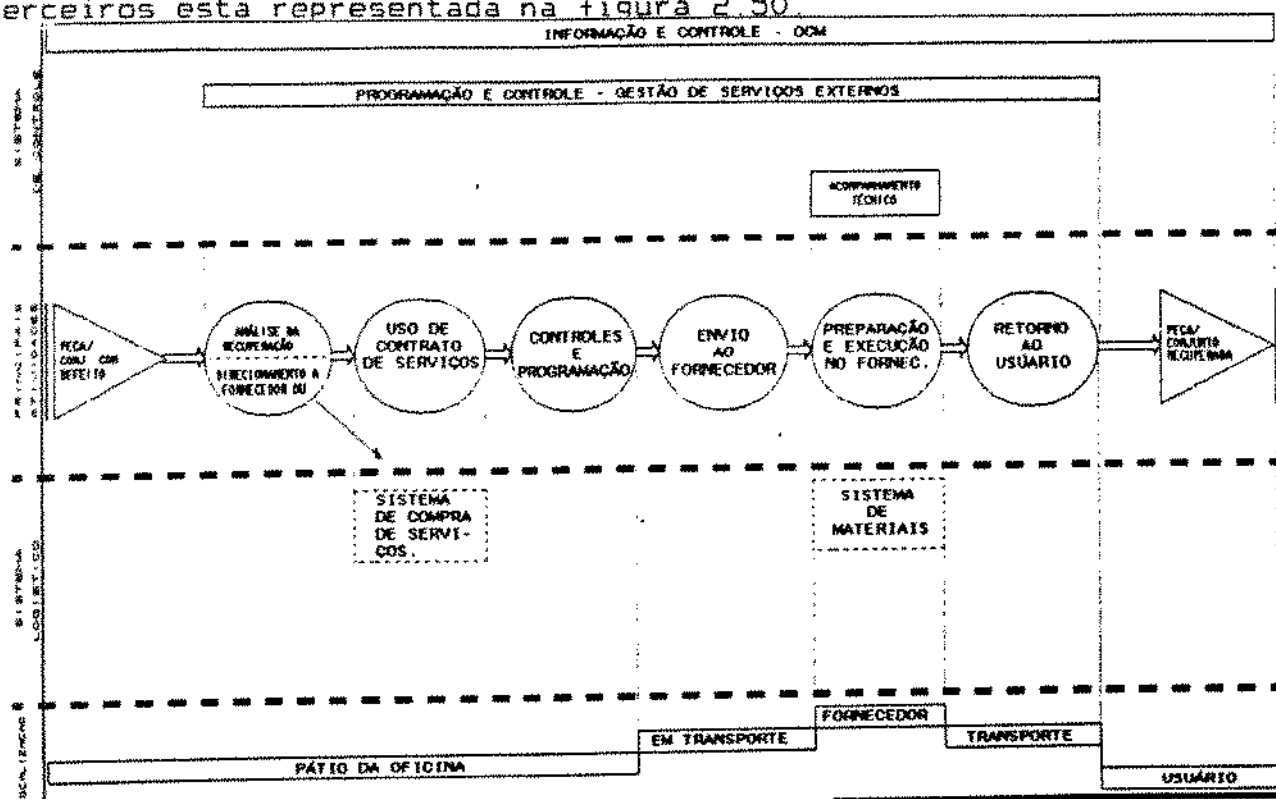


Fig.2.50: - Diagrama : Atividades de recuperação através de fornecedores. Controles, OCM.

Da própria natureza das atividades acima mencionadas, ressalta o aspecto gestor. Em consequência, o perfil do profissional requerido para o cumprimento dos requisitos funcionais é de elevada qualificação. A isto se acrescenta a aptidão para o acompanhamento permanente, em caráter solidário (por se tratar com frequência de serviço de recuperação nas oficinas dos fornecedores). A quantidade de tempo empenhado em deslocamento (viagens), comunicação e controle, é grande e isto provoca, via de regra, uma preocupação ambígua por parte da administração, para com este pessoal... Se por um lado a sua alta qualificação comprovada a cada uma encomenda, é respeitada, por outro lado a eficiência do uso de seu tempo de trabalho, em relação aos serviços gerenciados é geralmente baixa.

Há aspectos a considerar e providências que podem aumentar a produtividade global do setor [66]. Todavia, dentro da linha do presente trabalho, o grande potencial que a T.G. oferece em relação à organização básica desse setor será discutido a seguir.

3.7. Contratação de serviços

Não só a contratação, mas também a triagem e o direcionamento dos serviços externos, são assunto controvertido, por envolverem o uso de diretrizes ou práticas gerenciais, nem sempre assentadas nas OCMs.

Com efeito, as dificuldades para conciliar uma encomenda de serviços, ou uma contratação, estendem-se para além da esfera da OCM. É preciso considerar aspectos da gestão de materiais, gestão de compras, gestão financeira, aspectos jurídicos e mercado de fornecedores. As negociações sucessivas tornam a tramitação longa; por outro lado, nem sempre o critério de pré-qualificação e seleção de um fornecedor é aceito tácitamente pela alta administração da empresa. O resultado deste "processo" lento e incerto é, em geral, uma deficiência crônica na encomenda de serviços externos, o que faz agravar o problema da falta de recursos internos. Com relação a isso, na questão particular dos critérios para contratação, a contribuição da T.G. pode ser excepcional, como será analisado em seguida

3.7.1. Contribuição a obter da tecnologia de grupo

Uma maneira de conceber os sistemas produtivos é adequar grupos homogêneos de peças (famílias) a grupos correspondentes de máquinas (células). Assim se dá consistência ao que se pode chamar de "vocação" industrial do sistema ou subsistema. Daí em diante é possível aplicar racionalização e desenvolvimento tecnológico, otimizando o sistema como um todo. Num sistema mais abrangente, composto por este sistema e os fornecedores, é possível, da mesma forma, aplicar o conceito. É possível aplicar os princípios de T.G. aos fornecedores, dentro de um mercado competitivo (condição básica, evidentemente indispensável) e selecionar sistemas produtivos de fornecedores, dedicados a grupos homogêneos de serviços externos encomendados pela OCM.

O método proposto, ao reestruturar o sistema por meio de técnicas de agrupamento, permitirá otimizar as condições de acompanhamento dos serviços e a sua agilização, e estabelecer um critério forte para triagem e direcionamento das encomendas a terceiros (Ver Cap. VI, parte 4, Vantagens-Gerenciamento).

3.8. Sistema de informação da OCM

A elevada quantidade de informações, a sua complexidade e a sua variabilidade, predispõem a OCM para o emprego de sistemas de informação computadorizados.

A realização simultânea, dentro do sistema O.C.M., de um grande número de processos de recuperação/confecção - que são o fato gerador das atividades gerais das O.C.Ms. - e o seu desdobramento permanente, provoca uma grande quantidade de transações. A figura 2.51, representativa das atividades e informações básicas de um ciclo de recuperação, ilustra este aspecto.

Esta característica é acentuada pela evolução tecnológica que vem ocorrendo no campo da manufatura onde, devido ao emprego intenso de informação, já foram concebidos sistemas-padrão para apoio computacional da fabricação ("Computer aided manufacturing" - CAM).

A OCM, diante de fluxos altamente densos de informação, carece de uma previsão do futuro equacionamento em termos do emprego de:

- . Sistema de informação computacional central da empresa (Materiais, compras, custos);
- . Sistema de informação computacional da Manutenção Central (Intervenções, históricos);
- . Sistema de informação e controle computacional do PCP da OCM (Serviços, prazos);
- . Sistema de informação tecnológica computacional da OCM (Apoio à fabricação; computação gráfica; banco de dados).

A determinação das soluções viáveis é, de resto, um problema semelhante ao que se depara em manufatura, guardadas as devidas proporções, no desenvolvimento dos sistemas integrados de produção.

As atuais frentes de pesquisa procuram conceber redes e sistemas de informação tais que permitam:

- . Viabilizar uma arquitetura balanceada dos recursos de informação na empresa - por exemplo, os sistemas descentralizados de informação [94],
- . Viabilizar a intercomunicação entre sistemas e/ou sub-sistemas equacionando as diferenças de lógica e linguagem computacional entre eles - propriedade de "portabilidade" de dados - e os "protocolos" para intercâmbio das informações entre os agentes operando nos distintos sistemas a integrar [95].

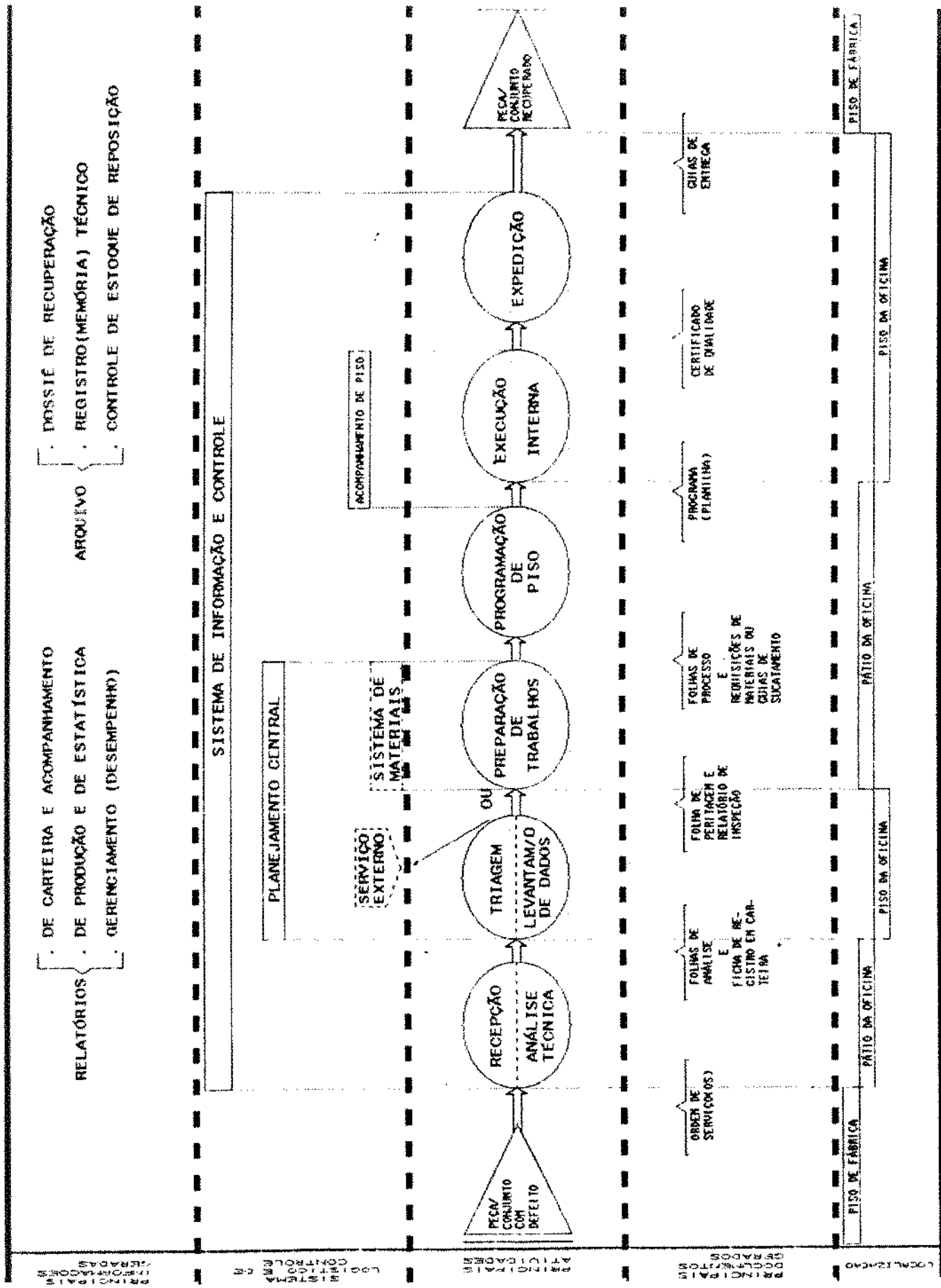


Fig. 2.51 : Diagrama : Atividades e controles na OCM.
Ciclo total.

3.9. índices de controle de desempenho

Os índices de desempenho, a exemplo do que ocorre na manufatura, são fundamentais para o controle do sistema formado por uma DCM.

Os índices que oferecem altos conteúdo e potencial analítico, ao se tratar de gestão deste sistema são:

- . índices globais de desempenho operacional;
- . índice de utilização das máquinas e equipamentos de produção;
- . índice de eficiência da mão-de-obra;
- . índice de produtividade global;
- . índice de rejeição dos produtos trabalhados na DCM;
- . índice de atendimento médio em prazos;
- . índice comparativo do desempenho "custos totais" versus "faturamento" total

índices globais: são indicadores do potencial ou desempenho produtivo de uma DCM.

São expressos em quantidade de serviços produzidos no período; horas trabalhadas no período, etc., e relacionados, ou não, com as respectivas demandas.

índice de utilização (U): mede o nível de aproveitamento dos recursos produtivos da oficina. Sua expressão analítica é:

$$U = \frac{\text{Horas disponíveis para produção}}{\text{Horas totais possíveis de funcionamento}} \quad (2.21)$$

A diferença entre o numerador e o denominador da expressão acima se refere principalmente a horas paradas para manutenção; horas de absenteísmo; horas perdidas por "interferências" (Modificações, translados, reformas) etc.

índice de eficiência (E): mede o nível de aproveitamento dos recursos de produção em relação às horas disponíveis:

$$E = \frac{\text{Horas empregadas na execução dos serviços}}{\text{Horas previstas (planejadas)}} \quad (2.22)$$

A diferença entre numerador e denominador provém de:

- escasso desempenho operacional das máquinas e equipamentos;
- escasso rendimento da mão-de-obra empregada (Habilitação, conhecimento das operações);
- condições técnicas inadequadas (Parâmetros para a usinagem, materiais fora da especificação, etc.),

- outros fatores de ordem técnica, humana ou organizacional.

índice de produtividade (P): conceitualmente corresponde à idéia de avaliação global do sistema produtivo.

$$P = \frac{\text{Ganhos obtidos do sistema produtivo}}{\text{Recursos empregados no sistema para produzir}} \quad (2.23)$$

Simplificadamente, o índice acima é definido como:

índice de produtividade = índice de utilização X índice de eficiência

$$P = U \times E \quad (2.24)$$

índice de rejeição (R): indica as falhas de qualidade dos serviços executados.

$$R = \frac{\text{Quantidade de serviços com falha}}{\text{Quantidade total de serviços executados no período}} \quad (2.25)$$

Como este é um mero indicador, o nível de qualidade dos serviços deve ser efetivamente avaliado através dos índices de desempenho em produção, levantados no equipamento em operação, por parte da manutenção de área (ver índices de produção, parágr. 1.5.6, Cap. II)

índice de atendimento em prazos (AP): é uma estatística que mede o desempenho da DCM em termos de prestação de atendimento às solicitações de serviços a ela destinados.

$$A.P. = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_{cti} \quad (2.26)$$

n = número de serviços executados no período

t_{cti} = tempo ciclo total de execução, contado em dias.

(t_{ct} = data de finalização do serviço - data de recepção do serviço, contado em dias).

índice comparativo: custos versus faturamento: mede o nível de desempenho da DCM, no que se refere à sua auto-sustentação econômico-financeira

$$\text{índice faturamento/custos} = \frac{\text{Faturamento no período}}{\text{Custo total operacional da DCM no período}}$$

Os custos totais são aqueles incorridos na operação da DCM como um todo, no período considerado. O "faturamento" correspondente é a soma dos valores "faturados" pela entrega de todos os serviços executados no período.

Por conseguinte é necessário pré-estabelecer um critério para a valoração do faturamento da OCM. Um critério empregado, por exemplo, [38] consiste em valorar as horas de cada operação dos serviços executados, através dos preços de mercado correspondente - no caso, o mercado de fornecedores de serviços de recuperação mecânica regional. O levantamento dos preços de mercado não é, em geral, para as OCMs, uma tarefa de difícil realização, visto que elas, via de regra, fazem contratos permanentes com fornecedores em mais de uma faixa do mercado.

Comentários finais deste capítulo:

A revisão bibliográfica efetuada neste capítulo, visou coligir a experiência e os conhecimentos para melhor situar o método proposto. Assim, questões básicas foram analisadas, permitindo melhor definir:

- . o ambiente industrial ao qual se destina o método proposto,
- . as características deste ambiente, que não permitem aplicar a metodologia atual de tecnologia de grupo (T.G.),
- . os principais fatores de influência - físicos e de informação - que condicionam o ambiente industrial examinado (sistemas de produção operando em fabricação e recuperação),
- . as prováveis causas da aleatoriedade nestes sistemas,
- . a experiência e as idéias disponíveis para equacionar a incerteza nestes sistemas e estabelecer condições básicas de controle.

Há um fator presente ao longo da maior parte do argumento: a recuperação. Esta atividade, que é a razão essencial de existência destes sistemas de produção, é também a principal causa da aleatoriedade típica dos mesmos.

Sua conceituação, suas bases de conhecimento, suas características práticas, são fundamentais portanto, para definir o campo de aplicação e o próprio método proposto. Assim, o capítulo seguinte foi dedicado exclusivamente à análise e à discussão da recuperação mecânica.

CAPÍTULO III - RECUPERAÇÃO - CONCEITUAÇÃO E TÉCNICAS

No capítulo anterior foi feita uma revisão bibliográfica de tópicos cuja definição é necessária para bem situar os problemas do sistema de produção ao qual se destina o método de otimização descrito neste trabalho. Foram discutidas as implicações provenientes das atividades da manutenção, da metodologia e das técnicas de manufatura e das características físicas e organizacionais das oficinas que executam os serviços de confecção e recuperação.

Contudo, é necessário fundamentar o conceito de recuperação para elucidar sobretudo os seus efeitos, a incerteza que ele gera no sistema de produção, a sua importância e colocar oportunidade de um método para otimizar estes sistemas. Aqui cabe registrar que, a exemplo do comentado no final do capítulo anterior, o método proposto tem como razão a incerteza remanescente nos sistemas de produção que efetuam recuperação de peças. O que, outrossim, é a causa principal do seu comportamento não-determinístico; ou seja, recuperação e método proposto têm entre si uma correlação de causa e efeito.

Por questões de método e clareza, a recuperação foi tratada separadamente dos tópicos anteriores. Desta forma, tornou-se possível expandir os conceitos e assim ampliar o campo de aplicação do método proposto, para sistemas de produção situados no mercado de fornecedores. Isto, também, facilitou questionar a validade da recuperação como forma de produção; explorar um tópico importante no campo de recuperação: o da recuperação de peças de grande porte; e elaborar uma análise prospectiva de seu emprego.

1. CONFECCÃO E RECUPERAÇÃO - PRELIMINARES

A manufatura de bens trata dos processos e equipamentos e das leis relativas à fabricação dos mesmos.

Um determinado bem ao ser manufaturado (e montado, se for o caso), terá encerrado a fase de produção, dentro do domínio da manufatura. Entretanto, este marco é o início de uma nova fase. Uma fase diretamente relacionada com a satisfação de necessidades, isto é, do atendimento ao usuário pelos atributos do bem produzido. A característica fundamental do bem produzido passa a ser, então, a sua "utilidade".

A utilidade dos bens, quer sejam peças ou conjuntos é uma propriedade, sujeita a leis físicas e que implicam em usura, em "envelhecimento" e perda progressiva de utilidade. Assim

conceituada a questão, o projeto dos bens ou, generalizando, o projeto das máquinas, deve contemplar não só a fase de manufatura, mas também, a fase da utilização.

A perda de utilidade, o envelhecimento das máquinas, conforme se discorreu anteriormente, é um fato inerente ao seu funcionamento. O levantamento do desempenho das máquinas relacionando utilidade e tempo de vida fornece, com efeito, curvas características para as quais a pesquisa estabeleceu descrição estatística e uma comprovada universalidade [32]. Segundo a categoria de máquina - máquinas com componentes de vida curta recambiáveis, com elementos construtivos não reparáveis, etc.; há uma expectativa representada, pela "curva de envelhecimento", ilustrada na figura 2.2, Cap. II.

Isto posto, requisitos de projeto serão estabelecidos em função da expectativa de seu bom funcionamento - ou seja, de sua confiabilidade; e em função da facilidade de manutenção - ou seja, de sua manutenibilidade [43] [96]

O desempenho de uma máquina, quer sob o ponto de vista estritamente físico, quer sob o ponto de vista mais amplo de sua utilidade (incluído aí o aspecto técnico-econômico) portanto, depende de modo permanente da sua reparabilidade ou, mais especificamente, dos fatores ligados à recuperação.

As técnicas de recuperação de uma peça, conjunto, equipamento..., de um bem, são aquelas que permitem a sua recomposição às condições originais (ou aceitavelmente compatíveis com as condições de trabalho presentes).

Os conhecimentos e as atividades da recuperação de máquinas ou de seus componentes constituem um campo de reconhecida importância, principalmente quando considerados em termos de economia nacional [68] [69] [70]. Com efeito, a bibliografia registra uma crescente participação das atividades de manutenção e recuperação em relação ao total das atividades gerais industriais. Assim é que a proporção de operários empregados em manutenção (inclui-se aí a recuperação) aumenta progressivamente em países industrializados, como a antiga União Soviética (URSS) e a França, como mostra a figura 3.1[69].

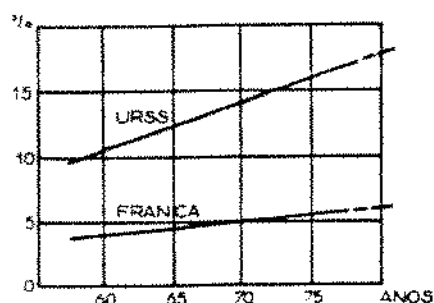


Fig. 3.1 - Comparação entre operários trabalhando em manutenção e total de operários na indústria. Evolução na União Soviética e na França [69].

A magnitude destas atividades na União Soviética se exprime, para a década de 70, em 15,6 bilhões de dólares (.) por ano, de despesas com manutenção, a nível de economia nacional. A mão de obra aí empregada se situa em 8 milhões de pessoas, dispondo para suas atividades, de 1 milhão de máquinas operatrizes. Os Estados Unidos da América (USA), por seu turno, registram o dispêndio global, a nível nacional, de 22,3 bilhões de dólares (.) em atividades específicas de recuperação no decurso de 20 anos, período 1960 - 1979. [69]

Na antiga Alemanha Ocidental (BDR), o dispêndio global nacional anual relativo a manutenção, atingiu em 1974 a soma de 11,8 bilhões de dólares (...), registrando-se o emprego de um percentual estimado entre 6 e 10% da capacidade produtiva industrial nacional, em atividades específicas de manutenção [70]

A importância econômica da recuperação se reflete nos rumos e na vida das empresas e o seu impacto atinge as esferas social e política. Por exemplo, é notório o empenho governamental que tem ocorrido na antiga União Soviética no planejamento estratégico nacional, especificamente com as atividades de recuperação - expresso nas resoluções formais dos congressos do partido oficial então dominante [97].

A recuperação mecânica, em especial, apresenta características em tudo semelhantes à manufatura mecânica. Processos e equipamentos similares, conhecimento técnico-científico (engenho e arte) são dela emprestados para a realização das operações de recuperação.

2. A RECUPERAÇÃO DE PECAS DE GRANDE PORTE

Na recuperação de peças e conjuntos mecânicos agregados a máquinas e equipamentos de grande porte(...), o elevado peso e grandes dimensões das peças, associados ao seu alto valor de reposição, fazem da recuperação um desafio para homens e empresas, gerando assim, massa crítica para o desenvolvimento de tecnologia de processos e de pesquisa.

Com efeito, essas atividades reúnem recursos que combinam operações de:

(.) Taxa de conversão de 1 Dólar = 0,8975 Rublos

(..) Taxa de conversão de 1 Dólar = 2,54 Marcos

(...) Consideram-se como de grande porte, neste trabalho, as peças e conjuntos caracterizados alternativamente por: Peso acima de 15 ton; Comprimento acima de 8 m; . Diâmetro acima de 3 m, ou secção retangular acima de 6 m²

- . Alta precisão de execução (Qualidade de acabamento, tolerâncias estreitas, formas especiais);
- . Ampla gama de processos (Máquinas operatrizes e processos diferenciados, materiais variados);
- . Fluxo problemático dos materiais e processos (Dificuldades de manuseio e posicionamento por causa do grande peso e tamanho, mais de transporte e elevação de grandes dimensões);
- . Maquinário e equipamento de produção especializado (Recursos de grande porte, escassez deste tipo de maquinário, necessidade de universalidade e flexibilidade no projeto, etc.);
- . Sistema de informação e controle (Lotes unitários, especificações de processo minuciosas e complexas, acompanhamento passo-a-passo; previsões exatas de carga de máquinas);
- . Instalações apropriadas (Instalações industriais, estruturas e edifícios de tamanho e capacidade compatíveis) pátios de estocagem e manobra, entrocamento ferroviário, etc.).

Estas peculiaridades vão gerar traços da "personalidade" dos sistemas de produção correspondentes:

- . Especialização da mão-de-obra;
- . Altas taxas de custo de produção (Valor elevado do investimento inicial; alto custo de ociosidade de máquinas; estrutura organizacional relativamente complexa e "pesada");
- . Área técnico-comercial desenvolvida (proximidade permanente do usuário; técnicas e serviços de contratação em uso constante; problemas de garantia; sensibilidade em relação ao mercado).

Esta relação de itens, apreciada em conjunto, faz associar a recuperação de peças de grande porte à chamada indústria pesada, dedicada a bens de capital. De resto, os serviços de recuperação que não são executados nas OCMs das usinas em geral, especialmente as recuperações de grande porte, só encontram mercado fornecedor compatível nas referidas indústrias pesadas, geralmente constituindo um segmento de potencial estratégico na economia das nações.

3. RECUPERAÇÃO: PERSPECTIVAS TECNOLÓGICAS

É procedente indagar sobre o futuro das atividades de recuperação? A manutenção industrial deverá continuar a recuperar peças no futuro, ou a tendência é desaparecer este tipo de conceito, passando-se ao recâmbio de peças, tão somente?

É preciso, de antemão, equacionar duas questões fundamentais de manutenção industrial e de recuperação, que definem este horizonte:

1- Até quando e até que ponto, as usinas integradas, por exemplo, continuarão a empregar os atuais processos e os respectivos equipamentos de produção e, portanto, a solicitar os trabalhos de recuperação?

2- Poderá haver uma mudança de tendência nas técnicas de reparo do equipamento? A recuperação de componentes poderá ceder lugar à simples troca e descarte?

A estas duas colocações, seguem os seguintes comentários:

1ª. Os estudos prospectivos indicam, para horizontes razoavelmente distantes - as próximas décadas - a tendência de se empregarem os mesmos processos e equipamentos usados na indústria "de base" atual. Sem embargo disto, prevê-se uma forte evolução no que refere a materiais e processos, ao desenvolvimento tecnológico (automatização, flexibilidade, etc.) e demais fatores, sem todavia um afastamento das tendências construtivas dos equipamentos de produção.

2ª. A tendência de efetuar manutenção de intervenção com uso predominante de recâmbio, evitando-se a recuperação subsequente, não é típica na manutenção de equipamentos, particularmente os de grande porte; e isto se conserva na engenharia de projetos, de processo e de equipamento. A expansão do conceito de manutenção e a abordagem terotecnológica [20] [21] integram progressivamente os pré-requisitos de projeto, de tal sorte que o desempenho funcional do conjunto ou componente se interrelacione com um desenho otimizado de fabricação e uma configuração mecânica dotada de manutenibilidade e recuperabilidade compatíveis. Esta tendência, não só não evidencia uma mudança no estilo de manutenção com uso de recuperação mas, bem ao contrário, mostra a busca de uma sistematização de conhecimentos técnicos e de gestão visando à ampliação da vida útil dos bens de produção com o emprego racional do conceito e das técnicas de recuperação.

A tendência que se observa não indica, em particular no caso de peças de grande porte, este caminho [98] [99] [100]. O princípio de troca de peças ou "jogos" ("Kits") não exclue, por si só, a conveniência das recuperações; o que é bem mais evidente no caso de peças de grande porte. A tendência da evolução no projeto das grandes peças é justamente a de contemplar a sua utilidade, conferindo-lhes melhor manutenibilidade inclusive no que refere à recuperabilidade, através de soluções adequadas de projeto.

Uma visão prospectiva sobre as atividades de recuperação para o futuro ou - "para não correremos o risco de perder objetividade com horizontes muito distantes", - a perspectiva para as próximas décadas, depende da análise dos seguintes fatores:

- Tendências de continuidade de emprego dos equipamentos presente-mente em operação na indústria;
- Tendências no projeto dos processos das unidades de produção da indústria pesada;
- Tendências de projeto dos equipamentos destas unidades de produção;
- Tendências de projeto no uso de materiais para novos equipamentos;
- Tendências de aplicação de máquinas operatrizes de grande porte;
- Desenvolvimento na concepção de sistemas no que refere a confiabilidade;
- Condições de sobrevivência da indústria de bens de capital e, particularmente das que realizam recuperações (condições de mercado);
- Tendências econômico-financeiras globais, particularmente as que estão mescladas com a questão da dívida externa.

Entretanto, os fatores acima mencionados, dependem, basicamente da tendência geral do desenvolvimento futuro das unidades da indústria pesada, particularmente das usinas integradas e dos complexos industriais de prestação de serviços.

A tendência evolutiva das unidades de produção dos vários ramos da indústria de base, - quer no caso das unidades hoje em operação, quer da evolução dos projetos, para as unidades que serão construídas - é, ao mesmo tempo, de intenso desenvolvimento tecnológico (no sentido de simplificação, segurança, confiabilidade, eficiência, flexibilidade, por exemplo) e conservadora, no que tange aos princípios básicos da concepção e projeto dos processos e equipamentos, vale dizer da concepção estrutural mecânica de máquinas.

No ramo da produção de metais, nos estudos prospectivos, publicados recentes [101] [102] [103] [104], esta tendência é particularmente reconhecida. A expectativa é a de vigoroso desenvolvimento das usinas integradas, em termos de automatização, flexibilidade, continuidade do processo metalúrgico, controles automatizados; integração, em níveis globais da produção ou da empresa. Todavia, os equipamentos básicos da usina deverão operar com os mesmos princípios e com a mesma configuração mecânica atual, ressaltados os pontos localizados de melhoria e inovação.

Vale dizer que os problemas de manufatura e de recuperação permanecerão, em essência, os mesmos.

As OCMs, por um lado, e as indústrias mecânicas operando em recuperação, por outro, deverão prosseguir no horizonte considerado, prestando seus serviços à indústria de base. O que cabe discutir, sem dúvida, não é a próxima extinção da recuperação mecânica, mas a evolução requerida para confrontar com os novos tempos.

4. AS TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO

4.1. Diagnóstico

Pecas ou conjuntos podem ser desacoplados e afastados do equipamento de produção para verificação de eventual defeito ou para recuperação de falha. Segue-se o diagnóstico do defeito ou falha em si, que permitirá a definição da necessidade de recuperação e a determinação dos processos adequados para este fim.

No diagnóstico, podem-se individualizar as seguintes etapas:

- . Avaliação do desgaste e estado de tensão(ou ruptura, se for o caso);
- . Levantamento e registro (peritagem) das deficiências (deformações, perda de medidas);
- . Testes e registro das propriedades mecânicas deficientes(revelação por líquido penetrante, ultra-som, raio-X, análise metalográfica, análise química da composição, análise de fratura, etc.).

Na primeira fase do diagnóstico, o estado atual da peça é examinado em confronto com a forma, as dimensões e o material originais. São individualizadas diferenças de cotas, desgaste aparente e degradação do material. Sintomas relativos ao estado de tensão, tais como deformação, porosidade, trincas e lascamentos, "testemunhos" de fratura e, eventualmente, outros sinais ligados aos estados de tensão, (como é o caso típico das deformações plásticas residuais em superfícies usinadas e submetidas em funcionamento, a forte grau de deformação cristalina) [26] [105]

A figura 3.2 [106] mostra um caso de deformação plástica residual decorrente de fadiga torsional em um eixo intermediário (alonga). Os planos de deslizamento cristalino dispõem-se tipicamente cruzados a 45° e, no caso exemplificado, com degradação através de trincas intergranulares [107].



Fig. 3.2
Trincas superficiais típicas no diâmetro externo de um eixo de transmissão. Os planos de deslizamento cristalino dispõem-se cruzados a 45° em relação ao eixo do esforço [106].

Fig. 3.3 - Cópia de levantamento dimensional de uma peça avariada (alonga) para sua peritagem.

Outra complementação é obtida , por análises laboratoriais, que são solicitadas segundo as características particulares das peças. O anexo 3.1 ilustra uma folha de registro de exame por ultra-som para algumas superfícies do mesmo tipo de peça da figura 3.2 (alonga). Os resultados destes testes servem não só à interpretação da falha, mas também ao melhor conhecimento da peça em si (estrutura metalográfica, composição química, por exemplo) ou de interpretação do processo de "envelhecimento" que vem ocorrendo durante o seu funcionamento.

4.2. Especificação de processos

4.2.1. Folhas de processo de recuperação

A descrição e as especificações relativas ao processo de recuperação (folhas de processo) apresentam, de modo geral, características particulares, que as distinguem, em relação às folhas de processo de manufatura. Suas descrições são detalhadas no que refere aos procedimentos de fabricação empregados, acompanhados de especificações relativas a materiais, tratamentos, inspeção e testes, manuseio, estocagem e embalagem. O anexo 3.2 apresenta folha de processo de recuperação de uma peça, com a ilustração destes procedimentos.

4.2.2. Folhas do processo básicas

Há casos particulares de recuperação que se distinguem por sua repetitividade. É o caso típico das assim chamadas "peças de desgaste", ou seja, peças cujo funcionamento provoca desgaste em determinadas superfícies. Estas são recuperadas periodicamente pela simples remoção de material ou por remoção seguida de revestimento e acabamento executados de modo repetitivo. Exemplo: rolo de guia dos veios de escoamento de aço no processo siderúrgico do lingotamento contínuo; desgaste da pista do rolo.

Neste caso é possível elaborar folhas de processo que são básicas (ou padrão) e válidas para todas (ou a maioria) as peças de mesmo desenho que vêm sendo recuperadas na oficina. É um caso importante, porque permite não só a racionalização do trabalho, mas também permite um melhor aproveitamento dos recursos de produção - máquinas e roteiros, ferramental, etc. O anexo 3.3 ilustra um relatório de peritagem padronizado referente a um conjunto do rolo de guia do lingotamento contínuo acima citado. O anexo 3.4 ilustra uma planilha de orçamento feita com base na folha de processo padrão do anexo

anterior. Pode-se observar, portanto, no exemplo uma simplificação feita em serviços de recuperação repetitiva encomendados para execução em fornecedor externo.

Este tipo de aplicação, que é exemplificado em um caso particular de siderurgia unicamente por razões de método, é freqüente quando se trata de sobressalentes "de desgaste". É importante, na medida em que mostra a correlação entre a formação de grupos homogêneos de serviços de recuperação e o aumento de produtividade, através do emprego de técnicas de agrupamento.

4.2.3. Processos e confiabilidade

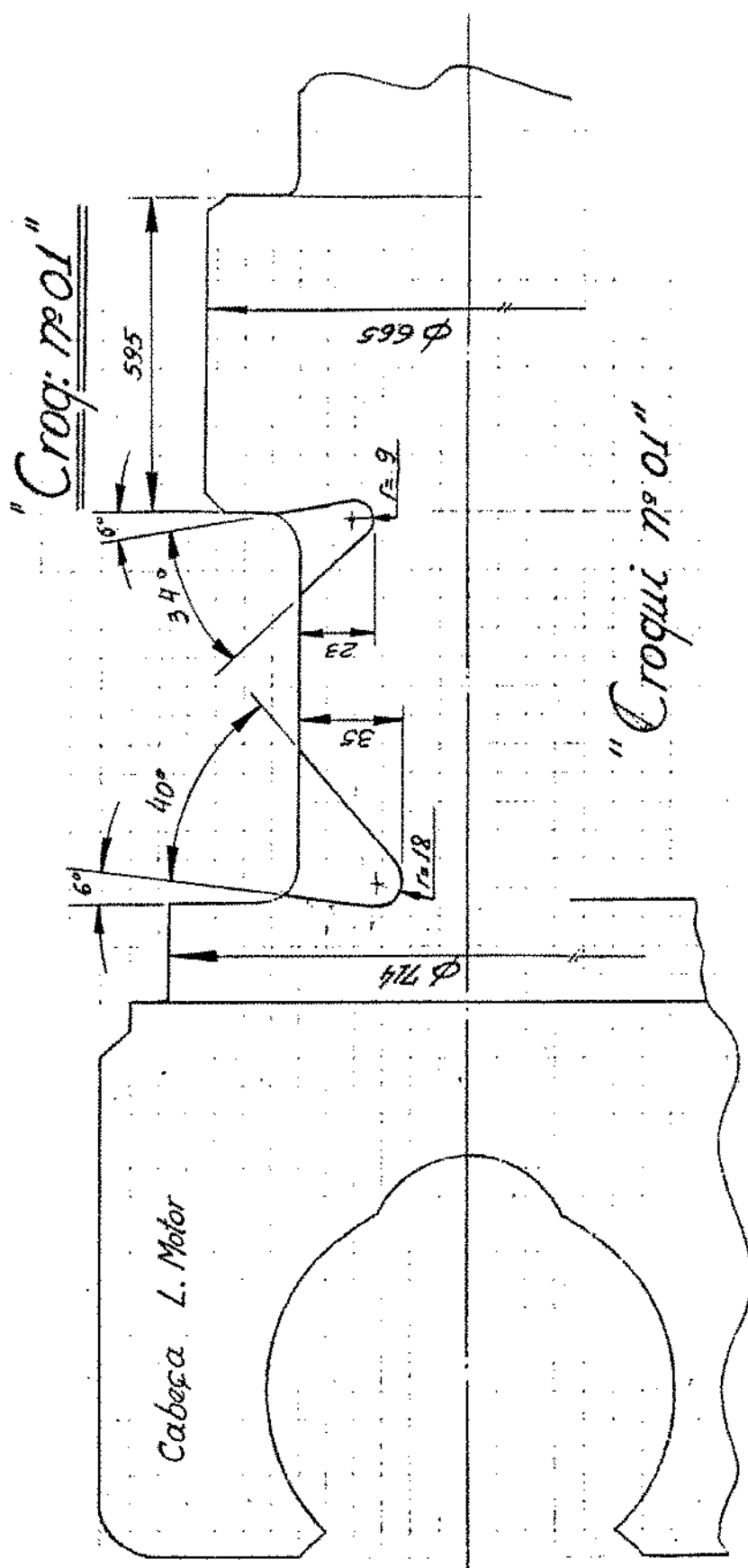
A recuperação mecânica pode implicar em intervenção no núcleo da peça e portanto na sua estrutura cristalina. Partes danificadas são removidas e recompostas por materiais de substituição, por processos diversos como soldagem, por exemplo. Estas intervenções, muitas vezes, são feitas sob agravantes de trincamento superficial, fratura ou outras formas de degradação.

Nestas condições, juntam-se diversos fatores de incerteza, pois os efeitos destes processos - soldagem por exemplo - sobre materiais "envelhecidos" nem sempre são rigorosamente controláveis e determinísticos, no que tange aos efeitos sobre a estrutura dos materiais sob processo.

Isto acrescenta uma especial necessidade de confiabilidade aos processos de recuperação, traduzindo-se em descrição, especificações e procedimentos detalhados, como, de resto, se pode constatar através das ilustrações contidas nos anexos 3.1 e 3.2 anteriores.

Há diversas técnicas empregadas na área de processos, para garantir, portanto, uma boa confiabilidade às recuperações. Como exemplo, podem-se mencionar

- a) Técnicas de "dimensionamento de cotas de fabricação" para garantia de cotas importantes e com tolerância estreitas. O esquema da figura 3.4 [10B] mostra um exemplo de aplicação do cálculo.
- b) Técnicas de análise dos processos de solda, para garantia de preparação de superfícies de junção e a penetração do material em fusão. O esquema da figura 3.5 mostra um exemplo de emprego de croquis auxiliar à operação de enchimento com solda em uma recuperação.



Distancia entre faces 380 m
 Peso 28 ton

Fig. 3.5 - Croquis com especificações de usinagem para remoção da parte de peça comprometida por trincas intercrystalinas.

5. PROJETO E RECUPERABILIDADE

A recuperação sucessiva de determinadas peças de grande porte pode gerar, a nível de sistema de manutenção, iniciativas de revisão de projeto que contribuam para a simplificação e a redução dos custos característicos da respectiva recuperação.

Assim, podem ser efetuadas revisões em desenhos de componentes, modificações, acréscimos de especificações de projeto ou de processo ou mesmo, desenhos específicos de recuperação. Uma revisão deste tipo implica em um relacionamento interativo entre diversos setores respondendo pela manutenção industrial. A figura 3.6 [42] apresenta o ciclo de atividades, previstas no caso geral de um sistema de produção integrado no conceito terotecnológico.

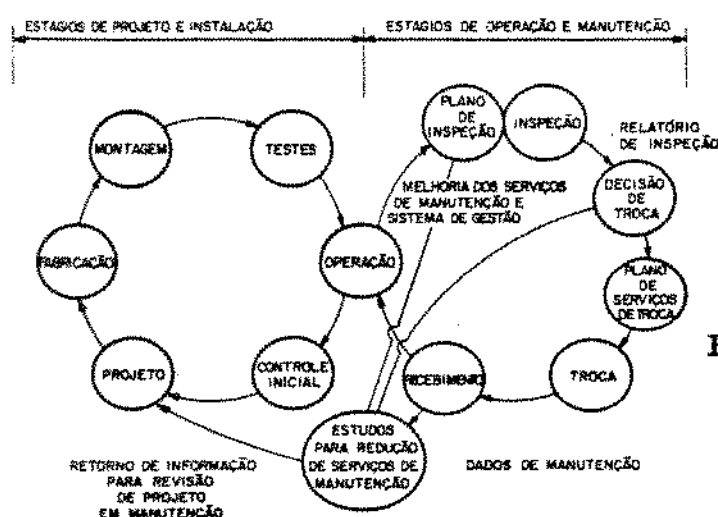
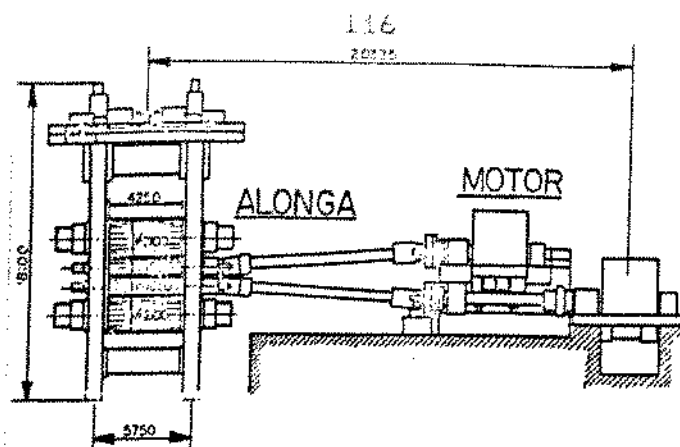


Fig. 3.6 - Fluxo de informações relativas ao ciclo geral de melhoria na manutenção, incluída a revisão de projeto [42].

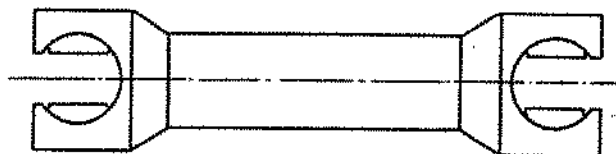
Um dos princípios adotados no reprojeto em recuperações mecânicas é o de prever substituição de partes danificadas, por meio de "postigos" (partes mecânicas), ao invés de deixar a substituição dependente do diagnóstico de cada caso e a correspondente recuperação pelo uso de soldagem. Sem embargo do alto nível de qualidade que alcançam as recuperações efetuadas por solda, o seu emprego no âmbito da oficina, em processos de remoção e deposição de materiais [98], particularmente em aços ligados, pode se tornar problemático. Assim, no reprojeto se procura, ou evitar a solução puramente soldada ou a facilitação das condições de soldagem (substituição das partes, simplificação do processo de revestimento, etc.)

As figuras 3.7 e 3.8 [109] ilustram exemplos de aplicação deste princípio, em peças características da manutenção siderúrgica (alonga do laminador de tiras a quente).

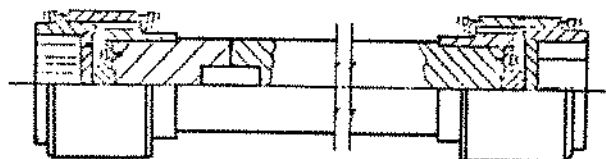


a) Disposição física funcional das alongas do equipamento (Laminador de tiras a quente).

TRANSMISSÃO POR BRIDA DE ARRASTE



TRANSMISSÃO POR RANHURAS DE PERFIL DE ENVOLVENTE



b) As duas concepções de projeto para as alongas:
Acima (b.1) - projeto, ataque por faces planas (Slipper type).

Abaixo (b.2) - concepção melhorada; ataque através de ranhuras a envolvente (Gear type).

Fig. 3.7 (a,b) - Vista esquemática das peças (alongas) em conjunto e das duas concepções de projeto, a original e a concepção aprimorada [109].

No caso, o desenho original do componente foi complementado por detalhes de recuperação, alterando-se simultaneamente o processo de solda. Finalmente, o componente foi redesenhado, face à nova concepção. O resultado foi um processo de recuperação simplificado, que sómente desmonta e monta as partes com desgaste (os cabeçotes das alongas). Vantagens obtidas:

- aumento de confiabilidade na operação do equipamento;
- facilidade de reparo na intervenção (melhor reparabilidade);
- facilidade de recuperação da peça (melhor recuperabilidade);
- maior manutenibilidade (decorrência dos dois itens acima);
- maior disponibilidade operacional do equipamento e da respectiva linha de produção.
- menor custo global de produção por unidade do produto.

6. MAQUINÁRIO PARA RECUPERAÇÃO DE PEÇAS DE GRANDE PORTE

A recuperação mecânica de peças de grande porte apresenta características particulares no que refere às instalações e equipamentos.

Peças de grande porte, com variados processos de recuperação, ampla gama de operações e precisão por vezes acurada, demandam máquinas de grandes pesos e dimensões, alto grau de qualidade construtiva, universalidade e versatilidade de aplicação.

Existem linhas-mestras, estilos de projeto e construção de máquinas (e.g. [110] [111] [112]) específicas para a indústria pesada e, em consequência, para a recuperação mecânica, que combinam propriedades de aplicação muito especiais, como por exemplo:

1) Acessórios e aparelhos adicionais que, quando instalados, ampliam a versatilidade de determinadas máquinas.

Exemplo a: o torno universal pode ser dotado, além dos seus recursos normais de usinagem (usinagem rotacional, rosqueamento, etc.), dos seguintes acessórios:

- sistema de copiagem de perfil com acionamento hidráulico,
- aparelho de retificação interna/externa.

Exemplo b: o torno vertical (Figura 3.9) [113] pode ser equipado com:

- sistema de copiagem de perfil com acionamento hidráulico ou elétrico
- dispositivo de frezamento para usinagem vertical.

Exemplo c: a plaina de mesa (Figura 3.10) pode ser equipada com:

- sistema de copiagem de perfil transversal por acionamento hidráulico.
- recurso de frezamento adaptado às suas operações.

2) Recursos de produção podem ser agrupados para uso combinado em uma concepção de emprego versátil e ao mesmo tempo, produtiva.

Exemplo: equipamento de solda a arco submerso, posto dotado com posicionador de peças para solda (Figura 3.11). Ai se poderão executar passes de alimentação automática:

- longitudinais (peças paradas, manipulador (a) em movimento),
- circulares (peças girando no manipulador (b)),
- ou passes de alimentação automática com uso do posicionador motorizado de rolos (c).

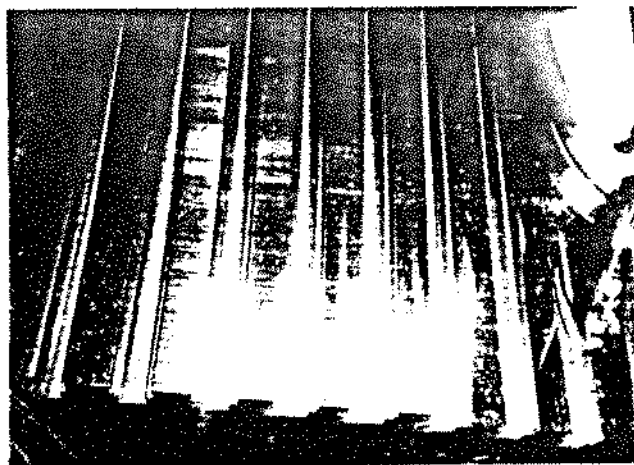
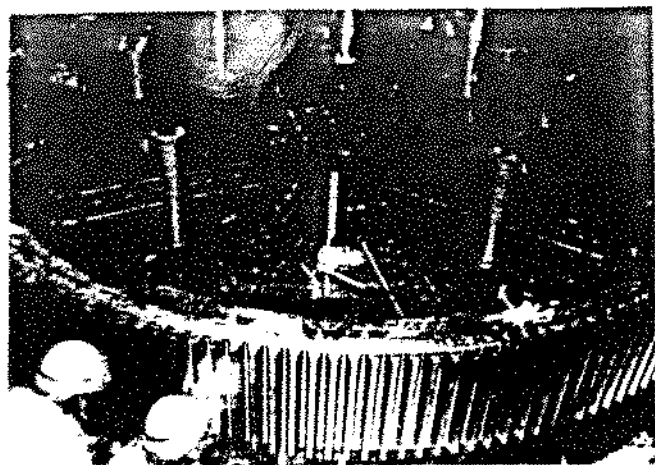


Fig. 3.9 - Torno vertical de grandes dimensões (Ferrostaal; Usimec) equipado para usinagem de sulcos na vertical (chavetas, dentes, etc.). No exemplo, operação de corte e inspeção de engrenagem de grande porte.

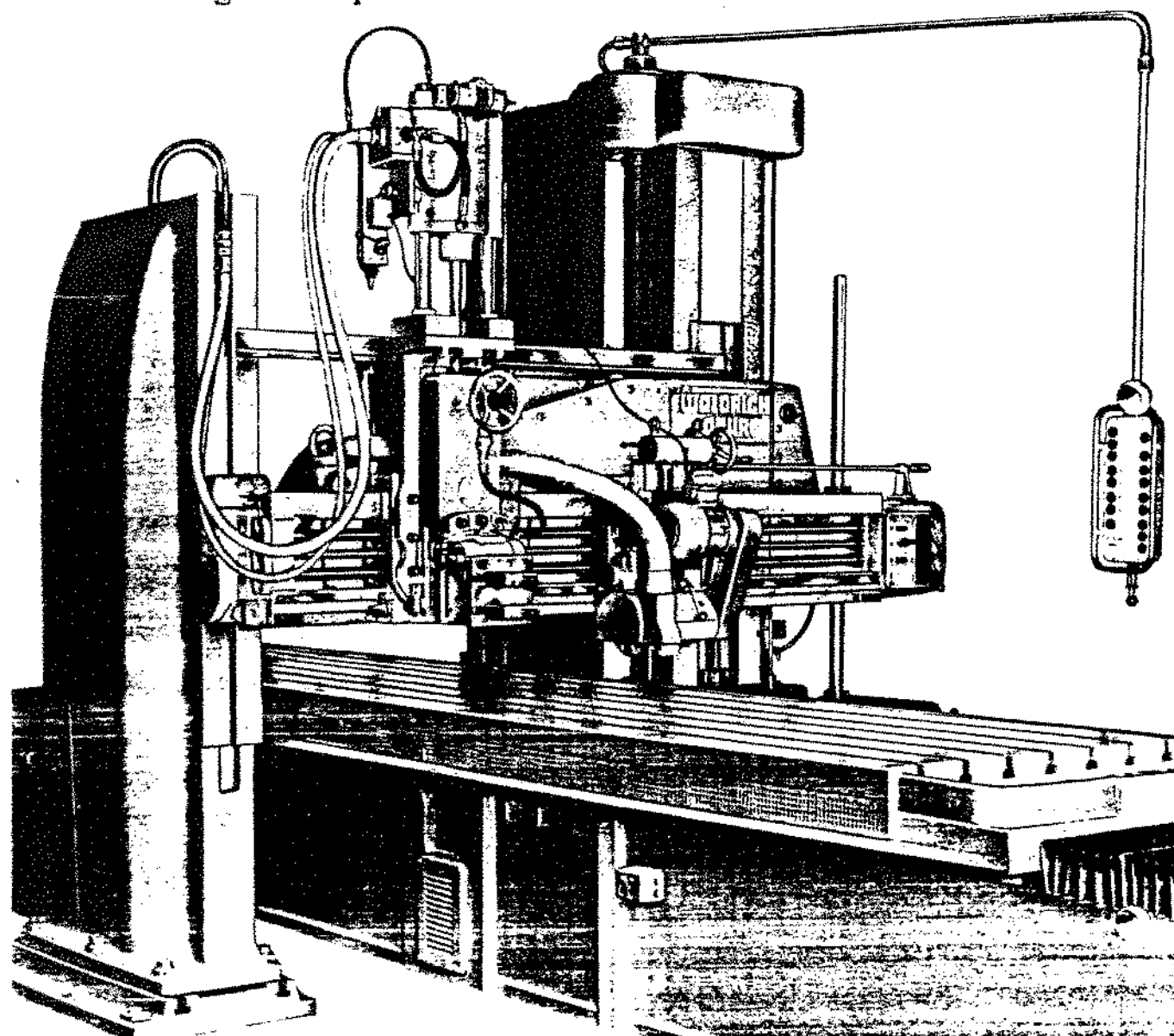


Fig. 3.10 - Plana de mesa (Waldrich - Coburg; COSIPA), equipada com aparelhos de copiagem hidráulica na transversal e de retificação plana longitudinal.

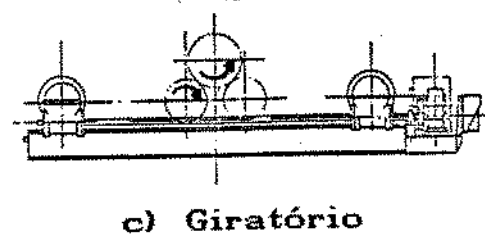
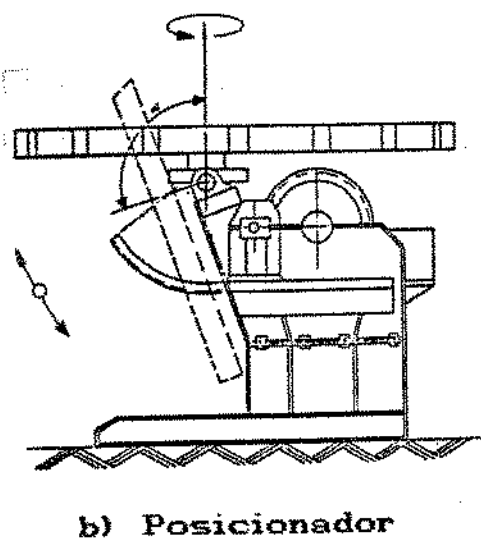
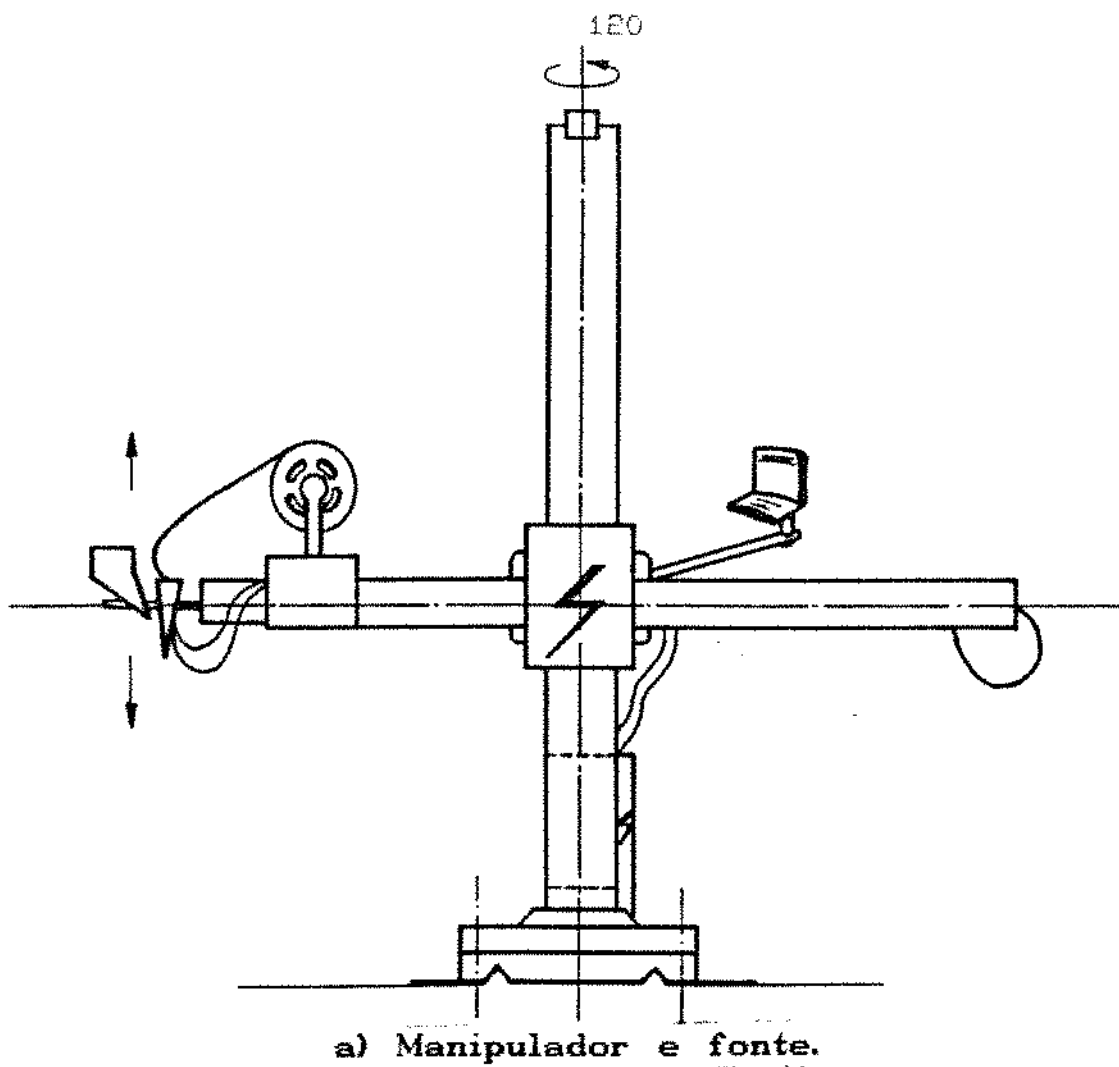
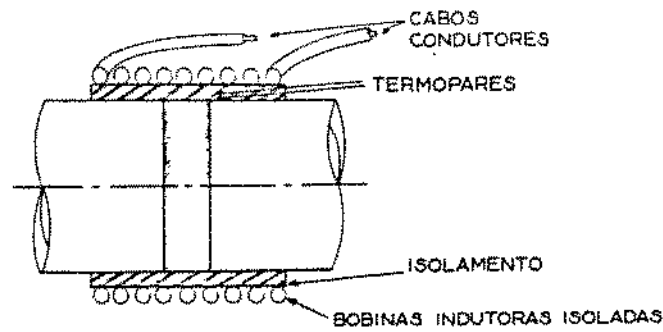
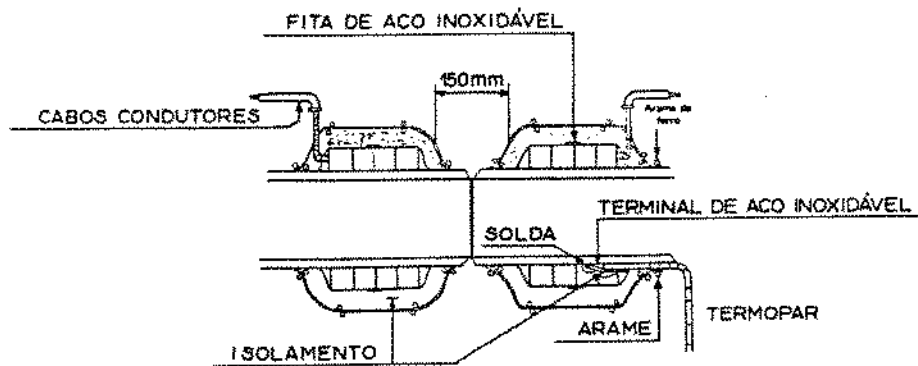


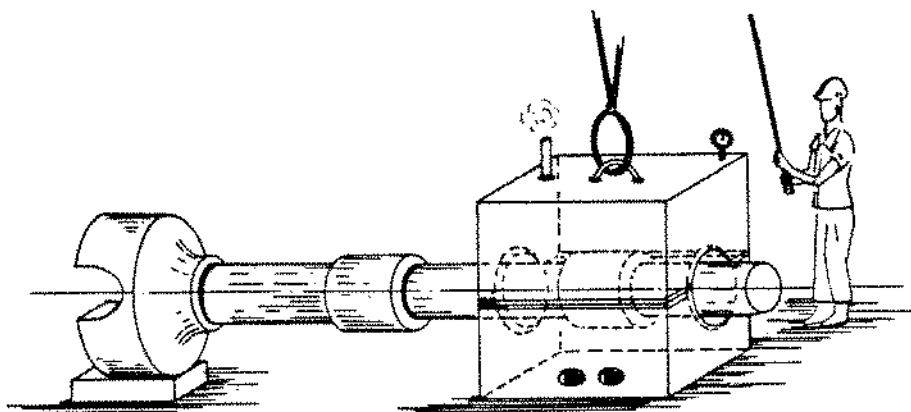
Fig. 3.11 (a,b,c) - Equipamento para solda a arco submerso composto por três recursos básicos de produção associados.



a) Aquecimento por indução.



b) Pré-aquecimento por resistência elétrica.



c) Aquecimento por meio de forno de câmara portátil bipartido.

Fig. 3.12 (a,b,c) - Meios para aquecimento localizado em peças de grande porte para emprêgo em operações de solda e recuperação [114].

NDTA. o manuseio e o posicionamento de peças de grande porte durante a execução da solda, costuma ser simplificado através do uso de aquecimento localizado das regiões da peça submetidos à soldagem. A figura 3.12 [114] ilustra três modalidades usualmente empregadas nestas operações.

3) Máquinas para grandes obras apresentam concepção praticamente exclusiva para este tipo de uso.

Exemplo a: prensa horizontal para desmontagem e montagem de conjuntos mecânicos (Figura 3.13)

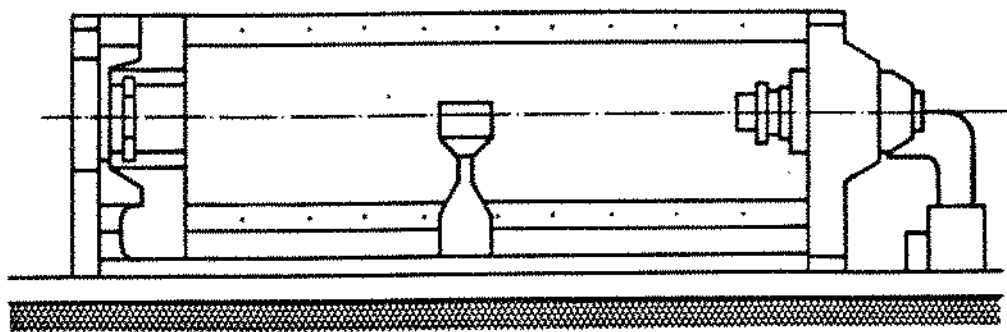


Fig. 3.13 - Prensa hidráulica horizontal para desmontagem e montagem de conjuntos mecânicos (Piratininga, COSIPA).

Exemplo b: Frezadora portal (Figura 3.14)

Para aplicação na usinagem de recuperação de peças estruturais de equipamentos pesados, pode ser mais conveniente, ou mesmo, necessário, construir máquinas transportáveis para usinagem no local. É a chamada "usinagem de campo"

Exemplo c: frezadora-mandrilhadora para usinagem de campo; modelo transportável, comum em obras de recuperação na indústria siderúrgica (Figura 3.15) [115] [116].

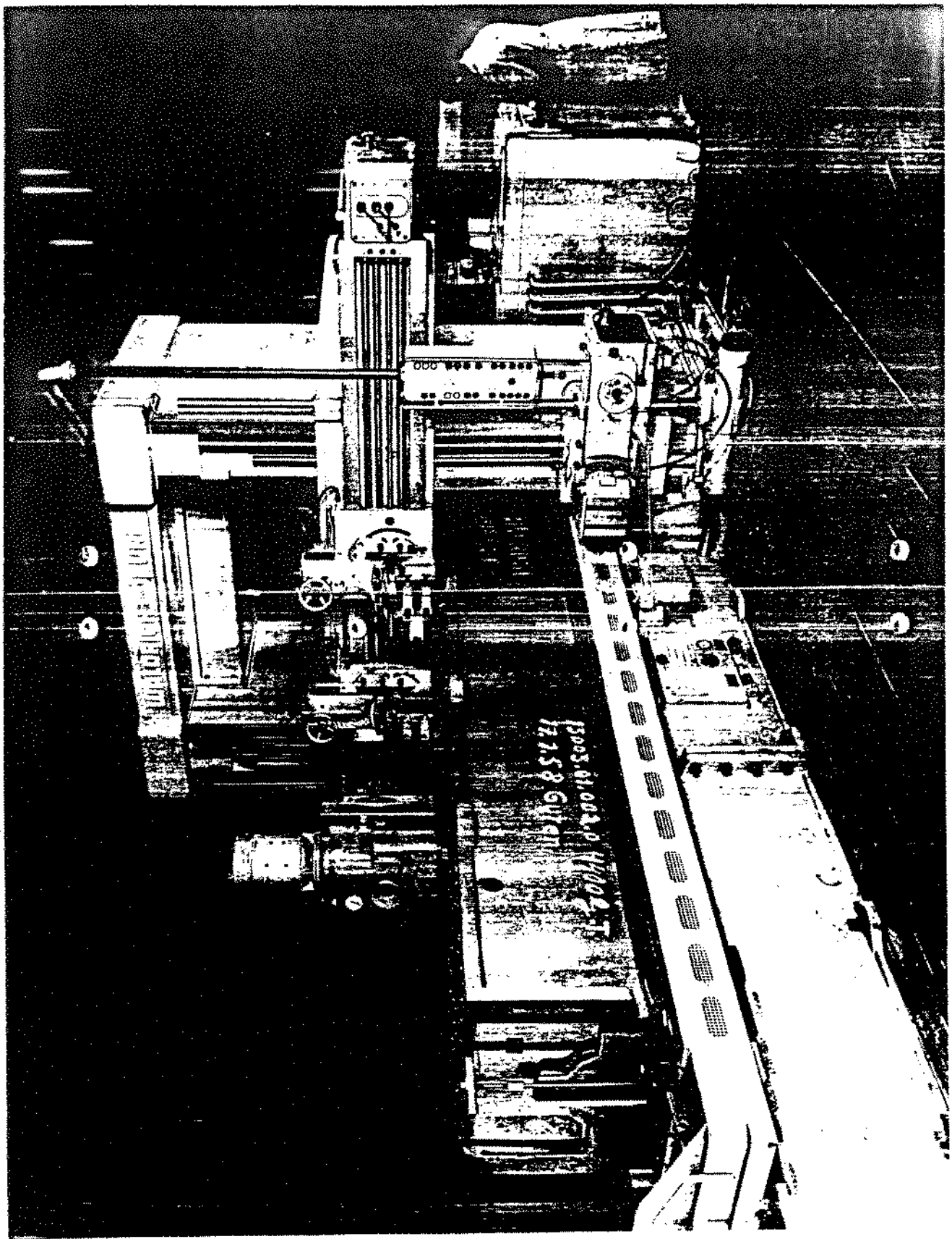
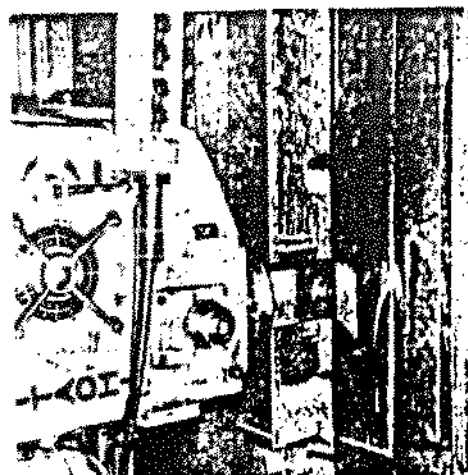
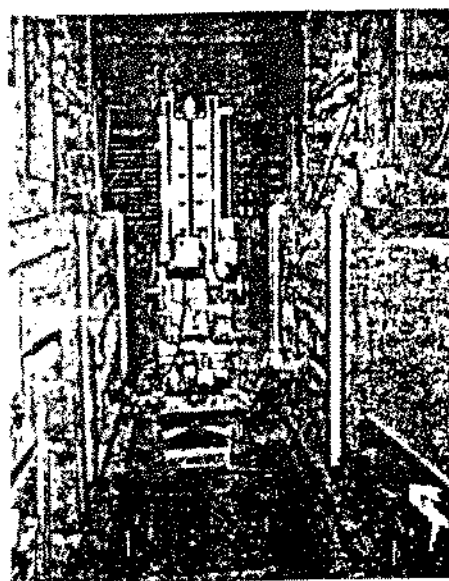


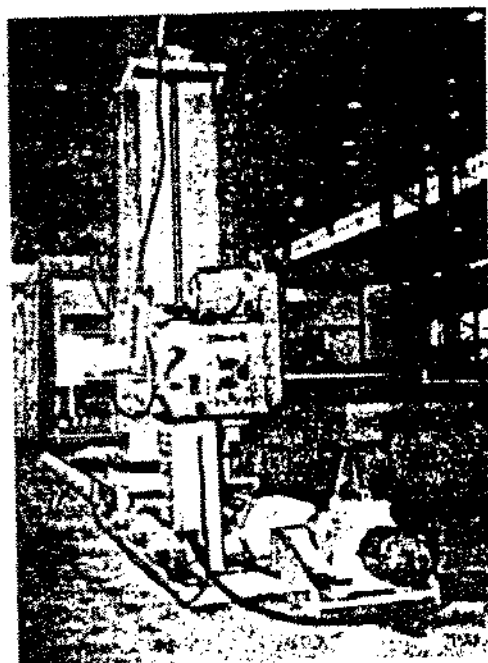
Fig. 3.14 - Frezadora-portal (Waldrich - Coburg).



a) Operação de frezamento executada no local por uma mandrilhadora transportável.



b) Máquina posicionada para usinagem de campo em equipamento siderúrgico.



c) Vista de uma mandrilhadora frezadora transportável, para emprego em usinagem de campo.

Fig. 3.15 (a,b,c) - Mandrilhadora frezadora transportável típica de obras de campo. (Modelos de construção própria de CSN, USIMINAS, COSIPA)

4) O desenvolvimento tecnológico incorporou técnicas de elevado nível ao projeto destas máquinas. Os acionamentos, comandos e controles evoluíram para a tecnologia de comando numérico (CN) que tem sido progressivamente utilizada.

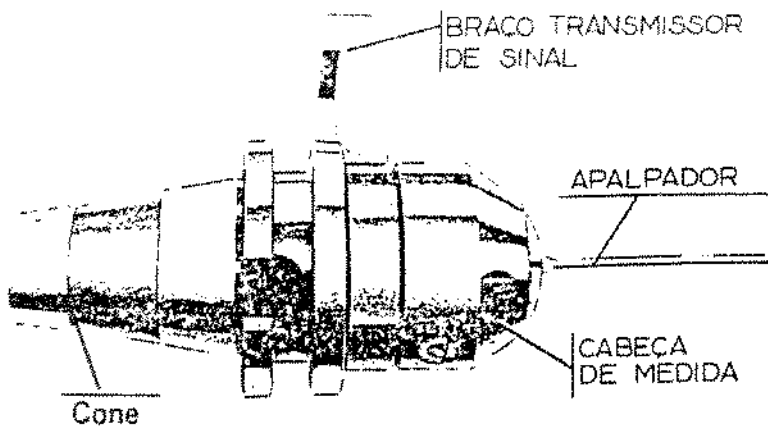
Em consequência os recursos das máquinas operatrizes de grande porte tiveram o seu potencial elevado em toda a faixa de atributos e, particularmente, no que concerne à produtividade. Assim os tempos não produtivos de máquina puderam ser racionalizados e reduzidos, a flexibilidade pôde ser aumentada, os tempos-máquina melhorados.

Exemplos:

- a) o posicionamento (alinhamento, nivelamento) de peças para usinagem pôde ser simplificado pelo uso de dispositivos sensorizados e combinados com sistemas de levantamento de cotas digitalizados (Figura 3.16);
- b) operações particulares de mandrilhamento interno de diâmetros puderam ser efetuadas por aparelhos de usinagem automatizados e digitalizados (Figura 3.17.1);
- c) a operação combinada de máquinas em peças semelhantes pôde ser praticada com desenvoltura através do sequenciamento programado.

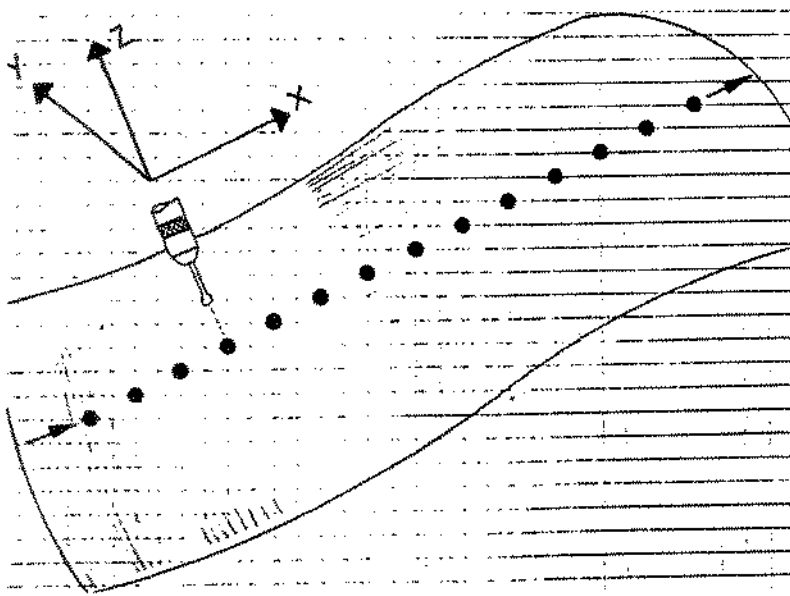
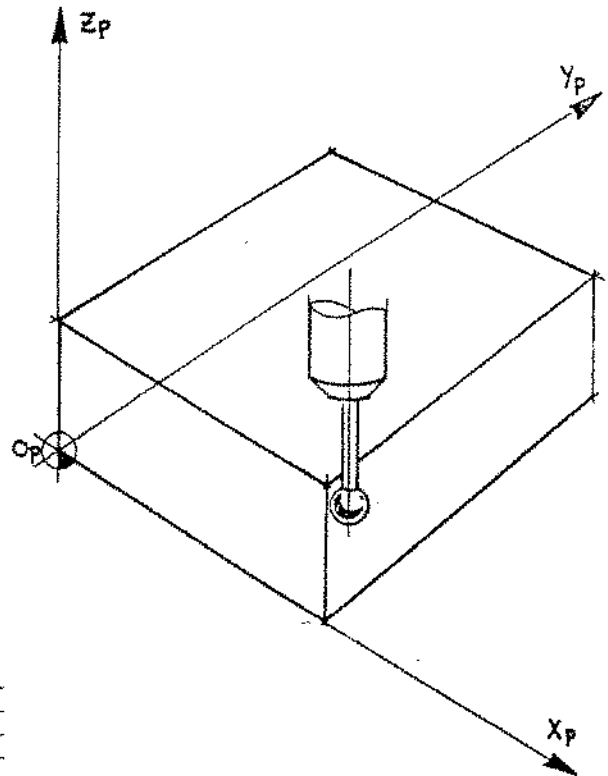
Exemplos:

- i - Com o emprego de máquinas convencionais transportáveis (Figura 3.18)
- ii- Com o emprego de módulos flexíveis de usinagem operando com comando numérico (Figura 3.19).



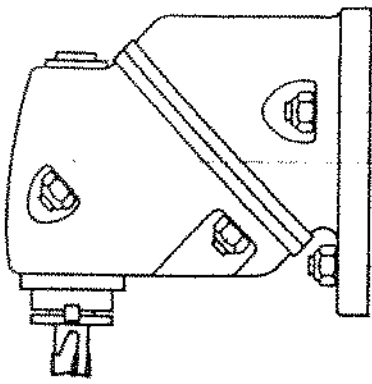
a) Cabeçote com apaipador na extremidade

b) Alinhamento

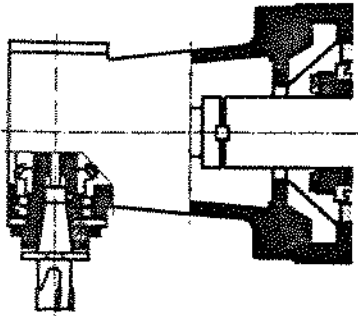


c) Nivelamento

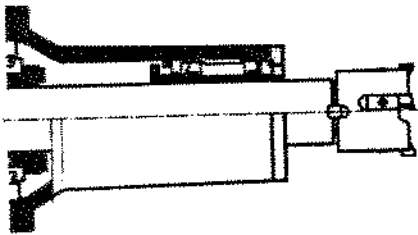
Fig. 3.16 (a,b,c) - Aparelho adaptável a mandrilhadoras para emprêgo, inclusive, em nivelamento e alinhamento de peças de grande porte (ELSAG MACS; Mecânica Pesada).



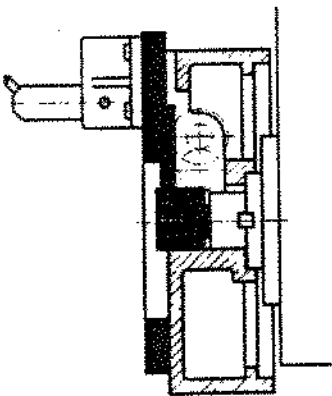
a) Cabeçote de fresamento angular inclinável



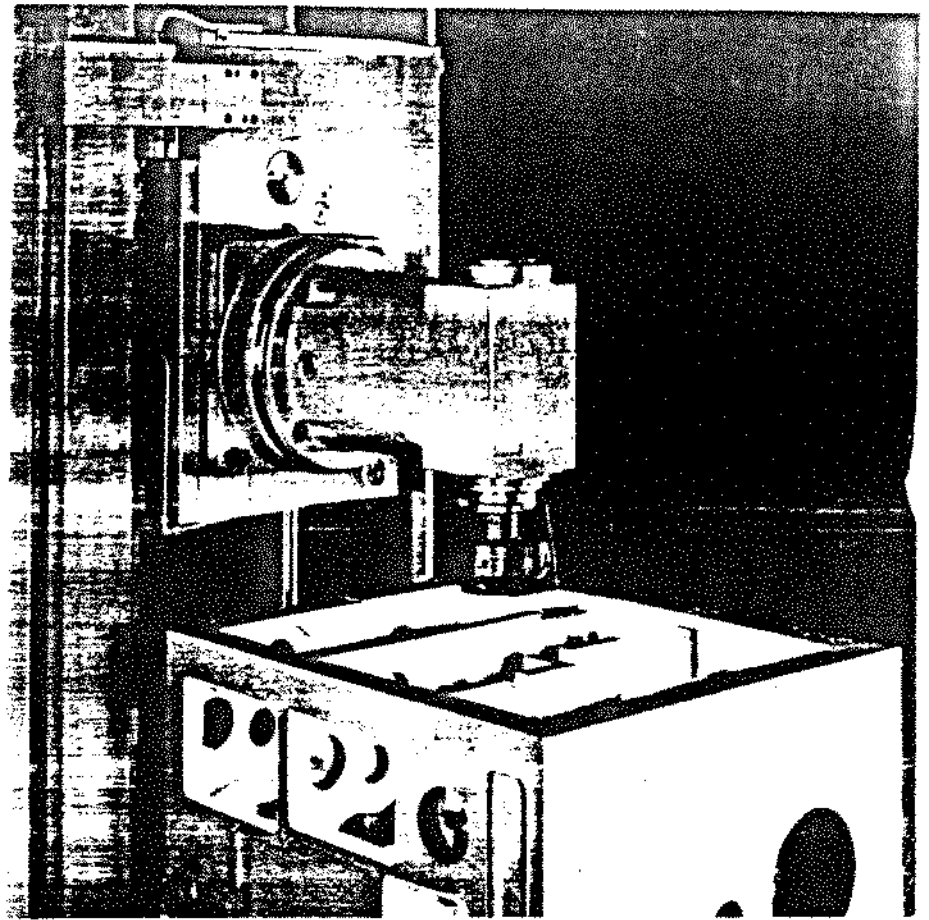
b) Cabeçote de fresamento angular 90°



c) Apoio postigo da árvore



d) Cabeçote para faceamento.



e) Exemplo de trabalho

Fig. 3.17 (a,b,c,d,e)

Recursos complementares para mandrilhadora de peças de grande porte. (WOTAN)
Estes acessórios, para máquinas a comando numérico (CN) têm nova concepção, com funções automatizadas e controle computacional.

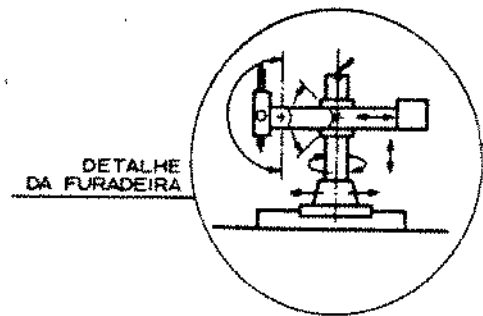
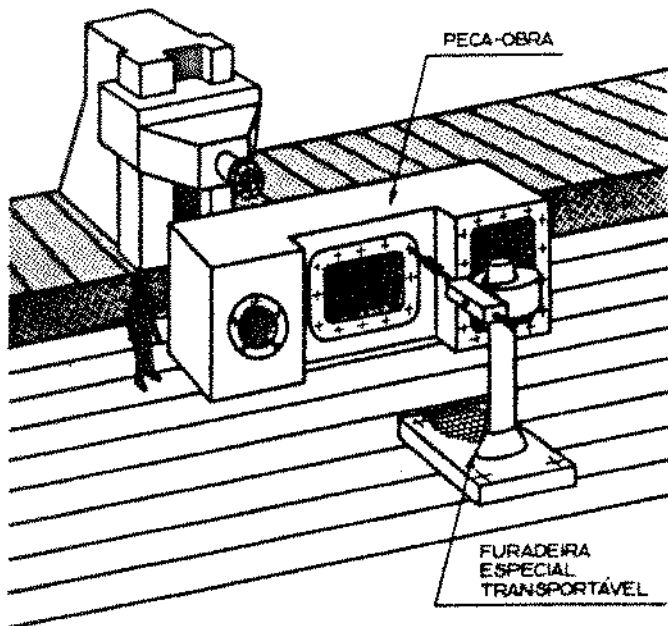


Fig. 3.18 - Montagem típica de peça de grande porte em operação combinada de mandrilhadora e furadeira.

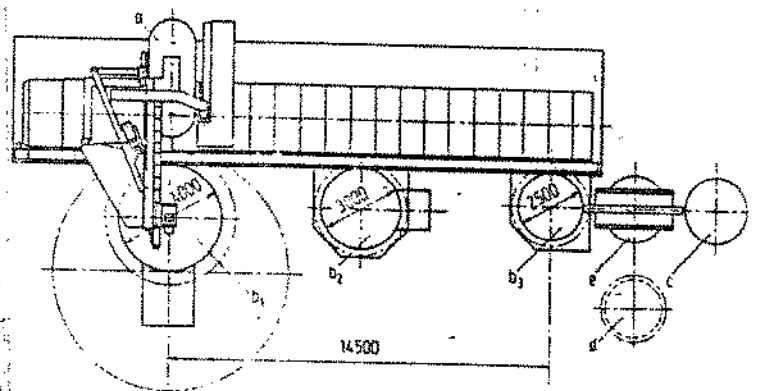
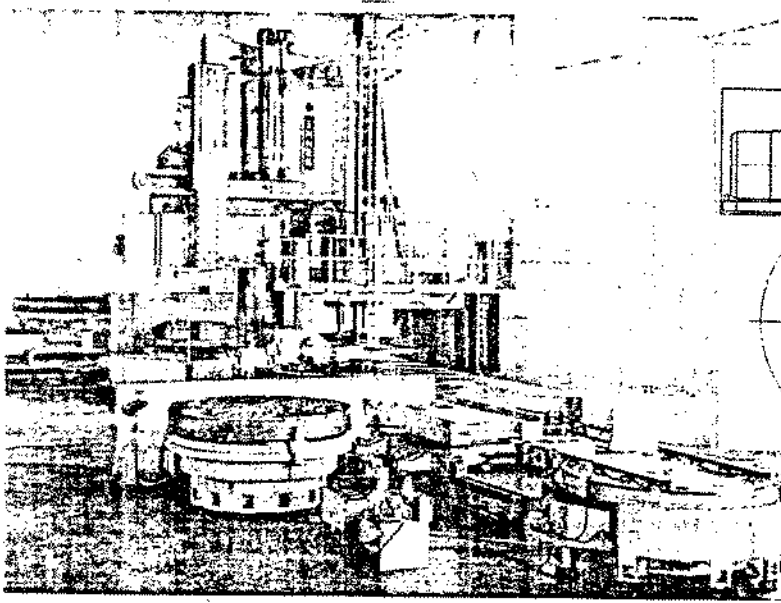


Fig. 3.19 - Módulo flexível de usinagem com recursos combinados de centro de usinagem e mesas distintas de trabalho. (INNOCENTI)

7. PRODUTIVIDADE NA RECUPERAÇÃO: ORGANIZAÇÃO, INFORMAÇÃO E CONTROLE

As fábricas que trabalham com recuperação mecânica de peças de grande porte estão sujeitas a condições básicas que dificultam a boa organização, o desenvolvimento tecnológico, e a produtividade global, a saber:

- . Demanda oscilante, de baixa previsibilidade e com "picos";
- . Condições adversas de mercado (recessões, competição, cartelização, etc.);
- . Processos de recuperação de longos roteiros, amiúde com operações sub-contratadas a terceiros;
- . Orcamentação inicial a cada nova encomenda, detalhada e complexa;
- . Dificuldade de conciliação dos prazos de entrega praticados com relação aos prazos de entrega solicitados.
- . Condições básicas do projeto do sistema de produção, como:
 - Arranjo físico funcional;
 - Roteiros de processo longos e cruzando entre oficinas distintas,
 - Programação e controle de produção do tipo de "por estoques".
- . De modo geral, não conseguem trabalhar orientadas por técnicas de agrupamento. Em consequência, visto que estas oficinas executam trabalhos de grande monta e valor, são articulados diversos esquemas estratégicos, para obter a eficiência mínima necessária para sua auto-sustentação, como:
- . Rigoroso trabalho de especificação, de elaboração de orçamentos, de planejamento de processos, de programação;
- . Alto nível de desempenho operacional do maquinário de produção;
- . Alto nível de habilitação da mão-de-obra de execução e de capacitação do pessoal de engenharia e apoio;
- . Especialização quanto aos tipos de serviços a executar, visando praticar um esquema de informação e controle abrangente e minucioso.

Contudo, a monitoração das operações de recuperação ou da produção como um todo, nestes sistemas, é antes um desafio do que uma realidade, refletindo-se em:

- . Pesados esquemas de apoio operacional;
- . Prazos de entrega longos;
- . Lentidão de resposta a ações externas ao sistema (consultas, modificações, oportunidades, etc.);
- . Custos operacionais elevados.

Este quadro poderia ser mais animador se a empresa recusasse recuperações, visto as implicações de aleatoriedade com que elas "impregnam" o sistema. Todavia, a recuperação é uma necessidade permanente e pode ser encarada, em termos de mercado, como atividade

não transitória, integrada ao suporte financeiro do sistema global e, portanto, absolutamente desejável, em termos de lucratividade.

7.1. Recursos tecnológicos e organizacionais - produtividade

Enquanto concebida como sistema de fabricação de pequenos lotes ou lotes unitários, sob regime "de encomenda", a indústria mecânica pesada tem sido contemplada em estudos e aplicações na área de T.G. [14] [117], que demonstram plenamente viável o seu projeto baseado em técnicas de agrupamento, - famílias, células, etc. Com efeito, já na indústria brasileira, registram-se exemplos de aplicação com êxito, de células de manufatura servindo a regimes de produção do tipo "sob-encomenda", discutidas neste parágrafo [118].

Quando, porém, encarado este sistema produtivo trabalhando também com recuperação, o caráter determinístico que se garante até a fase descrita acima (fabricação, tão somente) fica prejudicado e a aleatoriedade se dissemina por todo o sistema, agravando as dificuldades que, de resto, são praticamente as mesmas que foram descritas nos Capítulos I e II, nos tópicos referentes às OCMs das usinas integradas e complexos industriais de prestação de serviços.

Uma expansão da metodologia de T.G. torna-se, portanto, desejável, pois a sua aplicação a estes sistemas produtivos pode conduzir a um reprojeto e à conseqüente ordenação de fluxos e à compatibilização destas duas "personalidades": a de possuir um caráter predominantemente determinístico (fabricação) e a de conviver com problemas de produção de traço não-determinístico (recuperação). O método que ora é desenvolvido e é exposto nos capítulos seguintes, se coloca, portanto, ao estruturar uma base para reorganização, na perspectiva de contribuir para um equacionamento do projeto dos sistemas de recuperação (e fabricação) de peças de grande porte. Como resultado, será possível otimizar os meios de produção e atingir níveis de produtividade mais elevados, embora operando com fabricação e recuperação (ver Cap. VI, parte 4, Vantagens - Produtividade).

8. CUSTOS DE RECUPERAÇÃO

A análise dos sistemas de produção, quando feita sob o ângulo da produtividade, conduz o argumento, a exemplo do método discutido no parágrafo anterior (ou, no caso mais geral, na seção 2.3., do Cap. II), para o campo da especialização, da dedicação a certa "vocação" por parte dos sistemas produtivos, das fábricas e de modo geral, das empresas (e.g. [82]).

A "vocação" bem escolhida parece ser a chave para as condições básicas de eficiência, auto-sustentação e sobrevivência dos sistemas de produção. Assim, antes de pensar produtividade, é preciso definir a "vocação", obtendo-se a condição preliminar de otimização do sistema, refletida e, de certo modo, resumida no custo operacional.

Nesta ordem de idéias, torna-se conveniente discutir os custos de recuperação mecânica. Em recuperação, a conceituação dos custos é a mesma que a da fabricação, quer se trate de previsões ou custeio, em fases de investimento ou de produção. Há, porém, certas características dos custos que são particulares em recuperação.

Certas categorias de custos operacionais são freqüentes, em recuperação, por exemplo em recondicionamento de conjuntos, enquanto que são pouco usadas em manufatura. É o caso dos custos de desmontagem de conjuntos, de limpeza e preparação, de peritagem (Eventualmente podem ocorrer custos de desenho, de ensaios de laboratório, de testes funcionais, etc.), cuja incorrência não é negligenciável, ao se considerar o âmbito da manutenção da usina ou, de modo geral, ao considerar o mercado de recuperação mecânica de peças de grande porte. Uma ilustração a respeito pode ser apreciada no anexo 3.4 deste Capítulo que resume operações de recondicionamento.

O impacto da tecnologia de produção repercute nos custos. Em recuperação, custos de difícil apropriação direta a cada obra, podem porém definir tendências da "saúde financeira" do sistema de produção, revelando-o mais ou menos rentável. São custos, cujos efeitos importa considerar principalmente nos casos de sub-contratação:

- Custos de gestão:

São os gastos com supervisão, contratação, encomenda, compras, etc. e relativos aos serviços feitos em fornecedores. O controle do nível destes custos é geralmente feito através do emprego de técnicas de gestão que vêm sendo desenvolvidas com intensidade na área de contratação de manutenção [2, Sec.1] [66] [119]

- Custos de acompanhamento:

São decorrentes do trabalho técnico-administrativo realizado pelo pessoal técnico do solicitador do serviço - em geral, a OCM de uma usina. Estes custos costumam ser geridos através da combinação de estratégias de contratação e de direcionamento dos serviços.

- Taxas e impostos:

São despesas de ordem legal ou financeira - quando o fornecedor responde por compra ou gestão de materiais ou serviço sub-contratado. Podem-se incluir aqui, também, os custos de transporte que às vezes, nas contratações de médio e longo prazo, são de responsabilidade do fornecedor.

A minimização destas despesas depende de, a exemplo dos custos de acompanhamento, das estratégias de contratação e direcionamento.

- Custos de estoque:

Tomando como referência a gestão dos custos dos sistemas de produção, os custos de estoque são os mais importantes, dentre os acima mencionados [16] [120]. Os tempos de rota praticados na recuperação em fornecedores, geralmente se alongam, sobretudo por causa dos tempos de tramitação burocrática, negociação, aprovação, transporte, reprogramação, consultas entre as partes, esclarecimento de dúvidas técnicas e análise de desvios, inspeção e reinspeção... Estes tempos de rota determinam custos de "capital de giro", quer dos próprios bens em recuperação, quer dos materiais requeridos, quer dos sobressalentes em estoque e, além disso, dos valores agregados a cada fase do processo.

A contratação de médio e longo prazo e as técnicas de informação e cooperação na empresa e entre empresas [19] são os meios atuais para minimização dos efeitos negativos acima mencionados.

CAPÍTULO IV - DESENVOLVIMENTO E PROPOSTA DO MÉTODO

1. SEMELHANÇA, CONCEITUAÇÃO

O princípio da semelhança é usado extensivamente na ciência aplicada e na técnica para resolução de problemas práticos. Na engenharia mecânica, em particular, a teoria da semelhança matemática é aplicada na prática de projetos, principalmente na elaboração de modelos e nos ensaios de laboratório.

Elementos mecânicos de forma complexa, combinada a movimentos ou campos de força de difícil descrição matemática - caso característico do projeto convencional de turbinas hidráulicas - constituem sistemas mecânicos de interpretação físico-matemática limitada. A solução prática nestes projetos é oferecida pela chamada "Teoria mecânica dos modelos" que consiste, em construir modelos físicos em escala reduzida e, após ensaiado o seu funcionamento, transpor os dados de construção do modelo para o em escala real, transposição esta, efetuada através de formulário apropriadamente desenvolvido (1, I, Cap. II).

Este princípio elementar do método tecno-científico tem sido também aplicado na manufatura de bens e, no Cap. II, seção 2.2. foram discutidas suas implicações no projeto de sistemas de produção, o que de resto, será complementado adiante na seção 4.7.

A razão primordial do uso do princípio da semelhança se deve à idéia de repetitividade. Conforme analisado nos parágrafos 2.2.2. e 2.2.3 do Capítulo II, a repetitividade é um requisito indispensável para a aplicação da tecnologia de produção. A repetitividade na produção escalar tende a ser absoluta; na produção discreta, precisa ser relativa, e de tal modo que permita aplicação de tecnologia a um nível que ainda suporte o sistema suficientemente adaptável ao mercado e compativelmente auto-sustentável.

A T.G., em especial, permite tomar como linha-mestra de raciocínio, o princípio da semelhança, e desenvolver, além do argumento lógico, uma metodologia de análise, de padronização, de generalização e de aplicação aos sistemas produtivos.

2. CRITÉRIOS DE SEMELHANÇA EM MANUFATURA

Assim, partindo do fato gerador - manufatura dos bens -, pode-se analisar as semelhanças entre diversos fatores, nomeadamente: forma dos bens, materiais constitutivos, aspecto funcional, processos de fabricação, fluxos de processo:

. A relação entre formas se coloca como o critério mais evidente para uso em semelhança. A semelhança de forma entre peças, é importante na medida em que indica se o sistema de produção irá trabalhar peças de maior ou menor repetitividade. Também é importante na medida em que indica, em decorrência da forma, a semelhança dos processos de fabricação correspondentes. A figura 2.29, Cap. II, ilustra dois exemplos de semelhança de forma. Num caso, *b* (anéis), a semelhança de forma correspondem processos de fabricação semelhantes; no outro caso, *c* (flanges), tem-se certo grau de semelhança de forma, porém os processos de fabricação não são os mesmos. De fato, a semelhança de forma não é condição necessária para semelhança (ou identidade) de processos, se bem que pode, eventualmente, se constituir em condição suficiente, quando complementada por outros atributos.

. A relação entre materiais pode constituir-se em outro critério para emprego na concepção em manufatura. Associado ao critério de forma, complementa o mesmo no sentido de que formas semelhantes em materiais semelhantes geram processos de fabricação semelhantes. Todavia, por si só, não constitui critério autônomo para embasar a concepção de sistemas de produção.

. O aspecto funcional das peças (bens) pode constituir também um critério importante em manufatura, principalmente por seu conteúdo complementar de informação. Um caso típico deste emprego é o do projeto dos sistemas envolvendo a montagem dos componentes e a formação de conjunto; aí a semelhança funcional pode fornecer efetiva contribuição.

. A relação entre processos de fabricação, é o critério essencial para concepção e organização dos sistemas de produção. Isto provém de que está ligado à essência do fato gerador. Os processos de fabricação são a base para a metodologia que trata da concepção em sistemas de manufatura (14), já que no processo é que se integram todos os demais fatores básicos da produção dos bens. O caminho percorrido pelas peças no seu processo, ou seja o fluxo do processo, é portanto, empregado no projeto de sistemas de produção. Em resumo, eles são a consequência e o testemunho das transformações de estado dos sistemas.

. A análise do fluxo do processo de fabricação, fornece outro critério forte, baseado também em semelhança, para a concepção de sistemas de produção. Assim é que a análise de fluxo constitui-se, nos termos da T.G. a linha central de sustentação do projeto como um todo.

. Em consequência ao exposto, resulta que o critério apropriado para o emprego aos sistemas de produção em estudo, é o de semelhança de processos e respectivos fluxos e que será discutido a seguir.

2.1. Critério para o método proposto

O método desenvolvido é aplicável ao projeto de um sistema de produção típico de uma OCM (ou outro sistema de produção que envolva fabricação e recuperação) quer se trate de um novo projeto ou do reprojeto. Num caso ou noutro, o que se visa é a obtenção de um sistema de produção baseado em T.G. (com "grupos homogêneos" de serviços e grupos correspondentes de máquinas).

O critério a seguir, portanto, é logicamente, o mesmo indicado pela T.G. para a manufatura de bens, o da semelhança dos processos e fluxos de produção.

Para garantir a validade deste critério para o sistema OCM (ou em geral, um sistema operando com fabricação e recuperação) é preciso preliminarmente satisfazer as condições básicas de sistema quanto à variável fluxo [121]. De fato, o sistema OCM não apresenta condições determinísticas e, portanto, estabilidade no que refere aos roteiros de processo de cada peça - que é uma condição estrutural dos sistemas de manufatura -, porém pode apresentar estabilidade para grupos de roteiros, formando "fluxos básicos" repetitivos. Este fato, que é discutido nos parágrafos seguintes, garante rigor lógico ao uso do critério de semelhança de fluxos no caso presente. Outrossim, um critério baseado em forma, por exemplo, não tem validade. Uma mesma peça (mesmo desenho) "visita" a OCM ora para confecção, ora para recuperação; a recuperação depende das características do defeito apresentado e será também variável.

Quanto ao critério baseado nos fluxos de produção e na sua semelhança, a sua aplicabilidade permanece. Assim, considerando "fluxos básicos" de processo, verifica-se que os mesmos atendem a um contingente de "serviços" executados e cuja repetitividade pode atingir a um grau que permita estabilizar o arranjo físico básico, realizando-se assim a primeira etapa para o reprojeto do sistema. Esta tendência a repetir roteiros de serviços pode significar, em essência o "comportamento" que revela a "vocação" do sistema produtivo em questão (OCM ou outro similar). Assim, as intervenções de manutenção em equipamentos, geram serviços característicos de recuperação e, conseqüentemente, roteiros característicos no piso das respectivas OCMs. Este seria o processo de geração da vocação do sistema de produção da OCM e, num âmbito mais genérico, o de uma fábrica operando no ramo da recuperação mecânica. Vocação, entendida como a predisposição do sistema produtivo, de realizar adequadamente e em condições de competitividade (de auto-sustentação econômico-financeira), as tarefas que o mercado lhe solicita.

Com efeito, através do levantamento dos roteiros dos serviços executados em uma O.C.M. (Ver, para referência, estatística de componentes, Cap. II, paragr. 2.3.5), foi possível confirmar, em primeira abordagem, esta tendência. A tabela 4.1 apresenta o resumo de um levantamento efetuado por amostragem simples de ordens de serviço na O.C.M. da Cosipa.

DESCRIÇÃO	ROTEIROS (posto no)	FREQÜÊNCIA	PROPORÇÃO (%)
Grupos homogêneos formados de maior frequência	28, 2, 16, 28, 32, 68, 1, 2, 42, 28, 30, 31, 52, 28, 30, 32, 52, 20	10 6 5 5 4	
Sub-Total (a)		34	
Outros grupos homogêneos			
Sub-Total (b)		44	
Sub-Total (a+b)		78	56
Serviços que não formam grupos homogêneos (resíduos)			
Sub-Total		61	44
TOTAL		139	100

Tab. 4.1

Resumo de amostragem de roteiros de serviços na O.C.M. da COSIPA. Mecânica e Caldeiraria, Janeiro/1989.

3. TÉCNICAS DE AGRUPAMENTO

O método de análise de fluxo empregado na T.G. permite otimizar o projeto do arranjo físico, combinando o fluxo do processo com os postos de trabalho. Uma análise, cobrindo os itens em regular produção, leva ao dimensionamento (ou redimensionamento) dos postos de trabalho e a uma subsequente análise da freqüência dos mesmos processos ("densidade" de fluxo) e permite desenhar o arranjo físico otimizado em termos. A figura 2.3, Cap. II, ilustra a sequência dos passos na aplicação deste método em um exemplo.

A formulação para o problema típico de projeto do arranjo físico celular é equacionada através da "Análise de agrupamento" ("Clustering analysis").

Dada uma matriz binária de m linhas e n colunas, relação de incidência peça-máquina ($i-j$):

$$A = [a_{ij}]_{m \times n}, \text{ em que } a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se a máquina } j \text{ é usada para processar a peça } i \\ 0 & \text{em caso contrário} \end{cases}$$

decompô-la em sub-matrizes $A_1, \dots, A_k, \dots, A_K$. Cada matriz A_k corresponde a um grupo de máquinas, denominado "célula de máquinas" (MC_k) e um grupo de peças, denominado "família de peças" (PF_i). A resolução da transformação da matriz inicial (A) em sub-matrizes, pertence ao campo da citada teoria, onde algoritmos para solução do problema foram desenvolvidos de modo a se adequar ao emprego em sistemas de maior ou

menor tamanho e complexidade [122].

A realização desta etapa do método, indica que o sistema passa a ser concebido com uma nova "personalidade", ao combinar dois requisitos básicos, a saber: a formação de grupos homogêneos (ou famílias) de serviços e grupos determinados de postos de trabalho (ou máquinas) dedicados aos respectivos grupos homogêneos. Isto permite a formação das "células" de manufatura, às quais se costuma relacionar o arranjo físico denominado genericamente de "arranjo-físico celular". Assim, a T.G. fornece, através da análise baseada em critérios de semelhança de processos (e fluxos) a nova configuração do sistema de produção.

O sistema de produção baseado em células ocupa um espaço importante na manufatura atual. Suas implicações alcançam o campo social e a isso tem-se dedicado estudos e pesquisas, dentro de um importante campo de conhecimento, a teoria sócio-técnica [79]. Todavia, em vista ao objetivo desta dissertação, importa ressaltar um único aspecto da questão: o do dimensionamento ou tamanho da célula.

4. TENDÊNCIAS DE EMPREGO DE TAMANHO DE CÉLULAS

Os processos de fabricação e os seus respectivos fluxos podem gerar agrupamentos de características mais ou menos complexas, conforme a combinação dos fatores de produção. Assim, as células podem abranger maior ou menor quantidade de recursos, ao serem dimensionadas. Podem passar da célula formada por um só posto (módulo) para uma célula composta por alguns postos (ou máquinas).

As recomendações práticas sobre o limite de crescimento da quantidade de recursos por célula estabelecem restrições, havendo por exemplo, recomendações de equipes de trabalho em células até o limite de 10 a 12 elementos. Todavia, nos sistemas de produção caracterizados por maiores dificuldades de compactação dos fluxos, por exemplo nos sistemas de fabricação que operam "sob-encomenda"; é válido aumentar a dimensão das células, ultrapassando aqueles limites práticos usuais, visto que nestes casos a aplicação de T.G. e do arranjo físico celular são ainda, como regra, auto-sustentáveis [14] [24].

Assim, as células poderiam ser dimensionadas até limites que se definem pelo recinto das respectivas oficinas, funcionando portanto a oficina como uma célula de maiores dimensões, porém com organização global baseada no conceito celular [14]. A partir desta recomendação, a expansão física do sistema de produção, abrangendo várias oficinas, é plenamente desaconselhável, por não se tornar então possível a

A figura 4.1 representa esquematicamente, a tendência atual de emprego de células de manufatura, considerando como variáveis o tamanho das células e os regimes de produção em que elas são empregadas. Subentende-se aí, que a variabilidade das informações que caracterizam regimes de cadenciamento da produção, reflete a sua necessidade em termos de adaptabilidade e flexibilidade.

A nomenclatura adotada foi a seguinte:

Módulo: célula de um só posto de trabalho ou máquina.

Micro-célula: célula constituída por poucos postos de trabalho - equipes abaixo de e até o limite de 10-12, citado pela bibliografia;

Macro-célula: célula de grandes dimensões, limitada pelo recinto, válida para sistemas particulares de produção - sob encomenda, OCM, por exemplo.

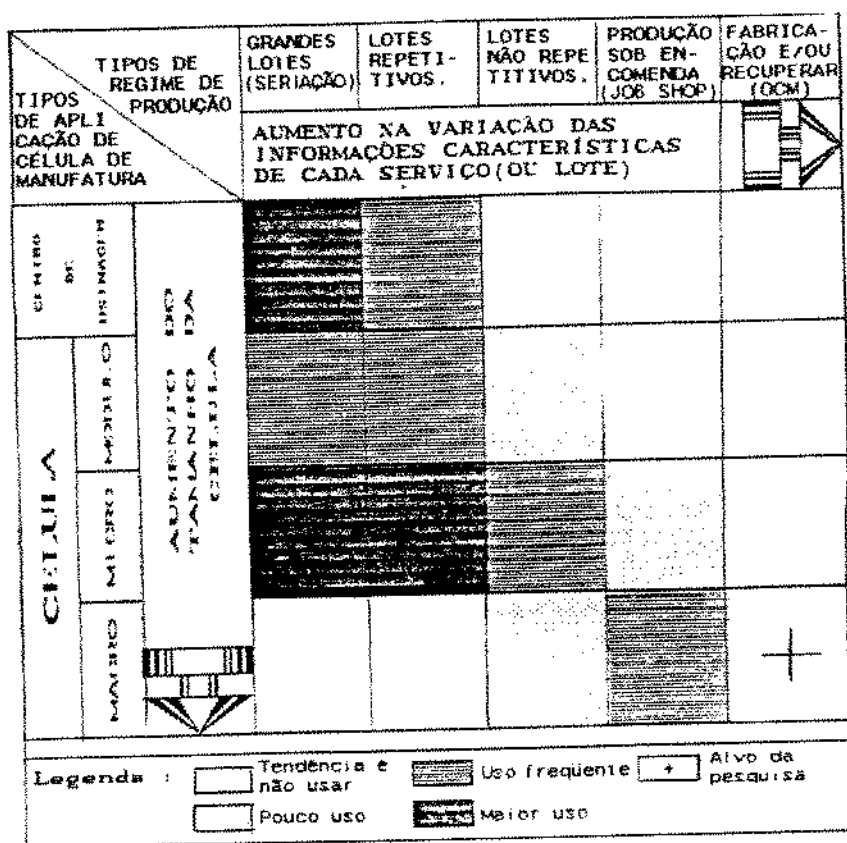


Fig. 4.1: - Tamanho das células vs. regimes de produção.
Tendências de emprego na automatização flexível.

5. MÉTODO PROPOSTO: PROPÓSITOS E PREMISSAS.

O método desenvolvido se destina a dar suporte na concepção de um sistema de produção que opera com fabricação e recuperação de peças e representado tipicamente por uma oficina central de manutenção (OCM).

A metodologia básica empregada é a mesma que a tecnologia de grupo (T.G.). Foi preciso adequá-la no que refere ao projeto do arranjo físico, em virtude das características não determinísticas do sistema em estudo. Assim, a formulação analítica do problema é a mesma do caso geral do arranjo celular - conforme parte 3 deste capítulo - e foi aplicada ao caso presente, através do uso de análise estatística e modelagem matemática - ver parte 8, deste capítulo.

As técnicas e conhecimentos básicos empregados são, também, os mesmos da T.G., adaptados às condições do sistema observado.

Um novo projeto de um sistema deste tipo, pode ser efetuado seguindo o método geral de análise de fluxo do processo (ver parágrafo 2.3.4., Cap. II). Todavia, a composição dos dados iniciais para o projeto, deve considerar um aspecto fundamental: a recuperação de peças. Para isto, podem ser seguidas as etapas do método ora proposto e que são descritos a seguir. Entretanto, a sua aplicação em sistemas de produção existentes, cuja concepção é baseada em arranjo físico funcional requer maior volume de pesquisa e se apresenta como de grande importância prática, já que a questão da produtividade nos sistemas formados por OCMs, particularmente nos países em desenvolvimento, tem relevância econômica, principalmente ao se considerar a esfera nacional (Ver Cap. III, seção 3.1). Portanto, o método será tratado para aplicação, considerando-se, como modelo do sistema atual, um agregado composto por várias oficinas, que é o caso mais genérico de configuração física da OCM ou de um fábrica operando com fabricação e recuperação.

6. DESCRIÇÃO DO MÉTODO

O método proposto se compõe das seguintes etapas:

1. Levantamento dos roteiros de fabricação, no estado atual.
2. Determinação analítica dos fluxos básicos da situação de estado atual (perfil de "comportamento" e de tendência da "vocaçao")
3. Análise dos fluxos indesejáveis (desordenados), seleção dos grupos homogêneos de serviços e correção dos processos de fabricação para eliminar roteiros anômalos.

4. Reprojeto do arranjo físico, adequando-o para a correção dos fluxos (em correspondência à etapa 3 anterior).
5. Projeto simulado do sistema de produção convertido para um sistema baseado em T.G.. Desenho do arranjo físico modificado; relação dos fluxos típicos reconfigurados, descrição do perfil proposto de "comportamento" e da "vocação", ou seja, dos tipos de serviços e respectivos tipos de peças que possam ser recuperados ou confeccionados preferencialmente neste sistema de produção.

7. APLICAÇÃO PRÁTICA: CONSIDERAÇÕES

A aplicação do projeto do sistema convertido, deve seguir a metodologia de T.G.. Como tal, a aplicação    sist  mica, isto é, o reprojeto do sistema de produção, no que refere à oficina, deve ser compatível com as demais partes ou funções que com ela se interrelacionam. Assim, a aplicação deve ser precedida por um plano com medidas preliminares compatibilizando os setores correlatos, a saber:

1. Programação;
2. Planejamento de processos e aprovisionamento;
3. Sistema de materiais;
4. Sistema de informação e controle;
5. Engenharia de apoio (Eng   de manutenção, no caso da OCM);
6. Manutenção de máquinas (da própria OCM);
7. Contabilidade de custos

A t  nica das recomendações de aplicação de T.G. É o caracter aut  nomo das iniciativas. Assim, a implantação será realizada através de estágios progressivos, cada qual auto-sustentável em termos econômico-financeiros em relação aos resultados obtidos.

O cumprimento do primeiro estágio (cinco etapas) tem um significado primordial: corresponde à comprovação da exequibilidade da metodologia proposta ao sistema de produção visado e à primeira modificação da "personalidade" deste sistema. Daí para a frente restam as atividades de viabilização de sua aplicação e os estágios de reaplicação do método, para conduzir o sistema a níveis mais elevados de produtividade.

Isto pressupõe o sistema reorganizado atuando com base em técnicas de agrupamento, demanda reordenada planejamento e controle otimizado "por fluxo", fluxos preferenciais ordenados repetitivos. Uma premissa básica é que entre as inúmeras combinações possíveis entre postos de trabalho e roteiros de processo, há uma limitada série delas que é preferencial e repetitiva para cada sistema de produção, que

pode ser revelada através de técnicas adequadas e que fornece a base lógica de semelhança para a revisão da concepção do sistema.

A análise estatística aplicada aos dados de partida, isto é, aos roteiros de processo que compuseram a amostra, pode ser, deste modo, equacionada.

8. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA E MODELAGEM MATEMÁTICA

8.1. Metodologia estatística utilizada

A população-objeto, constituída pelos roteiros de processo trabalhados nas oficinas, está distribuída ao longo do tempo de tal modo que a sua quantidade, para fins de pesquisa estatística, pode ser considerada infinita [123]. De fato, escolhido o período para levantamento dos serviços, teríamos ainda a considerar:

a) Os serviços executados em período anterior ao da pesquisa (porção finita da população, porém em função da situação histórica, muito elevada, o que implica, em termos de análise estatística, em condição de população infinita).

b) Os serviços que serão executados após este período, (parte praticamente infinita, em razão das premissas deste estudo, que examina um sistema em seu comportamento dinâmico e progressivo).

Assim, da população-objeto (roteiros de processo relativos aos serviços executados), foi segregada uma parcela, a população observada. Esta pode ser encarada como amostra (população amostrada) e será tanto mais representativa quanto melhor atender a dois requisitos básicos, a saber [123]:

- . tamanho suficientemente grande,
- . igual probabilidade para todos os elementos da população, de pertencerem à amostra.

Nestas condições, para estimadores adequados - por exemplo, a média ou a proporção - é válido o emprego de uma só amostra, desde que suficientemente grande [124]. Em consequência, optou-se por efetuar uma pesquisa por amostra única, de tamanho igual à população observada, resultando rigor no recenseamento e confiabilidade na generalização dos resultados.

Estimador

Conforme exposto anteriormente, uma pressuposição básica do método desenvolvido neste trabalho é que os roteiros de processo dos serviços de confecção e recuperação da OCM, após a reorganização do sistema produtivo através do critério de semelhança e técnicas de agrupamento, se comporão em fluxos preferenciais, de quantidade

praticamente limitada (Formação de grupos homogêneos de serviços, ver adiante, Cap. V, parágr. 5.4.6.).

Isto implica em estabelecer que, após o reprojeto do sistema, com base em T.G., haverá fluxos preferenciais tais que:

<u>Classificação</u>	Frequência levantada na <u>amostra</u>	Frequência relativa (<u>proporção</u>)
Fluxo preferencial 1	f'_1	p'_1
2	f'_2	p'_2
.	.	.
.	.	.
.	.	.
Fluxo preferencial r	f'_r	p'_r

$$e, p'_1 + p'_2 + \dots + p'_r = 1 \quad (4.1)$$

Estas expressões indicam, que cada fluxo preferencial está associado, através de sua frequência relativa, a uma variável probabilística, na medida em que resultaram de uma amostragem. A frequência relativa, ou proporção (p') é de fato, portanto, o estimador adequado para a projeção das estatísticas da população (no caso, a totalidade dos roteiros de processo relativos aos serviços prestados pela OCM). Este estimador representa a propriedade de sistema que se está pesquisando, além de ser dotado dos requisitos fundamentais dos estimadores: justeza, consistência, eficiência e suficiência (125).

8.2. Dimensionamento da amostra. Modelagem

A amostra pode ser dimensionada através da expressão analítica de p' (proporção calculada na amostra). A variável p' em um conjunto de amostras probabilísticas retiradas da população, constituem uma distribuição binomial. Esta propriedade é útil porque a binomial apresenta afinidade em relação à distribuição normal (125). A aproximação entre binomial e normal pode ser definida em termos práticos pelas relações abaixo indicadas, condições estas que serão verificadas "a posteriori"

$$\begin{cases} np' \geq 5 \\ n(1-p') \geq 5 \end{cases} \quad (4.2)$$

n - número de elementos da amostra

p' - proporção na amostra

A expressão que relaciona o tamanho da amostra com p' em uma binomial associada à normal, resulta [125, Cap. III]:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Binomial} \quad \sigma^2 = \frac{p'(1-p')}{n} \\ \text{Normal} \quad z = \frac{X - m}{\sigma} \quad \sigma^2 = \left(\frac{X-m}{z}\right)^2 = \left(\frac{z_{a/2}}{e_0}\right)^{-2} \end{array} \right\} n = \left(\frac{z_{a/2}}{e_0}\right)^2 \cdot p' \cdot (1-p') \quad (4.3)$$

z - abscissa padronizada da distribuição normal, σ é o desvio-padrão

a - probabilidade associada a $z_{a/2}$; a confiança estatística desejada é $(1-a)$

e_0 - intervalo de confiança da variável p' , $e_0 = X-m$

A expressão (4.3) pode ser simplificada, lembrando que o termo $p'(1-p')$ é uma função notável, uma parábola de eixo paralelo ao eixo de ordenadas e de curvatura "para baixo", conforme ilustra a figura 4.2 [124]. O valor de máxima desta função é $1/4$. Podemos portanto dimensionar n para este valor. Teremos como risco o superdimensionamento da amostra, mas como vantagem, a condição de máxima representatividade.

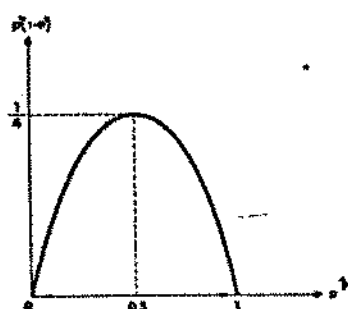


Fig. 4.2 - Gráfico de $p'(1-p')$ [124].

Assim, a expressão (4.3) resultará:

$$n = \left(\frac{z_{a/2}}{2 \cdot e_0}\right)^2 \quad (4.4)$$

Dois requisitos garantem a representatividade de uma amostra:

Uma precisão elevada dos parâmetros relativos à população, ao serem estimados a partir da amostra. No caso, resultando em estreito intervalo de confiança e_0 . Foi adotado $\pm 0,02$ ($\pm 2\%$)

Um grau de confiança elevado em relação à probabilidade dos parâmetros da população (no caso p') estarem contidos nos respectivos intervalos de confiança, em correspondência, portanto, com a

estatística p' . Foi adotado $1-\alpha = 99\%$. Levando estes valores à expressão (4.4) fica: $n = 4144$

Obs: A amostra levantada abrangeu o total de 4590 elementos, o que corresponde a um período de observação dos serviços na OCM da COSIPA, de seis meses de produção.

No dimensionamento, foram adotados valores relativamente elevados para os parâmetros (α , e_0 , $p'(1-p')$) e que aumentam o seu tamanho. Este critério levou em conta o caráter pioneiro da pesquisa e à incerteza que é típica nestes sistemas.

Verificação

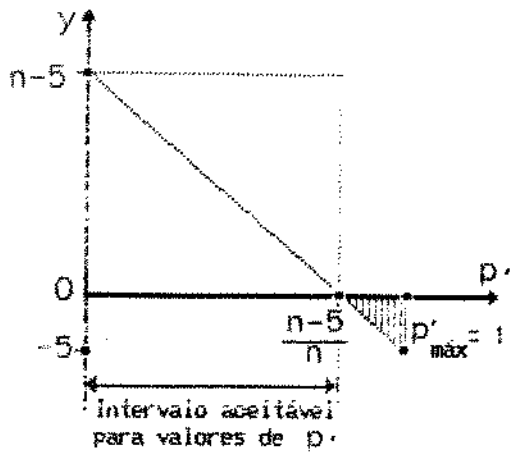
A verificação é feita através das expressões (4.2), ou seja, $np' \geq 5$ e $n(1-p') \geq 5$. Elas devem ser analisadas para os valores mínimos e máximos de p' , a partir de n já determinado.

Portanto, consideremos os dois casos:

a) Para p' na faixa de máximos valores, a análise é desnecessária, se lembrarmos das condições de contorno reais. De fato, o sistema produtivo da OCM não apresenta, de partida, fluxos regulares e preferenciais em alta proporção. A propósito, o método desenvolvido busca justamente ordenar os roteiros de processo, de modo a estabelecer as condições estruturais para uma concepção de sistema baseada em agrupamento. Em consequência, a expressão $n(1-p')$ terá o termo $1-p'$ com valores relativamente altos em seu intervalo de definição ($0 < 1-p' < 1$) ver figura 4.3.a) e com valores resultantes para $n(1-p')$ sensivelmente maiores que 5;

b) Para p' na faixa de mínimos, a determinação da faixa de valores, na prática, coincide com a definição do critério para seleção de grupos homogêneos de roteiros de processo. Assim, um requisito que deve ser seguido, na formação de grupo homogêneos é de que o mínimo da frequência de ocorrência destes roteiros na amostragem, seja superior a um determinado valor de p' , definido pelo critério que agora examinamos. Mais precisamente, (Figura 4.3 b), o domínio aceitável para valores de p' é $\frac{n-5}{n} \geq p' \geq \frac{5}{n}$ ou $99,9\% \geq p' \geq 0,12\%$.

Desta forma, a relação acima conduz a que os grupos homogêneos de roteiros sejam definidos de modo compatível com o critério estatístico, o que satisfaz as condições de validade das relações entre n e p' , expressas em (4.2) e necessárias para o dimensionamento adequado da amostra.



1- Condição necessária:

$$n(1-p') \geq 5$$

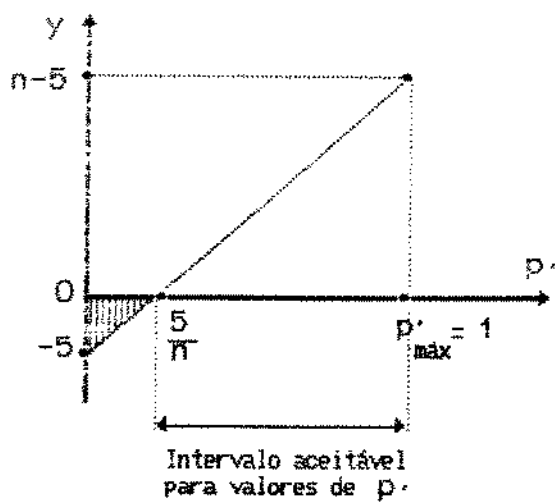
2- $y = n(1-p') - 5$

para $p' = 0$ $y = n-5$

$p'_{\max} = 1$ $y_m = -5$

para $y = 0$ $p'_0 = \frac{n-5}{n}$

a - Gráfico para condição $n(1-p') \geq 5$



1- Condição necessária: $np' \geq 5$

2- $y = np' - 5$

para $p'_0 = 0$ $y_0 = -5$

$p'_{\max} = 1$ $y_m = n - 5$

para $y = 0$ $p'_0 = \frac{5}{n}$

b - Gráfico para condição $np' \geq 5$

Fig. 4.3 (a,b) - Tamanho da amostra (n) e frequência de ocorrência (p'). Gráficos para análise de sensibilidade.

1. PRELIMINARES: A OFICINA CENTRAL DE MANUTENÇÃO

A usina siderúrgica da COSIPA dispõe de uma unidade autônoma, oficina central de atendimento à manutenção, na qual se realizou o ensaio relativo a esta dissertação.

A oficina central de manutenção (OCM) da COSIPA é composta de quatro sub-unidades de porte a saber: Oficina Mecânica, Oficina Caldeiraria, Oficina Elétrica, Fundição.

Além destas sub-unidades, dispõe de outras seções, ou oficinas, de menor tamanho: Oficina de válvulas e aparelhos, Oficina de refrigeração, Laboratório de instrumentos eletrônicos, etc.

As três primeiras sub-unidades, de maior porte: mecânica, caldeiraria e elétrica, estão dispostas fisicamente num único agregado (ver figura 5.1) e se caracterizam por realizarem operações típicas de manufatura mecânica e eletromecânica.

Estas três oficinas, por suas características operacionais e de gestão, apresentam problemática comum e formam um único sistema de produção integrado. O ensaio ora descrito foi efetuado com dados e no ambiente destas três oficinas.

2. DESCRIÇÃO DA OFICINA CENTRAL DE MANUTENÇÃO DA COSIPA

2.1. Recursos físicos

A oficina central de manutenção (OCM), está instalada em três prédios contíguos, um para cada oficina.

A OCM possui um parque completo de recursos de produção instalado, abrangendo uma ampla gama de processos - conforme discriminado adiante - e servida por um leque completo de meios auxiliares: ferramentaria, afiação e almoxarifado de materiais de consumo; sala de instrumentos de medida e metrologia; manutenção de máquinas, sanitários, vestiário e escritórios no próprio prédio; serviços de ambulatório médico, de refeitório, de assistência social, posto bancário e transporte de pessoal interno e externo, todos integrados com a área operacional da oficina.

Dispõe de área construída de 22.000 m². Cada uma de suas três oficinas é sub-dividida em seções, segundo o princípio funcional.

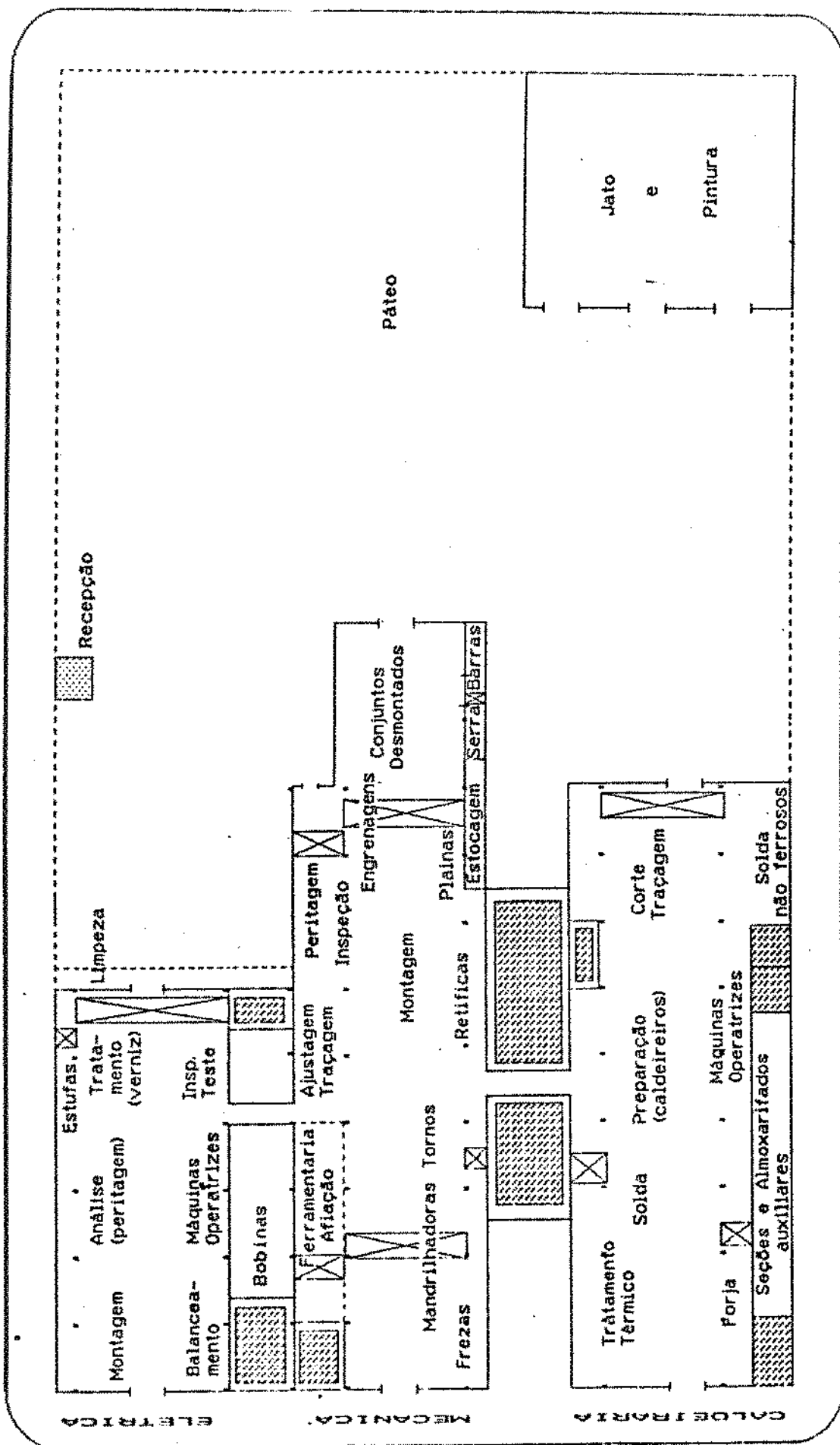


Fig. 5.1 - OCM COSIPA Representação esquemática em planta, com os principais setores de produção.

Os processos de fabricação/recuperação usados na OCM são basicamente os mesmos descritos na relação de serviços típicos da secção 3.2, Cap. II, nas especialidades de Mecânica, Caldeiraria e Elétrica.

Alguns destes processos, de natureza bem específica, atendem ao fluxo de processos das três oficinas indistintamente. Entretanto são alocados a uma determinada oficina para fins de gestão. São:

- . Jato e pintura - na oficina de Caldeiraria,
- . Forja de peças leves (até 25Kg), na oficina de Caldeiraria,
- . Tratamentos térmicos comuns (beneficiamento, normalização, alívio de tensões) na oficina de Caldeiraria,
- . Balanceamento estático e dinâmico - na oficina Elétrica.

O transporte de peças e materiais de recuperação entre usuários, a OCM e os fornecedores é feito por uma rede de transporte rodoviário no interior e exterior da usina. A estocagem inicial ou intermediária é feita em áreas externas ou internas conforme a disponibilidade.

As instalações e o maquinário da OCM podem oferecer condições de trabalho em conjuntos e peças de grandes dimensões, mediante adaptação na planta e piso da oficina em situações especiais. Contudo os serviços atendidos usualmente pela OCM se situam em faixas inferiores de porte; em geral abaixo do limite de grande porte definido na parte 2, Cap. III.

As utilidades que servem a OCM cobrem toda a gama de necessidades de processo industrial, a saber: energia elétrica, vapor, ar comprimido, fluidos industriais, água.

2.2. Organização

A OCM da COSIPA tem gerência própria e é apoiada por programação e controle de produção (PCP), planejamento de processos - incluído o provisionamento de materiais. Os serviços não executados internamente podem ser encomendados a fornecedores, através do setor de serviços externos, que lhe é anexo. A sua estrutura orgânica pode ser representada pelo organograma da figura 2.7, Cap. II.

O fluxo principal das atividades gerais, abrangendo materiais e documentos é representado através da figura 2.48, Cap. II.

2.3. Sistema de informação

A OCM da COSIPA é servida por um recém implantado sistema computadorizado de informação, que atua principalmente na esfera de PCP. Além de executar algumas tarefas, compõe arquivos e emite

relatório para vários fins. Por exemplo, o "histórico de serviços executados", que fornece o resumo de dados gerenciais relativos a cada serviço (ordem de serviço) executado pela oficina, foi a fonte dos dados "de campo" para a pesquisa efetuada.

3. DESCRIÇÃO DO ENSAIO

3.1. Preliminares

O atendimento dos serviços em uma usina é feito por sua OCM, de tal modo a otimizar o atendimento em si. Assim um serviço que requer operações em postos de mais de uma oficina componente da OCM, transitará pelas mesmas. No caso em estudo, nas três oficinas, por exemplo. Assim se otimiza a condição "atendimento", porém deixa-se de otimizar as condições gerais de manufatura, vale dizer de produtividade, como, de resto foi discutido nos Capítulos. I, paragr. 1.1.3, e II, paragr. 1.2.4. Assim o primeiro passo a seguir para testar a viabilidade de emprego de T.G. e concepção celular neste sistema de produção, deve ser a verificação da exequibilidade de correção dos fluxos de processo, de modo que eles se alinhem em grupos homogêneos dentro do recinto de cada oficina. O "cruzamento" de fluxos entre oficinas, conforme a bibliografia informa (e.g. [14]) torna inviável a implantação de T.G. de modo eficiente.

O ensaio de verificação do método proposto foi, portanto, conduzido para esta etapa inicial da transformação desejada.

3.2. Objetivo

O ensaio efetuado no sistema de produção desta OCM, teve como objetivo comprovar a efetividade do primeiro estágio, etapas 1 até 5 descritas no Capítulo IV, parte 6.

As pressuposições básicas para aplicação do método proposto estão todas satisfeitas pelas condições particulares da OCM da COSIPA, conforme relatado no parágrafo anterior.

3.3. Etapas do ensaio

São as seguintes, as etapas de realização do ensaio:

1. Levantamento dos serviços efetuados na OCM durante o período dimensionado para observação, conforme exposto no parágrafo 4.8.2, Cap. IV. Requerem-se para observação os processos correspondentes a seis meses de produção, (janeiro a junho de 1989).

2. Elaboração das "fichas de roteiro de processo" (FRP), contendo os resumos dos roteiros de processo seguidos em cada serviço. Ver figura 5.2.

FICHA DE ROTEIRO DE PROCESSO (FRP)

1 - Itens:

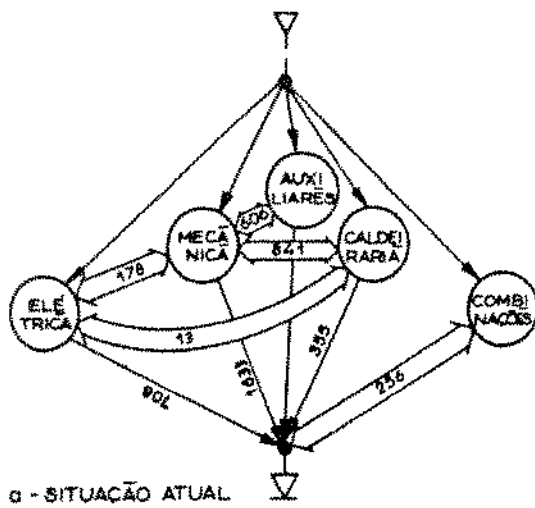
Ordem de serviço (P.S.)
 Plano de Operação do P.S. (P.O.)
 Denominação do serviço
 Resumo do roteiro de processo
 Oficinas solicitadas pelo P.O.
 Nível de prioridade deste serviço
 Posição no arquivo de documentos (caixa)
 Data de encerramento do serviço

2 - Formato:

FRP			
PS	PO	NOME	
ROTEIRO			
OFICINA	PRIOR	CAIXA	ENC#

Fig. 5.2. - Ficha de roteiro de processos (FRP)

3. Elaboração dos "mapas de roteiro de processo" (MRP) que descrevem os fluxos gerais de processo dos serviços executados no período. Ver neste capítulo, parte 5 a representação desses mapas.
4. Análise do fluxo do processo, determinando-se a configuração dos fluxos gerais entre oficinas e em cada oficina. Ver figura 5.3.
5. Estudo e pesquisa das modificações necessárias nos meios de produção - arranjo físico, máquinas e postos de trabalho, meios de movimentação, etc. - e de algumas modificações no sistema geral de informação e controle: método de programação, processos específicos, por exemplo, de modo a gerar uma modificação no sistema observado, tal que o seu "comportamento" passe a ser orientado através das técnicas de agrupamento.



LEGENDA

- Fluxo ordenado $\longrightarrow$
- Fluxo cruzado $\longleftrightarrow$

- Auxiliares

- . Ferramentaria
- . Almoxarifado de barras
- . Serviços sub-contratados

- Outras combinações

Roteiros cruzados entre seções diversas, grupadas para fins de ilustração.

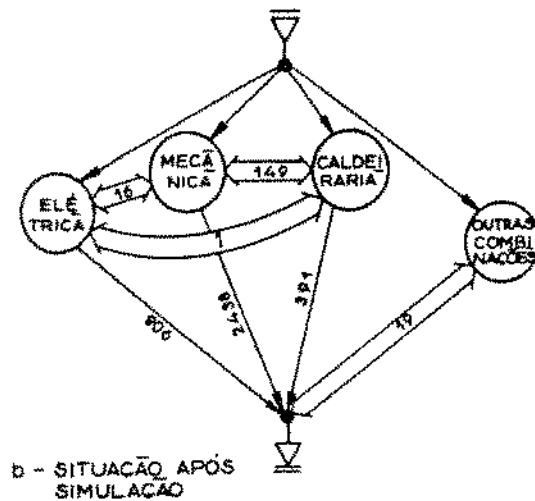


Fig. 5.3 (a,b) - Perfil dos fluxos de processo na OCM da COSIPA. Situação atual e simulada.

6. Descrição do perfil dos novos fluxos de processo para os mesmos serviços levantados no período - porém com a nova configuração básica do sistema de produção -, identificando portanto, a "nova personalidade". Ver o "mapa de roteiros de processo simulado" (MRPS), adiante, parte 5.
7. Análise comparativa e discussão da modificação geral do sistema de produção da OCM, ao passar da condição atual para a condição simulada que é sumarizada através do perfil dos fluxos do processo, conforme ilustra a figura 5.3. Este item é descrito em destaque a partir do próximo parágrafo.

4. ANÁLISE COMPARATIVA: REVISÃO DE CONCEITOS, COMENTÁRIOS E RESULTADOS OBTIDOS

4.1 Amplitude das modificações do sistema

Na definição dos requisitos que o sistema em estudo deva apresentar, está refletida uma maneira de conceber o novo estágio com maior ou menor nível de recursos tecnológicos. Esse propósito resultará em uma política mais conservadora ou menos conservadora, de preparar a mudança.

No ensaio efetuado, procurou-se seguir a bibliografia, que recomenda um início de implantação moderado. Daí resultou que as modificações requeridas para alteração do sistema na simulação havida, se limitam a um nível restrito e, portanto, de realização relativamente simples.

A conveniência de se adotar, neste primeiro estágio de aplicação de T.G., uma "política" relativamente conservadora, visa múltiplas vantagens a obter, tais como:

- . Simplificação da estratégia das atividades de mudança.
- . Evitar "picos" de investimento. A possibilidade de implantar o primeiro estágio sem aquisições é importante e auspiciosa. Assim, a implementação que o sistema recebe, pode respaldar os futuros estágios de aplicação de T.G. de forma auto-sustentada financeiramente.
- . O presente método prevê o primeiro estágio de mudança do sistema de produção, sem alterar profundamente as condições "de mercado": usuário (e tipo de encomenda), fornecedores (matéria prima e insumos básicos) e mão de obra (pessoal envolvido).
- . A alteração de sistema efetuada sem modificação profunda dos recursos físicos - ou ainda, dos meios de informação e controle, - facilitará o trabalho de preparação da mudança, principalmente quanto ao aspecto de treinamento, habilitação e reciclagem da capacitação profissional.

4.2 Modificações assumidas na simulação

Das modificações assumidas neste primeiro estágio, há três itens de maior impacto e que serão discutidos a seguir:

1 - Posto de metalização na oficina ELétrica (Posto ETP-M2)

A carga de metalização é sustentada, nas condições atuais, por três postos, na oficina mecânica. Ela sofre incidência de grande quantidade de serviços provenientes da oficina elétrica, para execução de

recuperação de "colos" pelo processo de metalização (demanda média de 8,5 meses de carga-máquina em um turno de trabalho). Considerando os tempos de execução correspondentes, nota-se que, praticamente, um posto de metalização da oficina Mecânica está "emprestado" à oficina Elétrica permanentemente, o que acarreta um evidente prejuízo em termos de produtividade, particularmente sob o ponto de vista de otimização de fluxos.

Portanto, a transferência de um dos postos de uma oficina para a outra traz vantagens, notando-se ademais, que, o espaço requerido para sua locação na planta de oficina Elétrica é de pequena monta ($7,5m^2$) e que a área requerida está disponível.

2 - Posto de montagem de acoplamentos de motores elétricos (Posto EMO) é grande a quantidade de motores elétricos que é transportada da oficina Elétrica - setores de análise e montagem elétrica - para a oficina Mecânica - setor de montagem mecânica- para a desmontagem/montagem de acoplamentos, que vêm prensados na extremidade do eixo do motor; em média 27 serviços por mês no período observado. Esta quebra de continuidade pode ser evitada pela formação de um posto na oficina Elétrica, dotado de dispositivo hidráulico de desmontagem/montagem de acoplamentos. A área requerida, que pode ser locada junto à atual área de desmontagem das partes do motor, é de $15m^2$ e não há nenhum impedimento prático à criação deste posto, eliminando-se assim um foco de perturbação dos fluxos de processos. Os recursos para a construção do dispositivo não implicam em aquisições para a OCM, pois esta possui capacitação de projeto e construção de dispositivos deste tipo, com materiais de seus estoques.

Ademais, há uma prensa horizontal adequada para esta operação disponível em outra área da usina e pode perfeitamente, ser adaptada para estas operações (OBS.: verificação feita "in loco" no decorrer da pesquisa).

3 - Posto múltiplo de recuperação por soldagem

O principal foco perturbador do fluxo dos processos no piso das oficinas e, em consequência, da governabilidade do sistema de produção nas condições atuais, é decorrente das operações de recuperação por solda - em geral enchimento e revestimento - de componentes mecânicos oriundos de conjuntos desmontados na oficina Mecânica, setor de montagem (86 serviços por mês, em média no período observado). Após a sua soldagem na oficina Caldeiraria, estas peças retornam à oficina Mecânica para reusinagem e acabamento.

Portanto, foi concebido um posto a ser criado na oficina Mecânica, para operações múltiplas de recuperação por soldagem, a saber:

- preparação de superfícies: - esmerilhamento, goivagem manual, etc.;

- pré-aquecimento: - com maçarico de aquecimento ("chuveiro");
- revestimento e união com solda manual a arco;
- pós-aquecimento: - com mantas ou recipiente de cal, carvão, etc.;
- remoção de respingos: - lixamento manual, etc. .

O posto múltiplo deve ser lotado por um soldador polivalente, ao qual, com treinamento e recursos operacionais, se tornará viável trabalhar autônomo na recuperação acima analisada. Os recursos de trabalho serão, basicamente, dispositivos de posicionamento de peças, aplicáveis a grupos homogêneos (ou famílias) através de projeto adequado, baseado em técnicas de agrupamento.

Não há maiores implicações quanto ao dimensionamento da mão de obra direta para a lotação do posto de soldagem da oficina Mecânica, visto que em princípio, apenas haverá transferência de local no piso das oficinas, da mesma mão de obra até então empregada.

Já com relação à mão de obra indireta, da mestria e gestão da oficina há implicações, que se referem à capacitação técnica e à maior habilitação para expandir funções administrativas. É uma exigência inerente à introdução das técnicas de agrupamento a reciclagem do pessoal envolvido, o que de resto, é socialmente e individualmente proveitoso e desejável [126].

A sua transferência não implicaria em maiores dificuldades, no que se refere à planta, visto que na oficina Mecânica é viável, conforme análise efetuada, a alocação da área requerida ($18m^2$).

4 - Quanto às demais modificações requeridas para a mudança do sistema de produção na simulação havida, as mesmas não implicam, praticamente, em providências relativas a recursos físicos. São modificações na organização e no sub-sistema de informação e controle.

Assim, por exemplo os postos MSA (serra alternativa) e MSC (serra a disco) passaram a ser considerados como englobados, para fins de fluxo do processo, como locados na oficina Mecânica - como ilustrado nos quadros MRP1 E MRPS1 do anexo 5.1 - porque na reorganização a efetuar, estas máquinas deverão se integrar no programa ("programação periódica em blocos") e no fluxo da oficina Mecânica. Isto não implicaria, no caso, em mudança de alocação ou qualquer outra modificação física.

5 - Modificações pressupostas para o sub-sistema de informação e controle

Os demais parâmetros que definem as situações de estado do sistema de produção formado por uma OCM, precisam ser reequacionados, para efetivar uma modificação mais profunda, transformando-o em um sistema baseado em T.G. e dotado de arranjo celular.

Assim, complementarmente às modificações físicas representadas pelos fluxos do processo e discutidas até aqui, neste parágrafo, foram

previstas modificações para o sistema de informação e controle, particularmente na técnica de programação e nas técnicas de planejamento do processo.

4.3 Classificação dos roteiros

Roteiros "ordenados", roteiros "ordenados de compromisso", roteiros "cruzados"

No presente trabalho, foram chamados roteiros ordenados, àqueles em que o processo de fabricação/recuperação da peça transcorreu completo em uma só oficina. Roteiros cruzados são aqueles em que os processos foram efetuados em mais de uma oficina e roteiros ordenados de compromisso são aqueles em que o processo pode ser efetuado de tal modo que a peça descreve um roteiro composto de dois roteiros ordenados, um em cada oficina. Deste modo, para o roteiro de compromisso é possível, através da técnica de programação periódica em bloco (P.P.B), programar o serviço em duas etapas parciais, cada uma com características de roteiro ordenado.

4.4 Programação periódica em blocos (PPB)

É uma técnica de programação por fluxo (ver secção 2.4, Cap. II) que é indispensável para a realização e incorporação das vantagens propiciadas pela T.G. [14].

A P.P.B. parte de duas premissas:

- . Período básico de realização do ciclo total do processo,
- . Demanda de serviços à oficina em bloco e não serviço a serviço, unitariamente.

Através do uso da P.P.B. é possível programar uma oficina ou um seu setor (célula) para:

- . Solicitação em bloco da lista de serviços (ou ordens de serviço) requeridos até o fim do período básico (semana, quinzena, mês, etc.);
- . Entrega completa dos serviços programados até o último dia do período básico respectivo;
- . Carga de trabalho nos postos da oficina ou setor (célula) previamente "negociada" e balanceada.

A análise desta técnica mostra que o seu emprego é sobretudo válido quando o sistema de produção respectivo pode operar com

- . Base nos conceitos de T.G. (Grupos Homogêneos);
- . Ciclos de processo curtos;
- . Arranjo físico celular.

Estas são condições que, em resumo, se visam alcançar com o reprojeto do sistema de produção, através do método de T.G.

4.5 Processos otimizados em fluxo

O planejamento do processo de confecção ou recuperação em uma DCM tem em conta fatores de otimização que não o fluxo do processo. Assim, simplificação de operações, ênfase na experiência e especialização dos executantes, obediência, de modo geral, a procedimentos ligados ao sistema baseado em arranjo funcional, levam os roteiros de processo a cruzarem as várias oficinas de uma DCM, sem que isso seja necessário.

Assim, nas modificações levadas a efeito ao simular a ordenação dos fluxos do sistema de produção atual da DCM, foram alteradas as folhas de processo simuladamente, quando se constatou a possibilidade de correção, em relação ao critério de otimização de fluxos. A figura 5.4 ilustra um caso da modificação.

PLANO DE OPERAÇÕES - PEÇA: TRAVA - PS 763096 - JAN/1989

PROCESSO DE FABRICAÇÃO		ROTEIRO							CROQUIS
		a) Com conceito funcio- nal				b) Racionalizado			
		Oficina Caldeiraria		Oficina Mecânica		Oficina Caldeiraria			
N. OPERAÇÃO	RECURSOS DE PRODUÇÃO	MOVIMENTAÇÃO	USINAGEM	USINAGEM	USINAGEM	USINAGEM	USINAGEM		
	DESCRIÇÃO								
01	RETIRAR CHAPA	X				X			
02	RECORTAR EM TIRAS		X				X		
03	REBARBAR			X			X		
04	TRANSPORTAR PECAS	X							
05	TRAÇAR E MARCAR 2 FUROS				X		X		
06	FURAR E REBARBAR				X		X		



Fig. 5.4 - Folha de operações esquemática. Exemplo de processo de fabricação com roteiro longo (a); com roteiro racionalizado (b)

4.6. Grupos homogêneos

Um pressuposto básico do método ora descrito é o de que existe uma tendência de repetitividade de certas combinações de postos de trabalho, ou seja, de roteiros de processo, no sistema de produção típico da OCM (Ver Cap. IV, parágr. 4.2.1 e 4.8.1.). Isto deve, portanto, ser contemplado na pesquisa efetuada.

Neste trabalho, foi denominado "grupo homogêneo" (GH) a um conjunto de dois ou mais serviços executados no período e que apresentam roteiros idênticos entre si. Um grupo de n roteiros idênticos pode, portanto, ser descrito por um único destes roteiros, que foi chamado "paradigma" do grupo.

Os roteiros de processo não repetidos no período, foram designados "resíduos" (ver para ilustração, as notas no anexo 5.1, quadros MRP6 e MRPS6).

Ampliação dos grupos homogêneos

Dada a simplicidade da definição de GH acima, é possível combinar entre si os grupos com o intuito de ampliação dos roteiros e dos recursos físicos correspondentes. Assim, um GH de menor quantidade de recursos físicos pode ser incorporado a outro grupo mais amplo onde ele esteja contido, gerando-se um GH de nível maior e mais representativo. Por exemplo, o GH representativo do total dos serviços da Oficina Mecânica irá abranger todos os GHs de menor nível e todos os resíduos. Contudo nesta oficina, por suas características ou por outras razões práticas, estes GHs poderão compor famílias enquanto que a configuração geral da oficina como sistema, tende a ser a de uma célula, - no caso, conforme a nomenclatura adotada, uma "macro-célula". O exemplo da família A1 -1 exposto no próximo parágrafo, ilustra um caso de ampliação de GH a formação de "família".

4.7. Famílias e agrupamentos

Este trabalho visa definir a exequibilidade de introduzir técnicas de agrupamento em um sistema operando com fabricação e recuperação; nos termos do exposto no Capítulo IV, partes 5, 6 e 7. Portanto, a pesquisa se limita a verificar a viabilidade de modificação dos fluxos de uma OCM, de modo a ordená-los dentro de cada oficina componente do sistema; passo inicial para ulterior aplicação de T.G. e arranjo celular a todo o sistema de produção.

Entretanto, a fim de melhor ilustrar o conceito subjacente de "família" de serviços, serão exemplificados dois casos observados na OCM da COSIPA, como exemplos genéricos de agrupamento de serviços

visando à formação de famílias.

A seguir é apresentado um exemplo de formação de família, com base no acima exposto. São relacionados três GHs que possuem características comuns e conveniência de aglutinação por razões tais como:

A quantidade média destes serviços é relativamente elevada (média de 27 serviços/mês) e a carga resultante do recurso de produção principal (torno paralelo de pequeno porte, nomenclatura local MTP A1) sugere a formação de um núcleo dedicado a este tipo de atendimento,

A quantidade de serviços de "curto prazo" solicitada a esta máquina é alta (taxa de serviços atendidos em curto prazo é de 65%). Este tipo de atendimento requer esquemas especiais e indesejáveis para o sistema de produção como um todo e a criação de um núcleo especializado e autônomo (célula) poderá simplificar o atendimento e eliminar muitas emergências perturbadoras. A figura 5.5 mostra, como ilustração, um extrato dos relatórios destacando os roteiros exclusivos do torno MTPA1.

Assim, em resumo, uma "família" poderia assim ser constituída.

Família A₁ - 1

Constituída pelo roteiro paradigma (MSA - MTPA1 - EXP MEC)

Formada pelos GH MTP A1

MSA - MTPA1

MTPA1 - EXP MEC

Esta família A1 - 1 oferece condições para ordenação de fluxos através:

- a) Alocação dos três recursos de produção dentro de uma mesma oficina. Esta será concebida como uma "micro-célula" e abrangerá o torno MTPA1, a serra MSA e o posto de expedição EXP MEC com o fluxo básico contido em seu interior (sem passar a outra oficina).
- b) Alocação dos três recursos próximos entre si formando uma unidade concentrada, com ciclos curtos, uma célula.

Para o projeto deste agrupamento poderão, obviamente, ser formadas novas famílias, cujos roteiros se combinem com o anterior. Com a implantação deste novo arranjo físico e da organização por grupos, provocar-se-á uma importante simplificação no fluxo geral dos serviços das "famílias" abrangidas, quer no piso de oficina, como na tramitação geral das informações. Este resultado é ilustrado através da figura 5.6. (Notar que a representação é comparativa; ver também a figura 5.4 B, Cap. II)

Nº ES		Nº DESCRICAO		MECANICA										ELETTRICA										QUIMICA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
774828	CONF. TIRANTE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				

Fig 5.5 - Matriz mostrando parte dos roteiros de serviço executados na estação de trabalho MTPA1. Na coluna prioridade o código E indica atendimento de curto prazo.

Um outro exemplo de possível formação de "família" é o da fabricação de ventaneiras (componentes do sistema de sopramento dos altos-fornos siderúrgicos). Aqui o critério básico de semelhança de roteiros é complementado por fatores tais como:

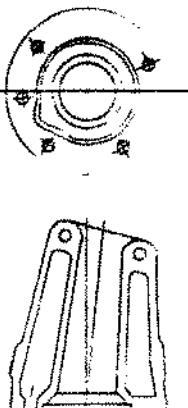
Estas peças só passam pela OCM para confecção, não sofrendo, praticamente, recuperação. Assim o roteiro típico (paradigma) é de fabricação; mais regular portanto, o que torna conveniente o empenho de máquinas específicas nos seus processos de manufatura. Considere-se ademais, que a carga de horas-máquina mensal nestes serviços é significativa.

As peças-brutas de ventaneira são produzidas na fundição da própria empresa. Há domínio completo do projeto, do processo de fabricação e do uso em equipamento, o que facilita a reformulação do seu projeto, quando conveniente.

O aspecto econômico é importante na fabricação destas peças (material cobre eletrolítico, peso 187 Kg, usinagem de superfícies reversas entre si, solda especial de vedação, teste funcional), o que sugere a formação de uma categoria especial (família) e um grupo de recursos especializados, dedicados à sua produção (célula). A figura 5.7 (a e b), apresenta um resumo da seqüência de operações de fabricação de ventaneiras, comparando a situação atual com a simplificada, projetada após a formação de uma família e do agrupamento de recursos de produção a ela dedicados (notar a redução das distâncias dos roteiros de processo após a simplificação).

SEÇÕES OPERAÇÃO	FUNDIÇÃO					MECÂNICA		CALDEIRA- RIA	DISTÂN- CIA EN- TRE SE- ÇÕES(m)
	MO- DE- LA- ÇÃO	FU- SÃO	MA- CHA- RIA	ACA- BA- MEN- TO	INSPE- E TES	USINA- GEM	INSPE- ÇÃO	SOLDA	
MOLDAR	○		○						40
DESLOCAMENTO									30
FUNDIR		○							70
DESLOCAMENTO									60
DESMOLDAR	○								
DESLOCAMENTO									50
ACABAR O FUNDIDO				○					
INSPECIONAR					○				
DESLOCAMENTO ENTRE FABRICAS									2020
USINAGEM GERAL						○			
DESLOC.ENTRE OF. SOLDA DE VEDAÇÃO								○	140
DESLOC. ENTRE OF. ACABAMENTO DE USINAGEM						○			140
DESLOCAMENTO INSPECIONAR							○		
DESLOCAMENTO ENTRE OFICINAS									2020
TESTES FUNCIONAIS				○					
SOMA DOS DESLOCAMENTOS									4570

a) Situação atual

SEÇÕES OPERAÇÕES	PRODUÇÃO DE NÃO FERROSOS			DISTAN- CIA EN- TRE SEÇÕES (m)	CROQUIS (VENTANEIRA)
	SETOR DE FUN- DIÇÃO DE NÃO FERROSOS	INSPE- ÇÃO	GRUPO DE USI- NAGEM DE PE- ÇAS DE COBRE		
Moldagem, fusão, desmoldagem e acabi- bamento	○			30	
Deslocamento				10	
Inspecção e teste		○			
Deslocamento				10	
Usinagem completa e solda de vedação			○		
Deslocamento				30	
Inspecção final e testes		○			
Soma dos deslocamentos				80	MAT: Cobre fundido PESO: 187 Kg

b) Situação projetada através de técnicas de agrupamento.

Fig. 5.7 - Seqüência de operações e fluxo de fabricação completo da ventaneira.

5. QUADRO COMPARATIVO DE RESULTADOS

A tabulação dos dados levantados na pesquisa efetuada, fornece o seguinte quadro estatístico, demonstrativo das situações de estado do sistema em sua condição atual - baseado em arranjo físico funcional - e a condição simulada, após modificação baseada em T.G. e conceito celular, tabela 5.1. Os dados foram levantados em análise de 4590 processos de fabricação e recuperação executados no período de janeiro a junho de 1989, representados pelos relatórios (mapas) MRP 1,5,6 e MRPS 1,5,6, que compõem o anexo 5.1.

Na tabela, é preciso distinguir o seguinte, no que refere à terminologia anteriormente definida - seção 4.3 deste capítulo:

- . Roteiros contidos em uma única oficina = roteiros ordenados;
- . Roteiros que passam por mais de uma oficina, mas são ordenados através de técnicas de programação e controle = roteiros ordenados de compromisso;
- . Roteiros que passam por mais de uma oficina = roteiros cruzados.

Outros comentários sobre estes resultados são feitos na parte 2 do Capítulo VI.

Tab. 5.1 - Resumo comparativo relativo aos roteiros de processo dos serviços realizados nas oficinas no período de pesquisa. Situação atual (levantada) vs. situação simulada.

PERFIL DOS FLUXOS		SITUAÇÃO ATUAL		SITUAÇÃO SIMULADA	
		QUANT.	%	QUANT.	%
FLUXO ORDENADO	Roteiros contidos em uma única oficina	2696	59	3737	81
	Roteiros passam por duas oficinas mas são ordenados através de técnicas de programação e controle			668	15
SOMA DOS ROTEIROS ORDENADOS		2696	59	4405	96
FLUXO CRUZADO	Roteiros passam por mais de uma oficina	1894	41	185	4
T O T A I S		4590	100	4590	100

6. AVALIAÇÃO DE RESULTADOS DO ENSAIO

A aplicação do método proposto a um determinado projeto ou reprojeto fornecerá, a exemplo do exposto neste capítulo, o diagnóstico, os índices e a descrição necessária para a avaliação e decisão correspondente. Isto encerra o escopo do trabalho ora apresentado.

Todavia, visando complementar os comentários acima, é conveniente uma avaliação dos resultados finais obtidos, composição final dos roteiros de processo após simulação (Tabela 5.1), ou seja:

- a) roteiros ordenados 81%,
- b) roteiros ordenados de compromisso 15%,
- c) roteiros cruzados 4%.

A introdução de T.G. em um sistema produtivo se consagra através da realização de três marcos característicos [14]:

- . Instituição de arranjo físico baseado em grupos;
- . Emprego de seqüenciamento.
- . Produção através de ciclos de curto percurso.

Para os roteiros ordenados, (a), é possível realizar os três tópicos acima, exatamente nos moldes de teoria; guardadas as proporções relativas, visto que neste estágio de aplicação só se visa criar seções autônomas entre si, como se fossem grandes células ("macro-células", Cap. IV, parte 4)

Para os roteiros ordenados de compromisso, (b), é possível também realizar os três tópicos, com adaptações. Através do uso da programação periódica em blocos (PPB) é possível modular os fluxos respectivos de modo que fluxos cruzados sejam decompostos em dois ou mais fluxos ordenados. Assim, embora com maior empenho de recursos e organização, é possível obter as condições básicas de T.G..

Enfim, para o roteiros cruzados, (c), o problema da falta de ordenação de fluxos persiste. Segundo as regras práticas de T.G., a pesquisa deve ser estendida, analisando-se cada processo "anômalo" (roteiro cruzado), de modo a que, por alteração do processo de fabricação, de recursos físicos (máquinas, por exemplo) e do produto (desenho) se torne possível o encaixe do serviço em um GH (família) já formado. Ou ainda, que seja estudada a produção por terceiros, de modo a se retirar do sistema produtivo interno aquela excessão. No caso presente todavia, este procedimento não tem procedência. Os roteiros cruzados de um período, por exemplo, não serão os mesmos no período seguinte; o sistema não se comporta de modo determinístico. Portanto, dado que a proporção de serviços cruzados resultará sempre baixa ($4\% = 30$ serviços/mês em média, no caso presente) é válido estruturar um

esquema de informação e controle adequado, de modo que estes serviços sejam programados por fluxo (PPB) e monitorados pela programação de piso, passo a passo, inseridos em cada "bloco" de programa periódico. Seria possível, assim, operar o sistema como um todo, com os méritos da T.G. e com este mínimo de "perturbação" sob controle rigoroso.

Obs. : é oportuno lembrar que o sistema produtivo reage, (Ver Cap. II parágr. 2.3.4) buscando a sua "vocação" que, outrossim, pode variar de perfil, no decorrer do tempo. Por conseguinte a estratégia de gerenciamento adequada, no caso dos roteiros cruzados, consiste em acumular informações de desvios durante períodos suficientemente longos e depois agir sobre o sistema, alterando os parâmetros convenientes para acomodação (Formação de novos GHs ou externização de determinados GHs por exemplo).

1. METODOLOGIA

Sob o ponto de vista crítico, temos dois planos a considerar:

. O método empírico-indutivo empregado no ensaio, tratando os dados em observação em várias etapas (conforme descrito na parte 4.6, Cap. IV)

. O método de diagnose e análise, desenvolvido neste trabalho como recurso operacional para o levantamento das situações de estado e para o reprojeto de um sistema produtivo.

1.1 Método empírico

Os princípios do método indutivo foram utilizados nas sucessivas fases da pesquisa e produziram resultados coerentes, como se pode avaliar ao longo dos Capítulos IV e V. As relações de causa e efeito foram comprovadas em cada passagem e os resultados finais obtidos, particularmente aqueles do ensaio (Ver tab. 5.1 Cap. V) permitem confirmar que as condições de teste são universais e que os resultados podem ser generalizados.

1.2. Método analítico

O método proposto - e testado através da simulação anteriormente descrita, - permite estabelecer levantamento do perfil da "personalidade" do sistema produtivo, bem como desenhar o novo perfil, dentro dos preceitos de T.G..

Assim, no Capítulo V, a partir da parte 5.4 e subsequentes e, com maior detalhe, na tabela 5.1, são identificados os parâmetros que descrevem o perfil de fluxos de processo levantado (atual) e modificado (simulado).

Corresponde, de resto, à constatação da aplicabilidade, "mutatis-mutandis", da metodologia de introdução de T.G. (14) aos sistemas produtivos de características excepcionais, como é o caso da OCM, aqui estudada (Características estas expostas no Cap.II, seção 3.1).

2. VANTAGENS DO MÉTODO

. Um novo instrumento.

O método permite descrever, analisar e simular variáveis de estado dos sistemas produtivos aqui estudados.

A falta de metodologia para concepção destes sistemas limita as possibilidades de avaliar ou rever o projeto de tais sistemas. Este método abre um caminho para estes estudos e para introdução prática de sistemas produtivos otimizados.

. Poder de informação.

O método representa as situações de estado que definem o sistema produtivo, através da descrição de características (ou variáveis) e índices relativamente compactos. Pela descrição e análise de uma súmula de parâmetros, fornece representações claras e consistentes e pode se constituir, portanto, em elemento simplificador e eficaz de gestão.

. Simplicidade.

O método considera dados de partida disponíveis na própria rotina operacional do sistema de produção - folhas de processo, roteiros de processo, planta de arranjo físico, etc. Os conhecimentos de engenharia aplicados na sua elaboração são do nível usualmente disponível no quadro funcional de uma empresa industrial: - análise de processos de fabricação; uso de matrizes; análise estatística, engenharia industrial; gestão de materiais; etc. Os recursos físicos necessários são relativamente modestos, atingindo, no máximo, o nível de micro-computador para o processamento dos dados da simulação.

O diagrama de atividades relativas ao desenvolvimento da parte computacional do método, figura 6.1., ilustra os recursos empregados e o caminho lógico seguido. O diagrama da figura 6.2 ilustra o processamento dos dados. Para prevenir-se da sobrecarga na unidade de memória do micro-computador (Sistema Operacional D.O.S., capacidade 540 Kbyte), não foi empregada a manipulação de matrizes (conforme, e.g. [122]) e usou-se um programa estruturado a partir do algoritmo do "ordenação rápida" [127]. A forma matricial foi utilizada somente na edição dos mapas de fluxo.

Esta simplicidade que, de resto, corresponde à metodologia de introdução de T.G. acentua a sua factibilidade, mesmo para empresas com modestos recursos organizacionais ou tecnológicos na área de manutenção e recuperação.

. Consistência e confiabilidade.

A consistência do método provém de que os dados de partida são coletados do próprio sistema de produção observado. Os critérios de análise - critérios de semelhança de roteiros, processos e máquinas, de agrupamento, de continuidade de fluxo, etc. - são imediatos. As sucessivas etapas do método são recorrentes, de tal modo que a cada passagem obtém-se uma verificação dos dados anteriores [14] - quer se trate do diagnóstico da situação atual, quer seja da simulação da nova situação (Ver Cap. IV, partes 5, 6 e 7 e Cap. V, partes 3 e 4).

Em consequência, o método se reforça em confiabilidade; o que, aliás, é coerente com a metodologia de T.G. que foi usada como base, particularmente o método da análise de fluxo do processo.

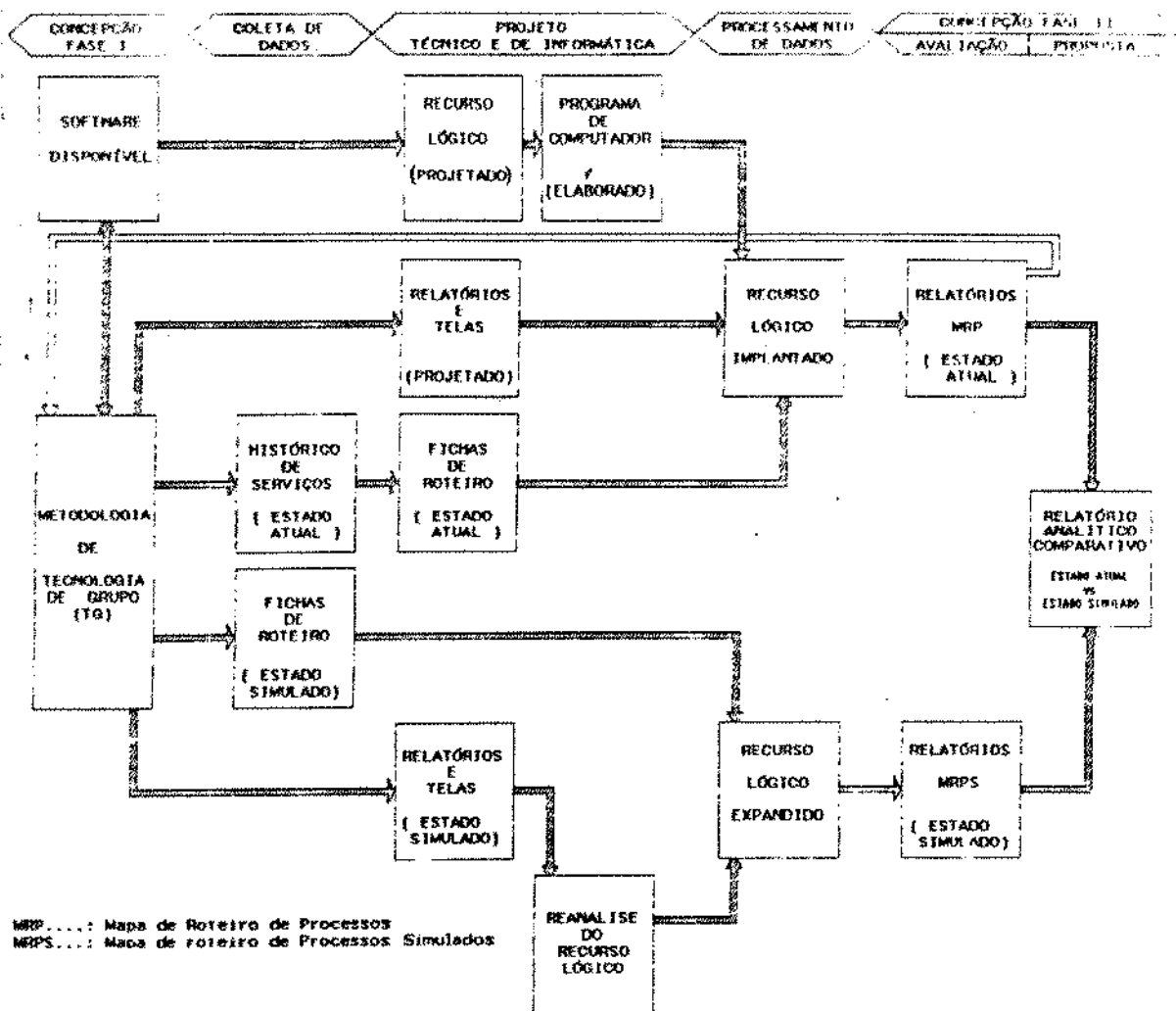


Fig.6.1: Diagrama de blocos : - Atividades de projeto e elaboração da pesquisa.
Ensaio pelo método de análise de fluxo.

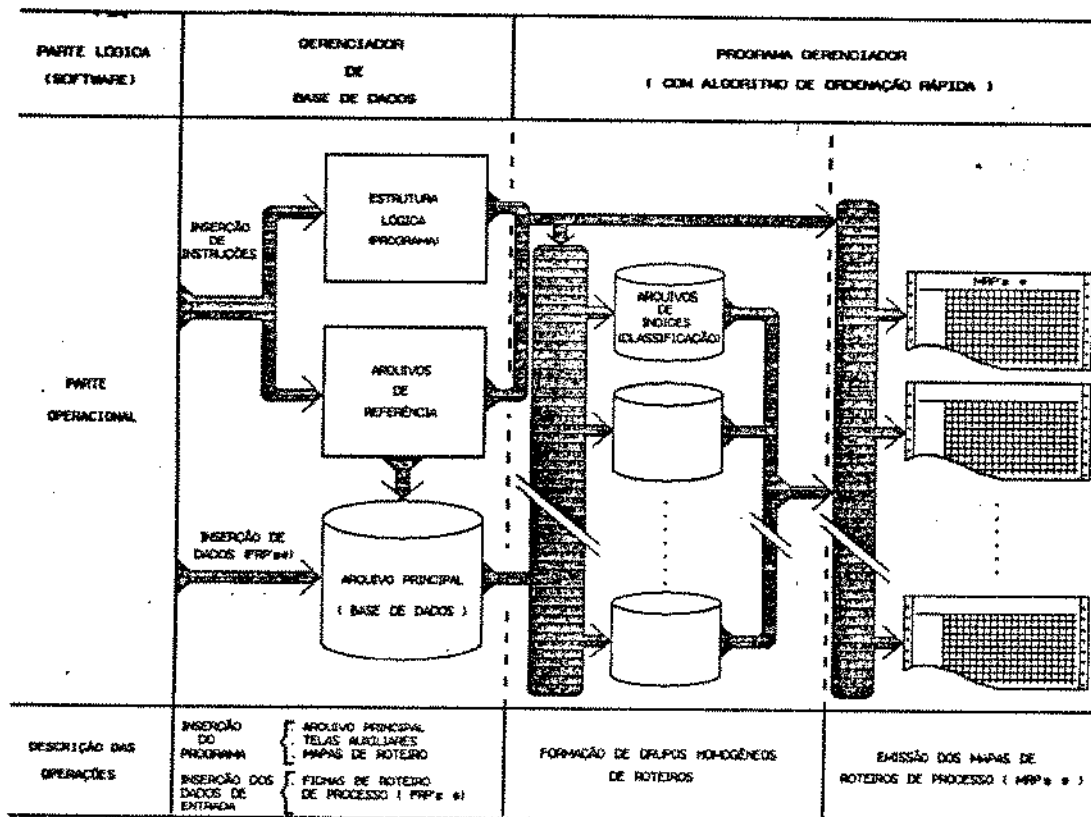


Fig. 6.2 - Processamento dos dados da pesquisa : Operações e fluxo das informações.

3. RESTRIÇÕES

A análise das eventuais restrições ao método, não indicou pontos negativos. Considerado o campo de aplicação previsto e as condições de contorno previamente requeridas para o sistema de produção objeto e, dentro das limitações da pesquisa, não foram constatadas restrições. O método demonstrou eficiência, seja no aspecto teórico/prático quanto no que refere à aplicação.

É importante lembrar que o método deve ser aplicado em estágios sucessivos, sendo o primeiro deles - o estágio mandatório e determinante da viabilidade de emprego - descrito nesta dissertação. Após a implantação e avaliação do primeiro estágio desdobram-se os estágios seguintes de maneira lógica e seqüencial, abrangendo as áreas interligadas ao sistema, semelhantemente à metodologia geral de emprego de T.G.. Assim, logicamente, não há limitações a considerar como restrição para o método desenvolvido.

4. VANTAGENS A OBTER PELA APLICAÇÃO DE T.G. A OFICINAS CENTRAIS DE MANUTENÇÃO (OCMs)

A metodologia de T.G. aos sistemas de manufatura em geral, historicamente foi desenvolvida com vistas a obter condições no piso da fábrica, de maior produtividade no emprego dos recursos de produção: - otimização na preparação de máquinas, nas montagens de ferramental, no seqüenciamento das operações das estações de, trabalho, no "aprendizado" relativo a cada nova operação, na adequação de projeto das máquinas em relação aos processos e peças, etc.

Entretanto, a introdução de T.G. conduz a soluções sistêmicas, que resultam em aplicação de seus princípios e todas as outras áreas da empresa.

No caso particular das OCMs, deverá acontecer o mesmo e possivelmente, com maior impacto relativamente à manufatura de bens.

Com efeito, as OCMs (Cap. I, seção 1.3 e Cap. II, seção 3.1.) sujeitas a demanda e fatores de escassa previsibilidade e relativa aleatoriedade, apresentam fortes agravantes negativos, no que diz respeito à sua governabilidade. A introdução de T.G. no seu sistema de produção não se limitará portanto a repercutir sistemicamente como na manufatura de bens, porém deverá provocar um impacto adicional, por estabelecer uma robusta estabilização "institucional" que deverá modular as variáveis de sistema em geral, elevando a sua governabilidade e as condições gerais para gestão.

Serão comentados a seguir os diversos aspectos pelos quais a T.G. deverá provocar otimização, se aplicada à OCM:

- . Previsibilidade: a introdução de T.G. oferece uma melhoria geral nas condições de previsibilidade, por instituir grupos homogêneos, as respectivas rotinas e procedimentos práticos. Assim, é possível triar os fluxos de entrada irregulares e obter fluxos modulados e com reduzida aleatoriedade, pela especialização dos recursos (humanos, de informações, físicos) ao produzir grupo a grupo. O planejamento, que geralmente é inconsistente nas OCMs, em consequência, poderá adquirir confiabilidade: o planejamento periódico global (anual, por exemplo), o planejamento estratégico (para investimentos, por exemplo) e o planejamento de produção (equacionamento da distribuição de carga e gargalos, por exemplo).
- . Programação: a T.G. tornará possível o emprego de programação baseada em controle de fluxo, a PPB, por exemplo. Com esta base é possível programar com confiabilidade, efetuando saturação de carga nos postos de trabalho e seqüenciamento otimizado. Isto permitirá monitorar o andamento dos serviços e controlar efetivamente a produção.
- . Estoques: - uma das consequências mais importantes da introdução de T.G. é a redução dos tempos de rota (ou ciclos totais de produção) dos serviços, até cerca de 1/3 dos tempos praticados [24]. A principal repercussão deste feito é a notável redução global de estoques. No caso das OCMs (Ver Cap. II paragr. 1.2.2). - Administração de Materiais), a quantidade de sobressalentes será reduzida proporcionalmente à redução do tempo de rota respectivo. Teremos ainda redução de estoques intermediários - materiais em processo, por exemplo -, e a correspondente redução de estoque de matéria prima, em função da queda na demanda dos respectivos sobressalentes.
- . Prazos de entrega: - a implementação do sistema produtivo através de T.G. levará à estabilização das condições para programar e à confiabilidade de prazos. A organização por grupos permitirá não só uma redução dos tempos de rota, mas também à redução dos tempos de tramitação das ordens de serviço antes do seu ingresso no piso da oficina. Portanto a redução dos ciclos totais da confecção/recuperação levará a uma melhoria de desempenho do sistema de produção, a exemplo do que já ocorre na manufatura de bens baseada em T.G..
- . Produtividade: - o impacto sobre a produtividade pode ser melhor avaliado através dos seguintes efeitos:

- Tempos de rota (ciclos totais de produção) : - em consequência da implantação do arranjo físico com TG os ciclos totais baixam, de modo a se realizar notável aumento de produtividade em função da maior rapidez de rotação dos serviços quando em oficina. Menores tempos de rota provocam redução de estoque de sobressalentes, de estoques de matéria prima e intermediário, de área no piso, de desperdício por corrosão ou extravio de peças de manuseio e de gestão.
- Tempos de preparação e "aprendizado" :- o trabalho com grupos homogêneos (famílias) permite seqüenciar a fabricação, de tal modo que os tempos auxiliares das operações sejam realizados.
Preparação de máquinas, de ferramental e aprendizado das operações complicadas, são reduzidas (de até 50% conforme a bibliografia, e.g. [23] [24]) realizando aumentos notáveis de produtividade
- Materiais: - a introdução de TG traz consigo um intenso esforço de padronização, de unificação, de redução de variedades; também o emprego e o aproveitamento dos materiais quando referenciados a grupos homogêneos permitem a sua racionalização. Um aspecto particular deste impacto é o que decorre do uso de seqüenciamento. Materiais indefinidos - barras, chapas, eletrodos, tintas - podem ser utilizados de modo otimizado, não para um único serviço, mas para um grupo de serviços seqüenciados.
- Fluxo do processo: - a revisão do projeto do arranjo físico funcional (ou o projeto de um novo sistema, quando for o caso), gera um novo desenho geral de fluxos, otimizado em termos de estocagem, de manuseio, além da já mencionada redução geral de meios de produção. Ordem, limpeza e arrumação, palavras-chave no gerenciamento da produção, tornam-se metas simplificadas por partirem da organização por grupos e geram por sua vez melhores condições de produtividade.
- Custos : - a substancial redução de custos que a introdução de TG promove - até 42% dos custos totais envolvidos, registrados pela bibliografia [23] - é o fator primordial de sustentação da competitividade dos sistemas de produção na moderna realidade industrial nacional ou multinacional, na manufatura de bens [120] [128]. No caso presente, a aplicação de TG deverá produzir resultados semelhantes. A poupança realizada poderá garantir a auto-sustentação econômico-financeira da OCM em termos de custo x benefício. A gestão desta poupança poderá promover ainda, os fundos para a aplicação dos estágios sucessivos de TG, quando modificações mais profundas serão equacionadas, a inovação tecnológica absorvida e promovidos a pesquisa e desenvolvimento no âmbito da OCM.

- Gerenciamento: - o sistema de produção organizado em grupos oferece condições para melhoria da sua governabilidade; em consequência, as condições de gerenciamento são igualmente melhoradas. De fato, ao obter maior autonomia das oficinas, a T.G. propicia maior unidade de comando e, por outro lado, seus preceitos fornecem diretrizes e práticas (Programação periódica em bloco; execução de serviços interna ou externamente segundo a classificação dos grupos; controle de desempenho setorizado, por exemplo). Desta forma, o gerenciamento se tornará desembaraçado e ganhará em lucidez e objetividade [126].
- Horizontalização: - a estrutura da organização por grupos resulta em autonomia operacional para os setores - no caso, oficina Mecânica, de Caldeiraria, etc -, ao que se associam condições de controle concentradas. Formam-se condições de base para a delegação, importante elemento de melhoria de condições individuais e sociais e, porém, também uma poderosa alavanca de eficiência operacional.
- Motivação e satisfação pessoal: - a introdução de T.G. cria condições de estimulação para atingimento de objetivos, por equipe. Os compromissos, as metas, as responsabilidades e os resultados - inclusive nível de remuneração, - se dispõem por setores, por equipe. A associação em equipes é um poderoso fator de estimulação do comportamento no trabalho [24] [75] [79] e sua instituição conduz a melhorias, quer nas relações interpessoais de produção, quer no desempenho e eficiência operacional. Abre caminho para o desenvolvimento das relações "sócio-técnicas", que se constata, vêm acompanhando o advento da nova era nos países industrializados.
- Pesquisa e desenvolvimento: - a imagem de ganho (ou poupança) que a OCM pode apresentar, sob uma gestão apoiada em TG é a chave para a retomada de desenvolvimento de que se ressentia, no atual contexto. Em estágios sucessivos de introdução de T.G., será possível absorver as recentes técnicas de racionalização e de desenvolvimento tecnológico: informatização, automatização flexível (com máquinas CN, por exemplo) e sustentar um esquema de reciclagem e pesquisa de novas soluções para os problemas das OCMs.

5. HORIZONTES E PERSPECTIVAS: - NOVAS PESQUISAS

Na presente dissertação foram descritos sistemas, discutido o equacionamento de problemas, aventadas alternativas de solução e estruturada uma metodologia para tratamento de um universo característico, onde a manutenção e a manufatura se conjugam, as questões são sempre complexas e as soluções, sempre de natureza sistêmica são recorrentes e de compromisso.

Esta discussão e análise abre caminhos, por isso mesmo, rumo a horizontes amplos, perspectivas atraentes.

Podem ser mencionados alguns tópicos relacionados com o argumento.

Confiabilidade e reparabilidade de componentes: - a bibliografia disponível em nosso país sobre critérios relativos a componentes de máquinas, particularmente os de grande porte, é escassa. É sugerido o desenvolvimento de estudos e relatos da história de vida útil de componentes e órgãos mecânicos, matéria de interesse na engenharia de manutenção. O instrumental teórico disponível no campo da confiabilidade, por exemplo, oferece recursos seguros de estudo e pesquisa nesta área.

Organização e planejamento interno das OCMs: - a perspectiva de introdução de T.G. e do arranjo celular nestes sistemas de produção leva ao natural desenvolvimento nas suas futuras condições de governo. Planejamento periódico, programação e controle por fluxo, processos de fabricação por grupos homogêneos, aprovisionamento e sub-contratação de serviços, por exemplo, são temas interligados. Uma questão importante é estudar a forma adequada de integração e organização destas funções, em relação à produção e sob o enfoque geral da otimização.

Segmento das Oficinas Centrais de Manutenção (O.C.M.s): - a bibliografia disponível, não contempla as OCMs como segmento setorizado, em âmbito regional ou nacional em nosso país. O seu potencial é de inquestionável interesse industrial e estratégico em relação à economia nacional. A sugestão é de que se façam levantamentos e estudos de engenharia, descrevendo este segmento da produção industrial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Huetten. Manual del ingeniero. G.Gili, 1957
- [2] Morrow, L.C. e Higgins, P.E. Maintenance engineering handbook. Mc Graw Hill, 1977
- [3] Pirró e Longo, W. Política tecnológica e industrial. Apostila F.D.T.E./N.E.P., 1989
- [4] Wirjomartono, H. Problems of developing countries related to choice of technology, infrastructure of manufacturing, and training of man-power. Annals of the C.I.R.P., 34(2), 1985
- [5] Monchy, F.. A função manutenção. Tradução. Ebras/Durban, 1989
- [6] Consórcio SETEPLA - TECNO METAL - KAWASAKI. Eficiência da mão de obra; diagnóstico e recomendações, Cap. IV. Arquivo COSIPA, 1985
- [7] Braun, E.M. et alii. Technische und betriebswirtschaftliche Grundlagen zur Bemessung einer zentralen Instandhaltungswerkstatt (Technical and economical fundamentals of the layout of a central maintenance workshop). Stahl und Eisen, 99(7), 1979
- [8] Gama, M.P.N. e Mourão, C.L. Situação da manutenção siderúrgica no Brasil. Resultado de pesquisa. Publ. A.B.M., 1987.
- [9] Bleuel, W.H. Maintenance is not an expense - it is a new source of profit. Plant Engineering, 35(25), 1981
- [10] Andrica, J.D. Maintenance... A profit center. S.M.E. technical paper M.S.84 - 765, 1984.
- [11] Ogus, A. La maintenance industrielle. Quelques uns de ses aspects actuels. Travail et Méthodes, (459), 1987
- [12] Kuipers, H. et alii. Due - date reliability in a repair shop: implications for organizational and work design. Maintenance Management International, (6), 1985
- [13] Agostinho, L.O. Estudo da flexibilidade dos sistemas produtivos. Tese. E.E.S.C. - U.S.P., 1985
- [14] Burbidge, J.L. Introduction to group technology. W. Heinemann, 1978
- [15] Buffa, E. Modern production management. John Wiley, 1987
- [16] Heilig, H. e Gerke, S. Reserveteilewirtschaft in Huettenwerken (Spare parts economy in metallurgical plants). Stahl und Eisen, 93(23), 1973.
- [17] Merchant, M.E. Future trends in manufacturing - Toward the year 2.000. Annals of the C.I.R.P., 25(2), 1976

- [18] Warnecke, H.J. Schritte zu einer wirtschaftlich-sozialen Fabrik automatisierung (Étapes économiques et sociales vers une automatisisation de la fabrication). Technische Rundschau, 79(18), 1987.
- [19] Hirsch, B.S. Comunicação no ambiente da manufatura. Aspectos inter e intra organizacionais. Anais do 9º S.C.N.B.B. / 5º J.I. A.I., S.P., 1989.
- [20] Ahlmann, H. Maintenance effectiveness and economic models in therotechnology concept. Maintenance Management International, (4), 1984.
- [21] Blanchard, B.S. Total maintenance management. Terotechnica, (2), 1981.
- [22] Sabberwal, A.J.P. The implementation of appropriate metalworking technology in the social environment of the developing countries. Annals of the C.I.R.P., 30(2), 1981.
- [23] Knight,, W.A. Economic benefits of group technology. Machinery and production engineering, 118(3058), 1971.
- [24] Jackson, D. Cell system of production. Business Books, 1978.
- [25] Retterer, B.L. e Kowalski, R.A. Maintainability: a historical perspective. I.E.E.E., transactions R33(1), 1984.
- [26] Bloch, H.P. e Geitner, F.K. Practical machinery management for process plants; II Machine failure analysis and troubleshooting. Gulf Publishing, 1986.
- [27] Malik, M.A.K. Equipment replacement and its real causes. Maintenance Management International, (5), 1985.
- [28] Nelson, D. Finding the stress hidden in parts. Machine Design., 58(28), 1985.
- [29] Shaw, M.C. Metal cutting principles. Clarendon Press, 1984.
- [30] Monaco, G. Modern engineering approach to costly drive system problems. Iron and Steel Engineer, 68 (3), 1981.
- [31] Langer, E. Evolução de materiais avançados em um mundo de materiais em mutação Metalurgia-A.B.M., 16(390), 1990.
- [32] Selivanov, A.I. Fundamentos da la teoria de envejecimiento de la maquinaria. Versão M.I.R., 1979.
- [33] Corporate report. Rational maintenance system at steelworks. Nippon Steel Corporation - Siderbrás, 1983.
- [34] Ammer, D.S. Administração de material. Tradução LTC, 1979.
- [35] Manutenção Central COSIPA. Plano diretor de manutenção, 1986-1990. GMG COSIPA, 1985.
- [36] Almeida, A.T. e Wasjman, D. Engenharia de manutenção - visão conceitual. 4º Congresso de manutenção ABRAMAN, S.P., 1984.

- [37] Stubbs, P.C. An economists view of maintenance engineering. Maintenance Management International, (4), 1984.
- [38] Mesa-redonda. 2º Encontro de especialistas em oficinas - A.B.M.. Ouro Branco, M.G., 1991.
 - . Silva, J.P. (CSN). Evolução da atuação das oficinas de manutenção. As oficinas setoriais de apoio às fábricas.
 - . Linhares, J.A. (ACESITA). Índice comparativo de desempenho em custos na oficina central de manutenção.
- [39] Holst, U. Oekonomische Bewertung von Ausfallzeiten bei Maschinensystemen (Economical evaluation of machine systems downtimes). Fertigungstechnik und Betrieb, 29(7), 1979.
- [40] Neale, M.J. Trends in maintenance and condition monitoring. British Journal of Non Destructive Testing, 30(1), 1988.
- [41] Nippon Steel Corporation. Development and application of the condition diagnosis technique at N.S.C.. Steel Times International, 10(4), 1986.
- [42] Takahashi, Y. Maintenance - oriented management via total participation. Terotechnica, (2), 1981.
- [43] Ikeda, A. A reliability and maintainability design system and its development. Terotechnica, (1), 1979.
- [44] Gits, C.W. On the maintenance concept for a technical system: introduction. Maintenance Management International, (6), 1986.
- [45] Yashikawa, H. The factory of the future: social aspects. Round Table. Annals of the C.I.R.P., 37(2), 1988.
- [46] Jardine, A.K. Topics in terotechnology. 4, Unit replacement. Terotechnica, (2), 1981.
- [47] Hayes, R.H. e Jakkumar, R. Manufacturing crisis: new technologies, obsolete organizations. Harward Business Review, 88(5), 1988.
- [48] Spur, G. The factory of the future: management aspects. Round Table. Annals of the C.I.R.P., 37(2), 1988.
- [49] Plano anual de manutenção. Manutenção Central, COSIPA, 1991.
- [50] Buck, J.R. e Deisenroth, M.P. On the economics of preventive maintenance. Terotechnica, (1), 1980.
- [51] Weiss, W.H. Improving the quality of maintenance. Plant Engineering Barrington III, 34(19), 1980.
- [52] Rifai, A. e Pacenka, J. Efficient maintenance aids quality. Production Engineer, 65(6), 1986.
- [53] Souza, S.D.I. Controle de qualidade: novas fronteiras da manutenção industrial. Manutenção - ABRAMAN, jan/fev, 1988.
- [54] Ishikawa, K. T.Q.C.-Total Quality Control. Tradução ref. ed. 1981. Publ. S.T.I. / M.I.C..

- [55] Meeth, J.F. e Thompson, G.I. Industrial scheduling. Prentice Hall, 1963.
- [56] Tavares, L.A. Controle de manutenção por computador. Editora Técnica, 1987.
- [57] O'Connor, P.D.T. Practical reliability engineering. Heyden, 1981.
- [58] Dreger, W. Festlegen und Erfassen wichtiges Zuverlaessigkeits - Kengroessen (Définition et résumé des principales caractéristiques de la fiabilité). Maschinenmarkt, 83(78), 1977
- [59] Kelly, A. e Harris, M.J. Tradução. Administração da manutenção industrial. I.B.P., 1980.
- [60] Ewersheim, W. et alii. Charges in the role of production management in the C.I.M. era. Annals of the C.I.R.P., 35(2), 1988.
- [61] Bleuel, W.H. Computerized maintenance management: a historical perspective. Annals of I.S.A. annual conference, 1979
- [62] Amaral, N.M., et alii. Aplicação do C.I.P.R.E.C. na manutenção da COSIPA. Simpósio interno de manutenção COSIPA, 1985.
- [63] Stockton, R.S. Sistemas básicos de controle de estoques. Tradução Atlas, 1980.
- [64] Forrestier, J.W. Industrial dynamics. M.I.T. Press, 1961 (in refs. [14] e [15]).
- [65] Nunes, P.R.Z. Aplicação da técnica M.C.M. (materiais críticos de manutenção) como parte integrante da garantia de qualidade. Anais do 4º Congresso brasileiro de manutenção ABRAMAN, 1984
- [66] Wesley, R.L. Poor administrative practices that add to maintenance costs. Plant Engineering, 33(25), 1979.
- [67] Bloch, H.G..P. Improving machinery reliability. Gulf Publishing, 1988.
- [68] Meduna, G.J. et alii. Recuperação de componentes de equipamentos mecânicos: fator importante para enfrentar a crise. Siderurgia Latinoamericana, (303), 1985.
- [69] Storojev, V.P. Recuperação de peças: importante objetivo na economia nacional. Tradução por Collares, M.J. Isvetziya Vysshikh Uchebnykh Zavedenie Machinostroenie, 1979.
- [70] Hemgesberg, G. Instandhaltung von Anlagen und Geraeten. (Entrétien d'installations et appareillages) Industrie Anzeiger. 98(33), 1976.
- [71] Maynard. Manual de engenharia de produção, 8 Instalações industriais. Tradução. Edgard Blucher, 1977.

- [72] Fotsch, R.J. Machine tool justification policies: Their effect on productivity and profitability. *Journal of Manufacturing Systems*, 3, (2), 1984.
- [73] Landes, D.S. *The unbound Prometheus*. Cambridge Press, 1986.
- [74] Groover, M.P. *Automation, production systems and computer - aided manufacturing*. Prentice Hall, 1980.
- [75] Fleury, A.C.C. e Vargas, N. *Organização do trabalho*, Atlas, 1983.
- [76] Rozenberg, N. *Inside the black box. Technology and economics*. Cambridge Press, 1986.
- [77] Merchant, M.E., *Trends in manufacturing systems. Concepts*. Annals of the C.I.R.P..
- [78] Bézier, P. *Rétrospective et perspectives des industries mécaniques*. Annals of the C.I.R.P., 25(2), 1976.
- [79] Warnecke, H.J. e Koelle, J.H. *Production control for new work structures*. *International Journal of Production Research*, 17(6), 1979.
- [80] Mitrofanov, S.P.. *Scientific principles of group technology*. National Lending, 1966.
- [81] Batocchio, A. *Codificação interativa de peças usando computador e tecnologia de grupo*. Dissertação, E.E.E.S.C. - U.S.P., 1987.
- [82] Gallagher, C.C. e Knight, W.A. *Group Technology*. Butterworth, 1973.
- [83] Kaplinsky, R. *Automation*. Longman, 1984.
- [84] Ham, I. *Tecnologia de grupo e sistemas de fabricação assistidos por computador*. Tradução. Publ. U.S.P. - E.E.S.C., 1980.
- [85] Simon, W. *Numerical controlled machine tools*. Versão da 2ª ed. alemã por PERA Edward Arnold.
- [86] Horstmann, M. *Einsatz von N.C. und C.N.C. - Werkzeugmaschinen in Instandsetzungwerkstaetten (Utilisation of N.C. and C.N.C. - machine tools on repair shops)* *Stahl und Eisen*, 106(19), 1986.
- [87] Barash, M.M. *Future of numerical control* *Mechanical Engineering*, 101(9), 1979.
- [88] Telles, G.N. *Estudos comparativos entre máquinas a controle numérico e convencionais*. *Máquinas e Ferramentas*, 1(11), 1981.
- [89] Gonçalves Filho, E.V. e Christiano, A.C. *Projeto e implantação de células de manufatura*. *Máquinas e Metais*, 25(293), 1990.
- [90] Shingo, S. *A revolution in manufacturing: the S.M.E.D. system*. Productivity Press, 1985.
- [91] Pires, S.R.L. e Agostinho, D.L. *Um modelo de sequenciamento da produção celular*. *Máquinas e Metais*, 26(309), 1991.

- [92] Barbuy, H. Cultura e processo técnico. Publ. F.L.E.A. - U.S.P., Bol. 18, 1961.
- [93] Buehner, R. Entwicklungslinien zukuenftiger Fabrikorganisation - Jenseits von Taylor (Development lines of a future plant organization - Beyond Taylor) V.D.I.Z., 128(14), 1986.
- [94] Nogueira, J.M.S. Sistemas distribuídos e aplicações na automatização industrial. Anais do 2º C.O.N.A.I., 1985.
- [95] Bollinger, J.G. The factory of the future. Technological aspects. Annals of the C.I.R.P., 37(2), 1988.
- [96] Palerosi, C.A. Confiabilidade de sistemas. Publ. F.E.C. - U.N.I. C.A.M.P., 1987.
- [97] Arshanskii, M.I. et alii. Reconditioning and hardening components of metallurgical plants by surfacing. Welding Production, 31(7), 1984.
- [98] Baker-Counsell, J. Making good of repairs. Process Engineering, 66(9), 1985.
- [99] Nota do editor. Technical cooperation. Success of A.N.S.D.K. and its problems. Techno-Japan, 22(10), 1989.
- [100] Lopes, A.B. Redução dos custos de manutenção e consumo dos recursos naturais. Seminário anual de manutenção A.B.M., 1988.
- [101] A.S.M.I. Uma nova era dos metais. Tradução. Metalurgia-A.B.M., 43(355), 1987.
- [102] Birat, J.P. La usine sidérurgique à produits plats au XXI.ème siècle. Revue de Metallurgie - CIT, 84(11), 1987.
- [103] Soares, R.C. The present stage of the technical capability of the Brazilian iron and steel industry and perspectives for future development. Metalurgia International, 1(1), 1987.
- [104] Committee on Technology, I.I.S.I.. Maintenance in the 1990's. Publ. I.I.S.I., 1989.
- [105] Dieter, G.E. Metalurgia Mecânica. Tradução. Guanabara Dois, 1981.
- [106] Shoene, G. Beitrag zur Lebensdauerberechnung von Grosswellen fuer Walzswerkssumkehrsstrassen (Contribution to the calculation of the lifetime of spindles of reversible steel rolling mills). Stahl und Eisen, 101(20), 1981.
- [107] Cettim, P.R. et alii. Análise de fraturas. Publ. A.B.M., 5ª impressão.
- [108] Agostinho, O. Tecnologia mecânica. E.F.E.I., Edgard Blucher, 1977.
- [109] Arias, R. et alii. Os problemas das alongas das cadeiras do laminador de tiras a quente da COSIPA, Seminário interno de manutenção, COSIPA, 1982.

- [110] Badersbach, J. L'usinage des pièces de grandes dimensions, Machine Moderne, (771), 1973.
- [111] Shafroth, A. e Mueller, H. Bearbeitungszentren fuer Grosswerkstuecke (Machining centres for large workpieces). Werkstatt und Betrieb, 112(9), 1979.
- [112] Hannes, W.P. Konzept zur Automatisierung der Einzelteil- und Kleinserienfertigung (Concepts on machine automation for single and small lots of workparts). Werkstatt und Betrieb, 115(9), 1982.
- [113] Ribeiro, A.C. et alii. Frezamento de engrenagens cilíndricas de grande porte com torno vertical adaptado. Seminário de fabricação e manutenção de engrenagens, A.B.M., 1983.
- [114] Fundação brasileira de tecnologia de soldagem, F.B.T.S., Inspetor de qualidade, vol.1, fase 1.
- [115] Santiago, R.A.C. et alii. Recuperação por soldagem e usinagem de campo de três cadeiras da linha de tiras a quente da CSN. Seminário de manutenção A.B.M., 1987.
- [116] Caseli, A. e Zacarias, J. Recuperação da cadeira do laminador de placas, através de usinagem de campo. Anais do Seminário de manutenção A.B.M., 1985.
- [117] Nagel, E. Bearbeitung grosser Werkstuecke (The machining of large workpieces). Werkstatt und Betrieb, 115(9), 1978.
- [118] Sérgio, L.C. Tecnologia de grupo no planejamento de um sistema produtivo. Icone, 1990.
- [119] Marinello, R.L. Contract maintenance services. Plant Engineering, Barrington III, 35(5), 1981.
- [120] Burbidge, J. Cutting stocks for survival. Production Engineer, 66(4), 1987.
- [121] Bertalanffy, L.V. Teoria geral dos sistemas. Tradução. Vozes, 1973.
- [122] Kusiak, A. e Chow, W.S. Efficient solving of the group technology problem. Journal of manufacturing systems, 6(2).
- [123] Leme, L.A.S. Curso de estatística, I, Publ. E.P.U.S.P., 1958.
- [124] Dunn, O.J. e Clark, V.A. Applied statistics: analysis of variance and regression. John Wiley, 1974.
- [125] Costa Neto, P.L.O. Estatística. Edgard Blucher, 1978.
- [126] Hyer, V.L. e Vemmerlov, U. Assessing the merits of group technology. Manufacturing Engineering, 11(2), 1988.
- [127] Jansa, K. Biblioteca C. Mc Graw Hill do Brasil, 1988.
- [128] Rajesham, S. et alii. Group technology based production system - an important strategy for developing nations. Annals of the C.I.R.P., 31(1), 1982.

APENDICE

ANEXO 2.1

Folha 2 - Planilha anual de paradas previstas de equipamentos de produção (fluxo principal de processo) de uma usina siderúrgica integrada.

Folha 3 - Planilha-mestra anual de manutenção sistemática com as intervenções previstas nos equipamentos de uma oficina de apoio (OCM - Função).

Nota - Observar, por exemplo, que as intervenções previstas para o equipamento da aciaria (Fl. 2) são interrelacionadas com as previsões relativas aos equipamentos de produção de lingoteiras (Fl. 3), a partir de condições hierarquizadas.

(Fonte: Man. Auxiliar, Man. Central, COSIPA)

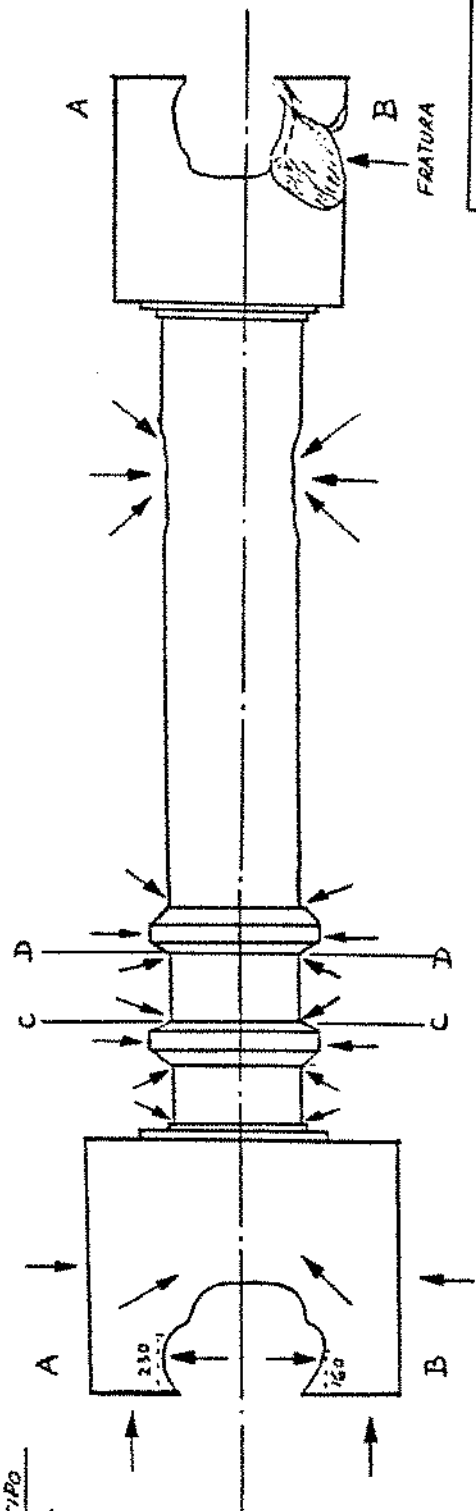
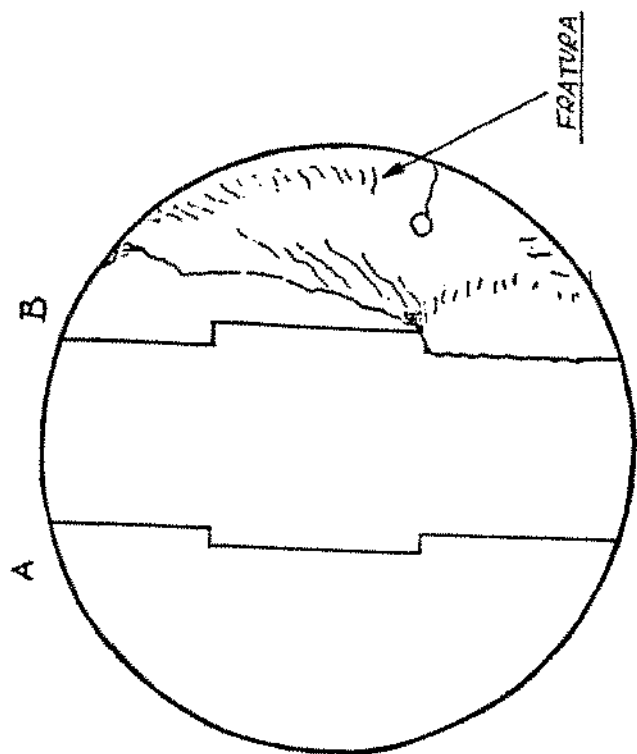
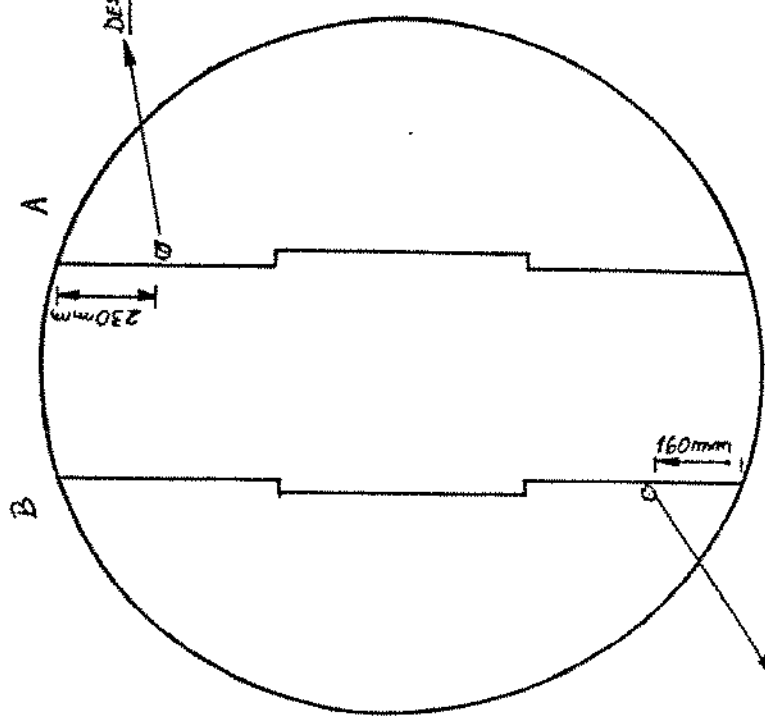
ANEXO 3.1

Ilustração (cópia) de relatório técnico dos testes por ultrassom de uma peça avariada. O levantamento fornece dados para a peritagem da peça.

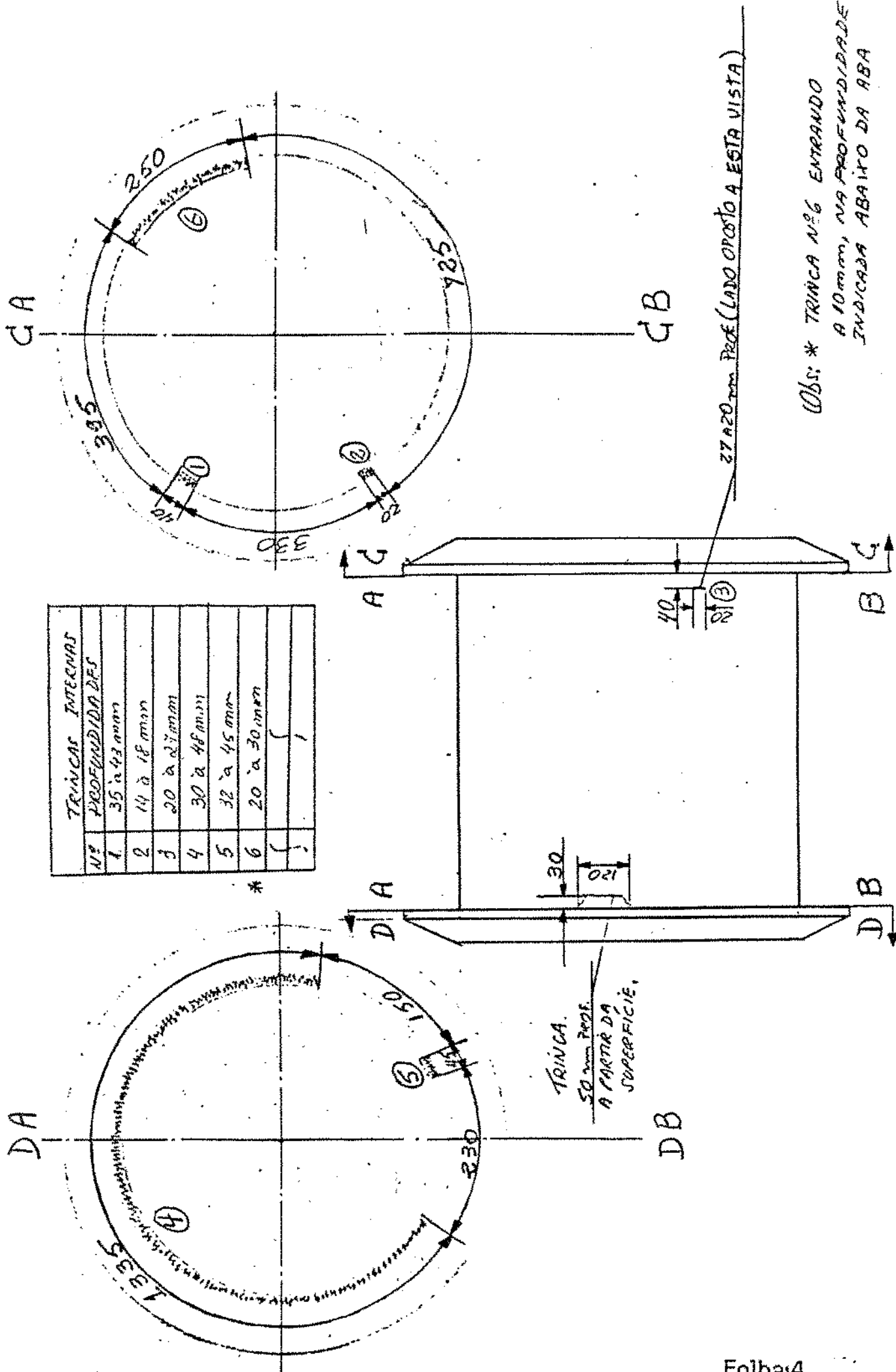
Folha 2 - relatório (formulário)

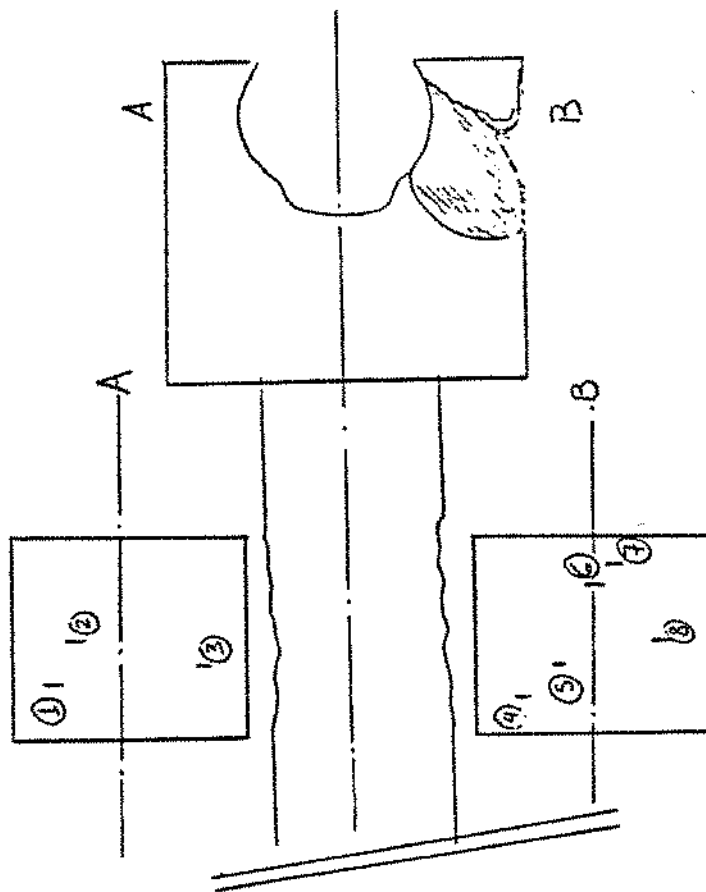
Folhas 3,4,5 - croquis com detalhes das várias partes da peça observadas no teste.

(Fonte: Arq. Técn., Engª de Manutenção, COSIPA)



Colo





Nº	DESCONTINUIDADES	
	COMPRIMENTO	PROFUNDIDADE
1	8 mm	16 mm
2	8 mm	14 mm
3	8 mm	10 mm
4	8 mm	12 mm
5	8 mm	8 mm
6	10 mm	10 mm
7	5 mm	10 mm
8	10 mm	12 mm

Obs: DESCONTINUIDADES NA REGIÃO
IRREGULAR PRÓXIMA A BOCA MENOR.
PROVAVELMENTE FALHAS DE REQUERIMENTO.

- [92] Barbuy, H. Cultura e processo técnico. Publ. F.L.E.A. - U.S.P., Bol. 18, 1961.
- [93] Buehner, R. Entwicklungslinien zukuenftiger Fabrikorganisation - Jenseits von Taylor (Development lines of a future plant organization - Beyond Taylor) V.D.I.Z., 128(14), 1986.
- [94] Nogueira, J.M.S. Sistemas distribuídos e aplicações na automatização industrial. Anais do 2º C.O.N.A.I., 1985.
- [95] Bollinger, J.G. The factory of the future. Technological aspects. Annals of the C.I.R.P., 37(2), 1988.
- [96] Palerosi, C.A. Confiabilidade de sistemas. Publ. F.E.C. - U.N.I. C.A.M.P., 1987.
- [97] Arshanskii, M.I. et alii. Reconditioning and hardening components of metallurgical plants by surfacing. Welding Production, 31(7), 1984.
- [98] Baker-Counsell, J. Making good of repairs. Process Engineering, 66(9), 1985.
- [99] Nota do editor. Technical cooperation. Success of A.N.S.D.K. and its problems. Techno-Japan, 22(10), 1989.
- [100] Lopes, A.B. Redução dos custos de manutenção e consumo dos recursos naturais. Seminário anual de manutenção A.B.M., 1988.
- [101] A.S.M.I. Uma nova era dos metais. Tradução. Metalurgia-A.B.M., 43(355), 1987.
- [102] Birat, J.P. La usine sidérurgique à produits plats au XXI.ème siècle. Revue de Metallurgie - CIT, 84(11), 1987.
- [103] Soares, R.C. The present stage of the technical capability of the Brazilian iron and steel industry and perspectives for future development. Metalurgia International, 1(1), 1987.
- [104] Committee on Technology, I.I.S.I.. Maintenance in the 1990,s. Publ. I.I.S.I., 1989.
- [105] Dieter, G.E. Metalurgia Mecânica. Tradução. Guanabara Dois, 1981.
- [106] Shoene, G. Beitrag zur Lebensdauerberechnung von Grosswellen fuer Walzswerksumkehrsstrassen (Contribution to the calculation of the lifetime of spindles of reversible steel rolling mills). Stahl und Eisen, 101(20), 1981.
- [107] Cettim, P.R. et alii. Análise de fraturas. Publ. A.B.M., 5ª impressão.
- [108] Agostinho, O. Tecnologia mecânica. E.F.E.I., Edgard Blucher, 1977.
- [109] Arias, R. et alii. Os problemas das alongas das cadeiras do laminador de tiras a quente da COSIPA, Seminário interno de manutenção, COSIPA, 1982.

- [110] Badersbach, J. L'usinage des pièces de grandes dimensions, Machine Moderne, (771), 1973.
- [111] Shafroth, A. e Mueller, H. Bearbeitungszentren fuer Grosswerkstuecke (Machining centres for large workpieces). Werkstatt und Betrieb, 112(9), 1979.
- [112] Hannes, W.P. Konzept zur Automatisierung der Einzelteil- und Kleinserienfertigung (Concepts on machine automation for single and snall lots of workparts). Werkstatt und Betrieb, 115(9), 1982.
- [113] Ribeiro, A.C. et allii. Frezamento de engrenagens cilíndricas de grande porte com torno vertical adaptado. Seminário de fabricação e manutenção de engrenagens, A.B.M., 1983.
- [114] Fundação brasileira de tecnologia de soldagem, F.B.T.S., Inspetor de qualidade, vol.1, fase 1.
- [115] Santiago, R.A.C. et allii. Recuperação por soldagem e usinagem de campo de três cadeiras da linha de tiras a quente da CSN. Seminário de manutenção A.B.M., 1987.
- [116] Caseli, A. e Zacarias, J. Recuperação da cadeira do laminador de placas, através de usinagem de campo. Anais do Seminário de manutenção A.B.M., 1985
- [117] Nagel, E. Bearbeitung grosser Werkstuecke (The machining of large workpieces). Werkstatt und Betrieb, 115(9), 1978
- [118] Sério, L.C. Tecnologia de grupo no planejamento de um sistema produtivo. Icone, 1990.
- [119] Marinello, R.L. Contract maintenance services. Plant Engineering, Barrington III, 35(5), 1981.
- [120] Burbidge, J. Cutting stocks for survival. Production Engineer, 66(4), 1987.
- [121] Bertalanffy, L.V. Teoria geral dos sistemas. Tradução. Vozes, 1973.
- [122] Kusiak, A. e Chow, W.S. Efficient solving of the group technology problem. Journal of manufacturing systems, 6(2)
- [123] Leme, L.A.S. Curso de estatística, I, Publ. E.P.U.S.P., 1958.
- [124] Dunn, O.J. e Clark, V.A. Applied statistics: analysis of variance and regression. John Wiley, 1974.
- [125] Costa Neto, P.L.O. Estatística. Edgard Blucher, 1978.
- [126] Hyer, V.L. e Vemmerlov, U. Assessing the merits of group technology. Manufacturing Engineering, 11(2), 1988.
- [127] Jansa, K. Biblioteca C. Mc Graw Hill do Brasil, 1988.
- [128] Rajesham, S. et allii. Group technology based production system - an important strategy for developing nations. Annals of the C.I.R.P., 31(1), 1982

APÊNDICE

ANEXO 2.1

Folha 2 - Planilha anual de paradas previstas de equipamentos de produção (fluxo principal de processo) de uma usina siderúrgica integrada.

Folha 3 - Planilha-mestra anual de manutenção sistemática com as intervenções previstas nos equipamentos de uma oficina de apoio (OCM - Fundição).

Nota - Observar, por exemplo, que as intervenções previstas para o equipamento da aciaria (Fl. 2) são interrelacionadas com as previsões relativas aos equipamentos de produção de lingoteiras (Fl. 3), a partir de condições hierarquizadas.

(Fonte: Man. Auxiliar, Man. Central, COSIPA)

05/12/90

DIVISAO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUCAO - P.P.L.

P.R.I.N.C.I.P.A.I.S.

PARA O A.S.

1991

P.V.P/1991 *

PAG 3

(INCLUI GRANDES PARADAS E PREVENTIVAS)

EQUIPAMENTOS

BATERIAS 1,2 E 3

BATERIAS 4 E 5

SINTERIZACAO 1

SINTERIZACAO 2

SINTERIZACAO 3

ALTO FORNO 1

ALTO FORNO 2

CALCINACAO 1

CALCINACAO 2

CALCINACAO 3

LIMPEZA DE GASES 1

LIMPEZA DE GASES 2

CONVERSOR 1

CONVERSOR 2

CONVERSOR 3

CONVERSOR 4

CONVERSOR 5

CONVERSOR 6

MAJ. LING. CONT. 1

MAJ. LING. CONT. 2

MAJ. LING. CONT. 3

LAM. DESBASTADOR

LAM. CHAPAS GROSSAS

FORNO 1 DO LCG

FORNO 2 DO LCG

FORNO 3 DO LCG

FORNO 4 DO LCG

FORNO 5 DO LCG

FORNO 6 DO LCG

FORNO 7 DO LCG

FORNO 8 DO LCG

FORNO 9 DO LCG

FORNO 10 DO LCG

FORNO 11 DO LCG

FORNO 12 DO LCG

FORNO 13 DO LCG

FORNO 14 DO LCG

FORNO 15 DO LCG

FORNO 16 DO LCG

FORNO 17 DO LCG

FORNO 18 DO LCG

FORNO 19 DO LCG

FORNO 20 DO LCG

FORNO 21 DO LCG

FORNO 22 DO LCG

JAN

FEB

MAR

ABR

MAI

JUN

JUL

AGO

SET

OUT

NOV

DEZ

04 H

24 H

360 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

600 H

16 H

216 H

12 H

12 H

268 H

240 H

28 H

22 H

38 H

28 H

38 H

40 H

40 H

36 H

16 H

16 H

36 H

36 H

120 H

40 H

40 H

16 H

16 H

16 H

32 H

32 H

32 H

32 H

32 H

32 H

32 H

32 H

32 H

32 H

32 H

32 H

04 H

24 H

24 H

24 H

180 H

24 H

24 H

24 H

24 H

16 H

16 H

216 H

12 H

12 H

312 H

240 H

38 H

28 H

38 H

28 H

38 H

28 H

38 H

28 H

38 H

28 H

38 H

28 H

38 H

28 H

38 H

28 H

38 H

28 H

38 H

28 H

38 H

28 H

38 H

28 H

38 H

28 H

38 H

28 H

38 H

04 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

16 H

16 H

216 H

12 H

12 H

264 H

240 H

30 H

28 H

38 H

28 H

38 H

28 H

38 H

28 H

38 H

28 H

38 H

28 H

38 H

28 H

38 H

28 H

38 H

28 H

38 H

28 H

38 H

28 H

38 H

28 H

38 H

28 H

38 H

28 H

38 H

04 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

24 H

PROGRAMA ANUAL DE MANUTENCAO DA FUNDICAO

AND 1991

[illegible]

Preparado pela HET/M. Raial 38,37 Desenvolvimento HET/1 Raial 2574

ANEXO 3.1

Ilustração (cópia) de relatório técnico dos testes por ultrassom de uma peça avariada. O levantamento fornece dados para a peritagem da peça.

Folha 2 - relatório (formulário)

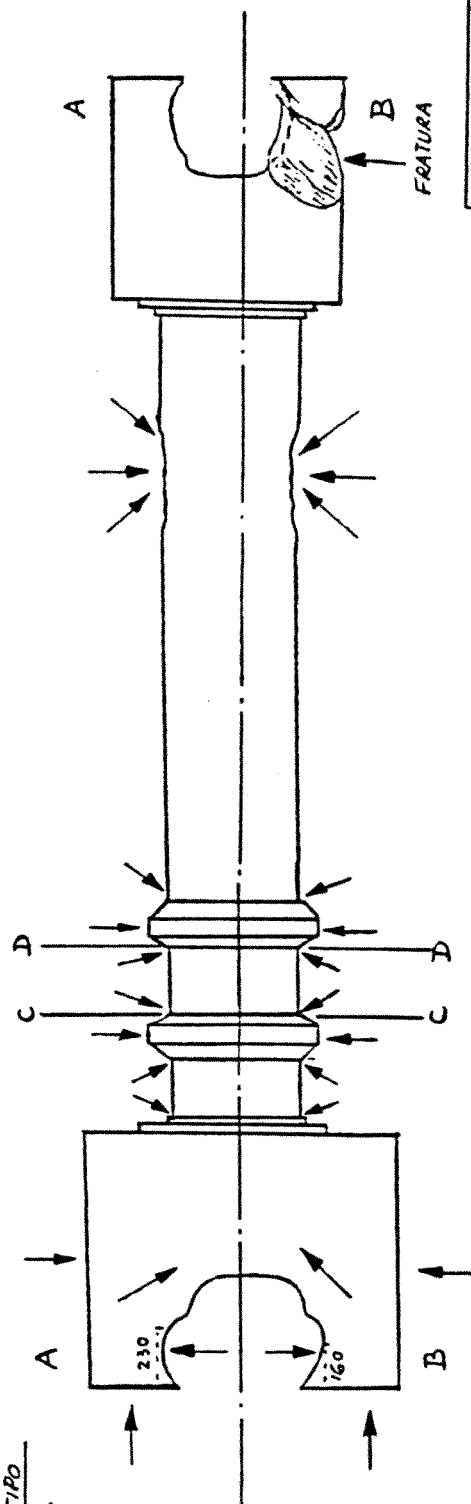
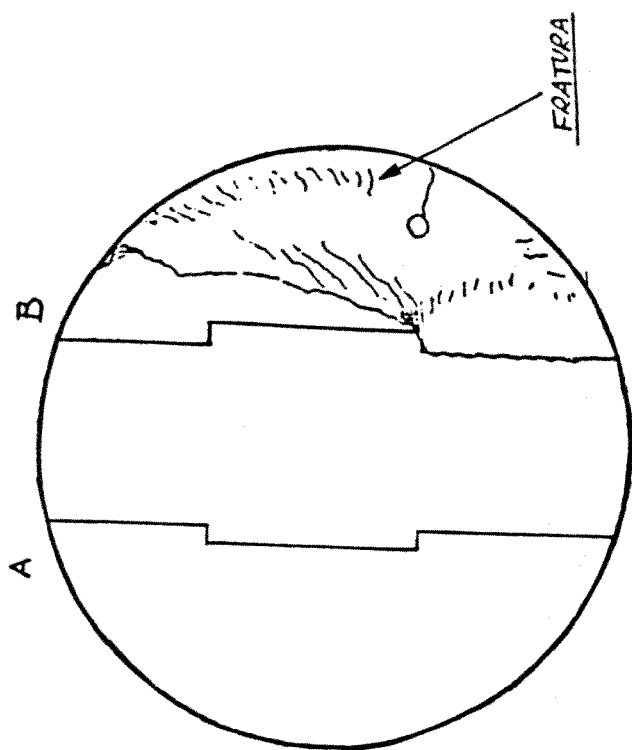
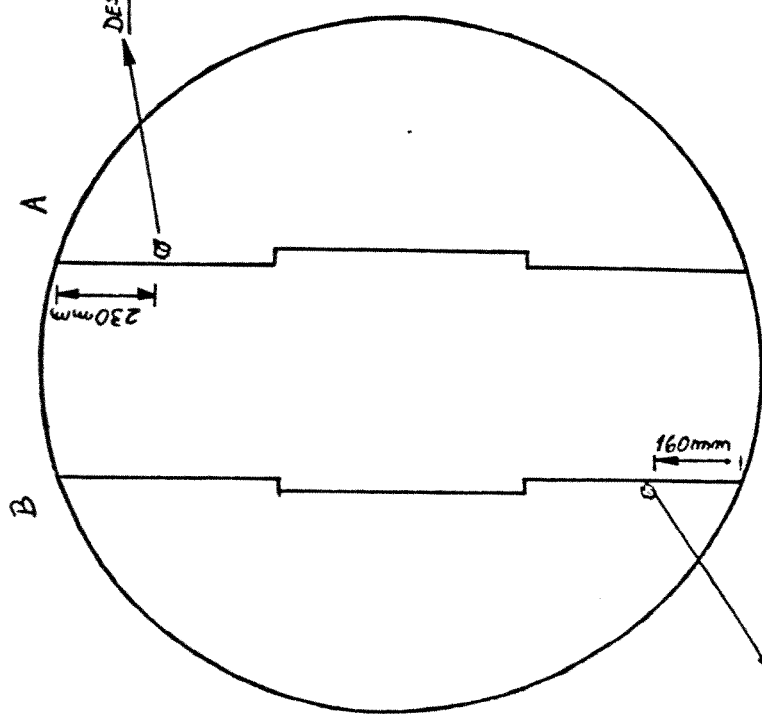
Folhas 3,4,5 - croquis com detalhes das várias partes da peça observadas no teste.

(Fonte: Arq. Técn., Eng^a de Manutenção, COSIPA)

Requisitante: Sr. Cozman		Unidade: CHC/ Externo	Data: 04 e 05/08/82	Número: 701/82	Referência: Sol. de Testes
Tipo de testes ☐ Líquido penetrante ☐ Partícula magnética ☐		☒ Ultra-som ☐ Raio X ☐	Objetivo: Verificar a existência de descontinuidades na cabeça e colo da peça.		
Folha: Alonga do desbasteador (003)		Material: Aço	Quantidade: 01	Aparelho: USK 2	
Substituto: Decibeis: 50db, 28/40cm.		Projeto:	Código:	AZ:	Norma:
Tempo/expo.:		DET/cm:	Id:	Modelo:	OS:
R E S U L T A D O S			M O T I V O S		
P E Q U I S	Aprovada	Recusada	Recuperar	Consenso	Aprovar e retornar p/inspeção
01			X		
Observações: anexos I, II e III Distância entre faces 9,00 m Peso 32 ton					

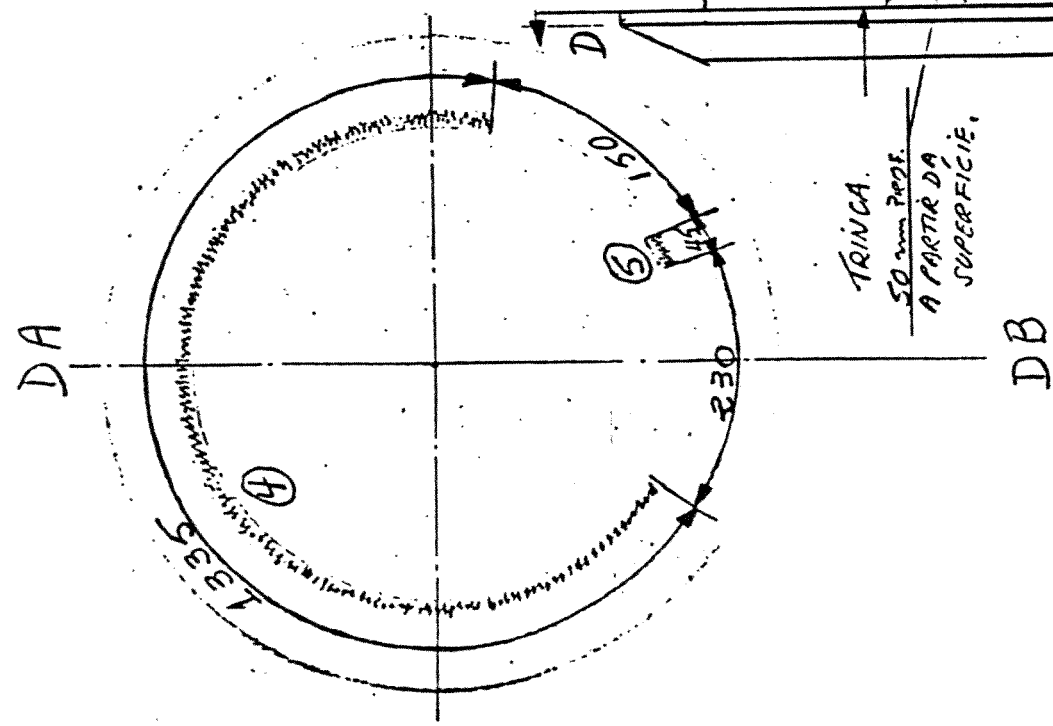
Cubatão, 05 de Agosto de 1982.

Eliziane Lima
Responsável



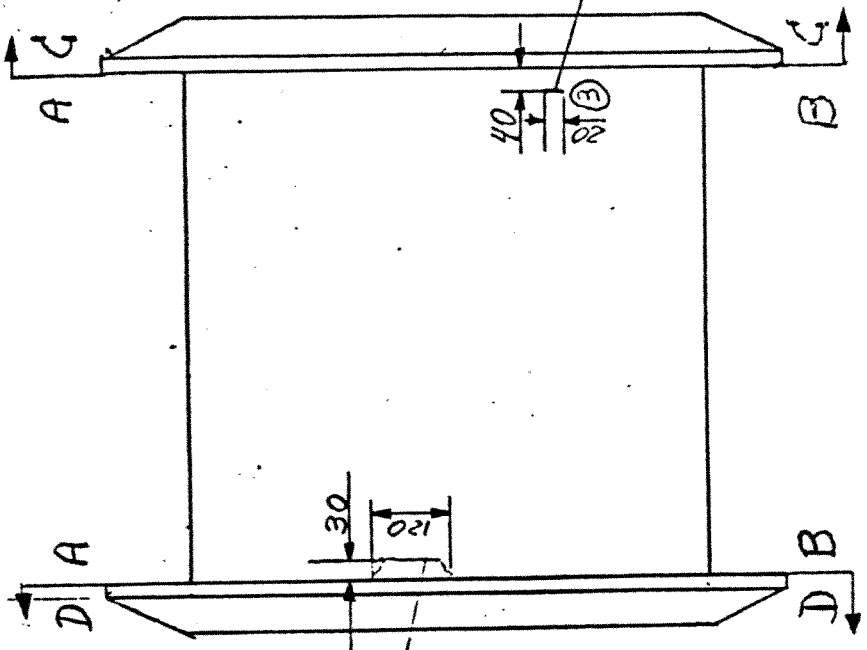
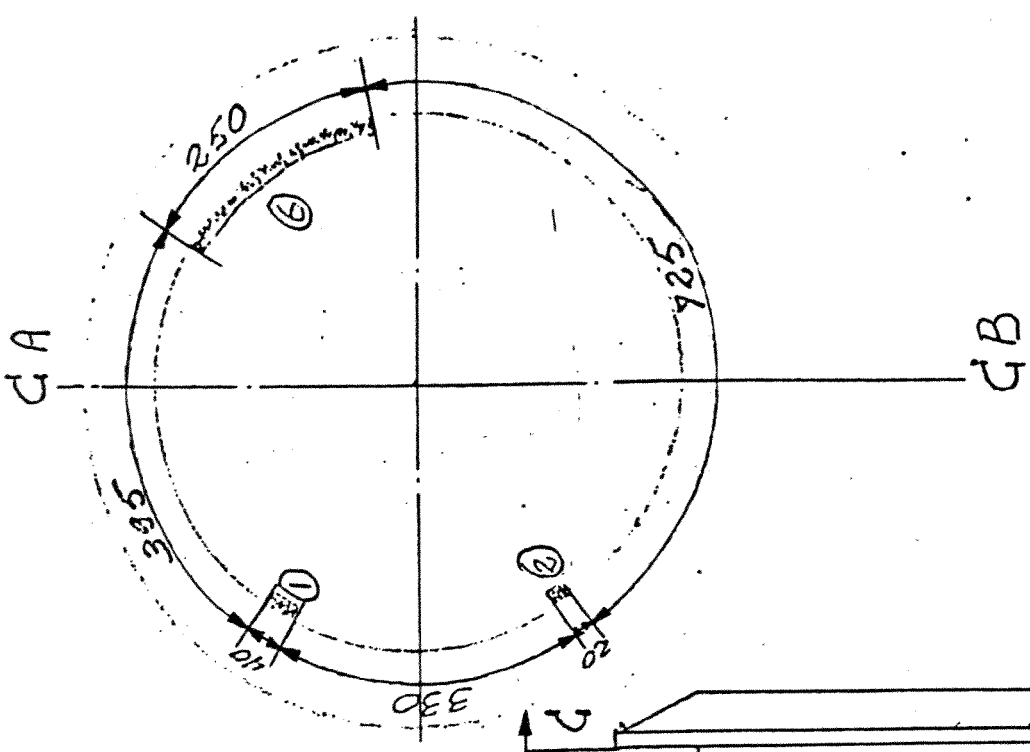
→ (SETA) = DIREÇÃO DA INALFEÇÃO
ULTRA-SÔNICA

Colo



TRINÇAS INTERNAS	
Nº	PROFUNDIDADES
1	35 à 43 mm
2	14 à 18 mm
3	20 à 27 mm
4	30 à 48 mm
5	32 à 45 mm
6	20 à 30 mm
i	i

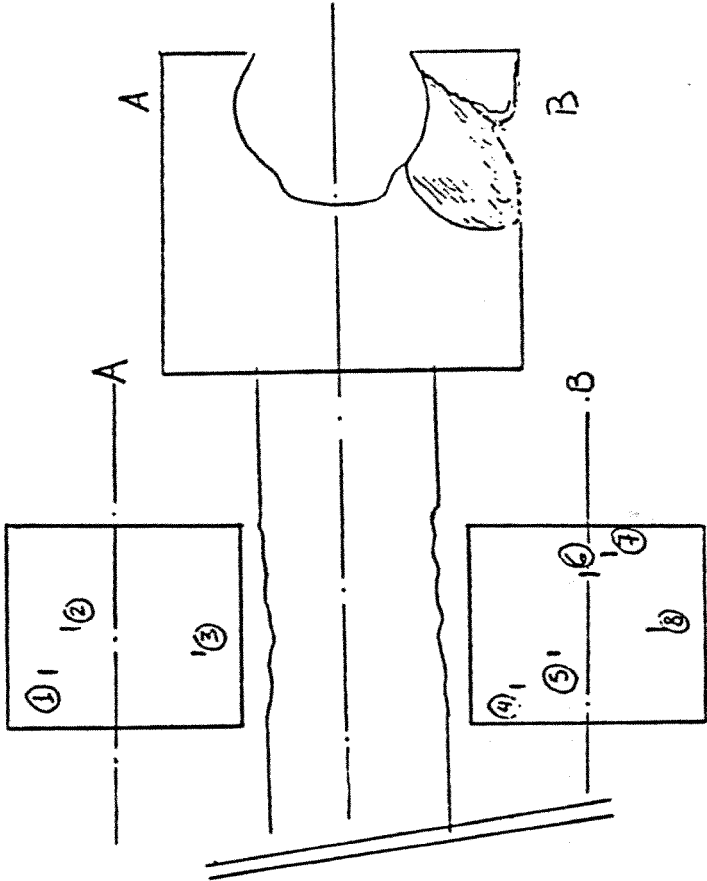
*



TRINÇA.
50 mm PROF.
A PARTIR DA
SUPERFÍCIE.

27 A 20 mm PROF. (LADO OPÓSTO A ESTA VISTA)

Obs: * TRINÇA Nº 6 ENTRANDO
A 10 mm, NA PROFUNDIDADE
INDICADA ABAIXO DA ASA



Nº	DESCONTINUIDADES	
	COMPRIMENTO	PROFUNDIDADE
1	8 mm	16 mm
2	8 mm	14 mm
3	8 mm	10 mm
4	8 mm	12 mm
5	8 mm	8 mm
6	10 mm	10 mm
7	5 mm	10 mm
8	10 mm	12 mm

Obs: DESCONTINUIDADES NA REGIÃO
IRREGULAR ACIMA A BOCA MENOR.
PROVAVELMENTE FALHAS DE RECUPERAÇÃO.

ANEXO 3.2

Folhas de processo (Fls. 2 a 4) de operações de solda e tratamento térmico. Peça: eixo intermediário de laminador (alonga).

(Fonte: Serv. Externo, OCM, COSIPA)

	ESPECIFICAÇÃO DE REPARO POR SOLDAGEM	49
	DIVISÃO DE ESTRUTURAS	FOLHA 1/4
01 - IDENTIFICAÇÃO DA PEÇA: Descrição: ALONGA DO R.2 PI: 5171 GR: 98 IT.: 001 UN.: 01 QTDE.: 01 DESENHO: NGSTA 207591		
02 - DESCRIÇÃO DO DEFEITO: TRINCAS SURTIDAS DURANTE O TRABALHO		
03 - MATERIAL BASE: Norma - Classificação: SAE 1045 Composição Química: C: 0,43-0,50% ; Mn: 0,60-0,90% ; P: 0,040% (máx); S: 0,050% (máx) Tratamento Térmico anterior ao reparo: BENEFICIADO COM ALIVIO DE TENSÃO A 580-600°C - 8 HORAS Propriedades mecânicas: —		
04 - CONDIÇÃO DE ACABAMENTO SUPERFICIAL DA PEÇA E TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS: — USINADA COM DIMENSÕES TOLERADAS		
05 - CONTROLE PARA DETECÇÃO DO DEFEITO: — ULTRA SOM E LÍQUIDO PENETRANTE		
06 - REMOÇÃO DO DEFEITO: Método: — USINAGEM E ESMERILHAMENTO LOCALIZADO	CUIDADOS: - Evitar: formação de cantos vivos, regiões de difícil acesso à soldagem e remoções excessivas. - Quando utilizado processo de remoção que envolva a fusão do material deverá ser efetuado esmerilhamento para eliminar vestígios do metal afetado.	

	ESPECIFICAÇÃO DE REPARO POR SOLDAGEM	49
	DIVISÃO DE ESTRUTURAS	FOLHA 2/4

07 - CONTROLE APÓS A REMOÇÃO DO DEFEITO:

Mapeamento das cavidades: Sim ☒ Não ☐
 Aguardar inspeção do cliente: Sim ☐ Não ☐

08 - PREPARAÇÃO:

Garantir a ausência de: óleo, graxa, oxidação, tinta, poeira ou outros contaminantes à soldagem no local de reparo e áreas próximas.

Outros cuidados:

OBSERVAÇÃO: A PEÇA SERÁ POSICIONADA SOBRE COLETOR AUTOMÁTICO, PORTANTO COM SEU EIXO LONGITUDINAL NA POSIÇÃO HORIZONTAL, ONDE SE EFETUARÁ A REPARAÇÃO POR SOLDA NAS POSIÇÕES VERTICAL E PLANA, SEMPRE COM A PEÇA FABRADA.

Croquis:

CONFORME MAPA EM ANEXO

09 - PRÉ-AQUECIMENTO:

Sim ☒ Não ☐

Método: Aquecimento Resistivo

Região Aquecida: 500mm DE CADA LADO DO LOCAL A SER REPARADO

Temp. de pré-aquecimento: 250°C (mín)

Temp. máx. de interpasse: 350°C (máx)

Controle: Pirômetro

OBS.: PARA OS REPAROS 1 e 2 (CONF. MAPA ANEXO) SERÁ UTILIZADO CHUVEIRO A GÁS COM CONTROLE POR LÁPIS TÉRMICO.

10 - SOLDAGEM

PLANO DE SOLDA

REF.	PROCESSO SOLDAGEM	WPS Nº	POSIÇÃO DE SOLDAGEM	MAT. SOLDA		PARAMETROS DE SOLDA		
				CLASS.	BITOLA	AMP.	VOLT.	OUTRO
01	SMAW	134 *	1G (PLANA) 3G (VERTICAL)	E-110 (P.M.)	325 e 4,00 mm	110/130 130/170 = +	18/24 20/26	E.A = 2,0 - 7,0 kJ/mm

NOTA: * - WPS APENAS PARA REFERÊNCIA

	ESPECIFICAÇÃO DE REPARO POR SOLDAGEM	49
	DIVISÃO DE ESTRUTURAS	
12 - TRATAMENTO TÉRMICO: — Não será efetuado Tratamento Térmico. — Será efetuado Tratamento Térmico: <u>ALÍVIO DE TENSÕES</u> Condições: Temperatura máxima de introdução: <u>200 °C</u> Taxa de aquecimento: <u>50/60 °C /hora (mín)</u> Temperatura de permanência: <u>580-600 °C</u> Tempo de permanência: <u>8 HORAS</u> Taxa de resfriamento: <u>60 °C /hora (mín)</u> Temperatura máxima de remoção: <u>150 °C</u> Gráfico: ↑ Temperatura OBS.: 50/60 °C /hora 580/600 °C - 8 HORAS 60 °C /hora Tempo		

ANEXO 3.3

Relatórios de peritagem para recuperação de um conjunto de rôlo de guia Ø410 do lingotamento contínuo.

Folhas 2 e 3: - planilhas com as decisões sobre os componentes de um conjunto.

Folha 4: - planilha com decisão específica sobre a "mesa" do rôlo.

Folha 5: - fôlha de dados técnicos de referência específica da "mesa" do rôlo.

Folha 6: - planilha com dados de referência e decisões específicas sobre os mancais do rôlo.

(Fonte: Serv. Técnico, OCM, COSIPA)

* PERITAGEM COSIPA *

CONJUNTO DE ROLO DIAM. " 410 " LIVRE NUM. 064 CODIGO 86.727.0996.4

DESENHO 13070.5600.009

C.N. : 002632

P.S. 777.951

ORCAM. : 5005.644

FL.0 /02

				* REPOSICAO DE PECAS *			
ITEM POS.	DESCRICAO CODIGO	QT.	SITUACAO	DECISAO	QT.	COSIPA -N.F.-	HEP -DE- -QT
01	ROLO 86.727.0029.4	01	01- Recuperar	01- ~~RECUPIRAR~~			
02	MANCAL 86.727.0018.7	02	01- Recuperar 01- E.C.U	01- ~~RECUPIRAR~~ 01- E.C.U.			
03	GUIA 86.727.0001.3	02	02- não veio	02- ~~REPAR~~			
04	ANEL VEDACAO A 86.727.0016.1	04	02- Engr. na local 02- E.C.U	2- Sucatas 2- E.C.U			
05	ANEL VEDACAO R 86.727.0017.9	02	01- não veio 01- E.C.U.	01- ~~REPAR~~ 01- E.C.U			
06	CUBO A 86.727.0008.8	02	01- não veio 01- E.C.U.	01- ~~REPAR~~ 01- E.C.U			
07	CHAPA FIXACAO B 86.727.0007.6	02	MONTA NA AREA				
08	PRISIONEIRO C *****	08	MONTA NA AREA				
09	PLACA OBT. A 86.727.0022.9	02	não veio				
10	TAMPA MANCAL B 86.727.0023.7	02	01- não veio 01- E.C.U.	01- ~~RECUPIRAR~~ 01- E.C.U			
11	ANEL ESPAC. C 86.727.0024.5	02	01- não veio 01- E.C.U.	01- ~~REPAR~~ 01- E.C.U			
12	PINO ROSCADO E 86.727.0026.0	02	01- E.C.U. 01- não veio	01- E.C.U. 01- ~~REPAR~~			
13	ESPACADOR D *****	08	MONTADO NA AREA				
14	ROLAMENTO 46.177.0262.8	02	01- E.C.U 01- Danificado	01- E.C.U. 01- ~~SUCATAS~~			
15	ANEL ELASTICO B 42.064.0341.7	02	01- E.C.U. 01- Danificado	01- E.C.U 01- Sucatas			
16	PARAF. SEXT. C 40.999.0034.4	16	14- E.C.U 02- danificado	14- E.C.U. 02- Sucatas			
17	ARRUELA TRAV. D 42.999.0070.6	16	16- danificadas	16- Sucatas			
18	PARAF. SEXT. E 40.999.0032.8	12	06- E.C.U. 06- danificadas	06- E.C.U 06- Sucatas			
19	ARRUELA TRAV. F 42.999.0069.8	08	MONTA NA AREA				
					HEMO L.C DE.....		
					I.S.P DE.....		

VISTO COSIPA

DATA

VISTO

 23/2/89

 04/09/89

* PERITAGEM COSIPA *

CONJUNTO DE ROLO DIAM. " 410 " LIVRE NUM 1064 CODIGO 86.727.0996.4

DESENHO :3070.5600.009 C.N. : 002632

P.S. 779.951 ORCAM. : 5005.044 FL.0 /02

ITEM POS.	DESCRICAO CODIGO	QT.	SITUACAO	DECISAO	REPOSICAO DE PECAS			
					C O S I P A	HEP		
					-QT.-	-N.F.-	-DE-	-QT-
20 G	PARAF. SEXT. 40.997.0031.0	08	nao visto					
21 H	CONTA ROTAT. *****	02	nao visto					
22 I	ANEL O' RING 51.311.0013.9	02	01- nao visto 01- danificado	01- reparar 01- Sucatar				
23 J	PARAF. ALLEN 40.999.0572.3	08	08- nao visto	08- reparar				
24 K	PORCA M 36 *****	08	MONTA NA AREA					
25 L	ANEL O' RING 51.310.1030.7	04	04- nao visto	04- reparar				
26 N	ARRUELA PRES. 42.851.0009.1	02	01- nao visto 01- E.C.V.	01- reparar 01- E.C.V.				
27 M	ARRUELA PRES. 42.851.0060.0	12	12- danificadas	12- Sucatar				
28 C	CHAVETA 86.727.0014.6	02	MONTA NA AREA					
29 A	TUDO CENTRAL 86.727.0013.8	01	E.C.V.	E.C.V.				
OBSERVACOES ---> NORMA OU MEDIDA DA PECA					*	**	*	
04	ANEL VEDACAO DIAM.250				*	**	*	
05	ANEL VEDACAO DIAM.180				*	**	*	
08	PRISIONEIRO M36				*	**	*	
14	ROLAMENTO SKF 240036 C-C4				*	**	*	
16	PARAFUSO SEXTAVADO M12 X 45				*	**	*	
17	ARRUELA TRAVA DIAM.13				*	**	*	
18	PARAFUSO SEXTAVADO M6 X 45				*	**	*	
19	ARRUELA TRAVA DIAM.8,4				*	**	*	
20	PARAFUSO SEXTAVADO M6 X 20				*	**	*	
22	ANEL O' RING DIAM.75 X 6				*	**	*	
23	PARAFUSO ALLEN M16 X 40				*	**	*	
24	PORCA M36				*	**	*	
25	ANEL O' RING DIAM.20 X 4,5				*	**	*	
26	ARRUELA PRESSAO DIAM.10				*	**	*	
27	ARRUELA PRESSAO DIAM.8				*	**	*	

VISTO COSIPA

DATA

VISTO

[Signature] 05/09/89

[Signature] 04/09/89

CLIENTE : COSIPA

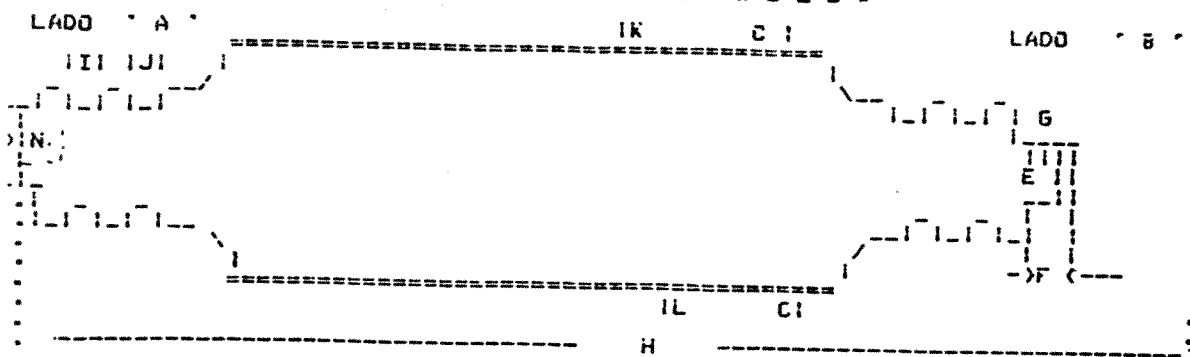
ROLO DIAH. 410 LIVRE

P.S. 779.751

ROLO NUM. 064

D.F. 5065.044

* PERITAGEM DO ROLO *



CONF. DES.	PONTO	ENCONTRADO	OBSERVAÇÕES	DECISÃO
410 +0,2	C	408,0	Desgaste, corado	Recuperar c/pádua
-0,2		405,0	parâmetro em	
		408,0	toda a mesa	mesa, pontas e
247 -0,0	L.A	246,8	OK	Canais
-0,3	L.B	s/cond. mediu	mat. arast.	seco, parafuso, quebrado na ponta
180 +0,0	L.A	179,98	Riscos leves na	
-0,025	L.B	s/cond. mediu	mat. arast.	
130	L.A	130	OK	
	L.B	s/cond. mediu	mat. arast.	ALORRADO 215/22/11x200
4,15 +0,15	L.A	4,25	OK	REVEST. 1112/11105
-0,15	L.B	s/cond. mediu	mat. arast.	
2,470	L.A	s/cond. mediu	ponta lado B	PONTAS
	L.B		mat. arast.	PUNTE - 6 800 B 01
+0,01	L.A	6,05	Rebarbas	
+0,03	L.B	s/cond. mediu	mat. arast.	
+0,03	L.A	6,10	Rebarbas	
+0,3	L.B	s/cond. mediu	mat. arast.	
0	K+L	s/cond. mediu	mat. arast.	
	N L.A	25,08	OK	
	L.B	25,08	Riscos de gesso	

O rolo tem em toda a mesa ranhuras, no lado B todos os parafusos quebrados no local

Bradas

VISTO

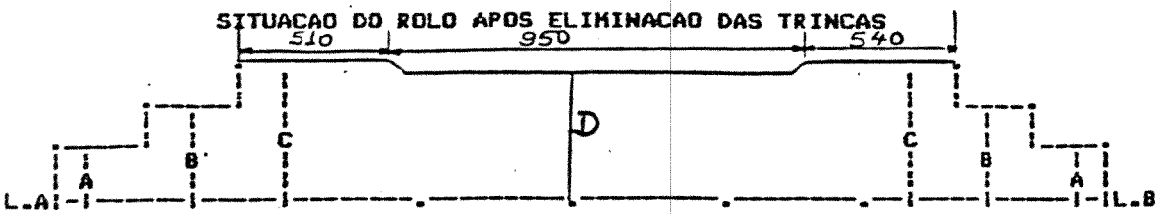
DATA : 30/08/89

VISTO COSIPA

10/11/89
23/11/89

CLIENTE : COSIPA ROLO DIAM. " 410 LIVRE "

P.S. 777.751 ROLO NUM. 064 D.F. :S065.044



PONTA LADO " A "			PONTA LADO " B "			M E S A			
DIAM.S	NORMAL	COM REBAIXO	DIAM.S	NORMAL	COM REBAIXO	DIAM.S	NORMAL	COM REBAIXO	COMP
A	180	177	A	180	177	C	410	385	.
B	247	244	B	247	244	D	410	372	.
						E	410		
						F	410		
						G	410		
						H	410		

MATERIAL CONSUMIDO NO ENCHIMENTO DO ROLO

----->CONF.NECESSIDADE

DESCRICAO	M E S A	A L H O F A D A	P O N T A S
A R A M E	KG.	KG.	ELETRODO KG.
TIPO			
F L U X O	KG.	KG.	
TIPO			

OBSERVACOES :

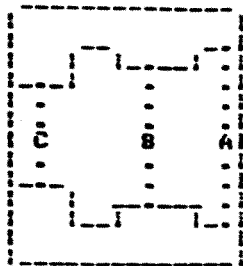
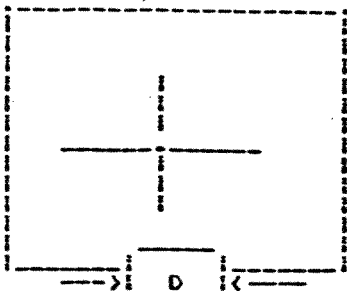

28/11/02

VISTO : DATA : VISTO COSIPA :

CLIENTE : COSIPA ROLLO DIAH. " 410 LIVRE "

P.S. 777.751 ROLLO NUM. 064 D.F. 15065.044

* PERITAGEM DO MANCAL *



CONF. DES.	PONTO	ENCONTRADO	OBSERVACOES	DECISAO
281 +0,130 -0,000	"A"	281,03 281,03	OK	Rebantar e pintar
280 +0,017 +0,069	"B"	279,99 280,04	OK	
250 +0,046 -0,000	"C"	250,03	Riscos leves, batidas e corrosão	
60 +0,22 +0,10	"D"	60,20 60,18 60,20	Riscos leves corrosão	

***** L A D D " B " *****

CONF. DES.	PONTO	ENCONTRADO	OBSERVACOES	DECISAO
281 +0,130 -0,000	"A"	S/ cond. mediu	mat. atada - 250 p/ encaixar	Recuperar p/ solda os "A e B e Canais"
280 +0,017 +0,069	"B"	S/ cond. mediu	mat. atada p/ encaixar	Recuperar com anel Ø C
250 +0,046 -0,000	"C"	S/ cond. mediu	mat. atada p/ encaixar	Rebantar e pintar
60 +0,22 +0,10	"D"	60,25 60,23 60,33	Riscos e corrosão	

OBSERVACOES :

VISTO

Redor

DATA : 01-09-89

VISTO COSIPA :

OK
00/06/89

ANEXO 3.4

Relatórios de orçamentos de recuperação de um conjunto de rolo de guia do lingotamento contínuo.

Folha 2: - planilha de orçamento de desmontagem, montagem e demais operações efetuadas e apropriadas exclusivamente no conjunto.

Folha 3: - planilha referente à recuperação da mesa de rolo.

Folha 4: - planilha referente à recuperação do mancaí do rolo.

PLANEJAMENTO BÁSICO E PLANILHA DE PREÇOS
MATERIAL : CONJUNTO DE ROLO DIAM. 410 LIVRE

CODIGO : 86.727.0596.4

FOLD NUM. 064

N.F. 531.610 DE

C.N. : 002632

P.S. 779.951

Quant. 05

ITEM	DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO	UNID.	QUANTIDADE		PREÇO UNITÁRIO		PREÇO TOTAL		IPI/ISS	
			COT.	REV.	COTADO	REV.	COTADO	REV.	Z	Z
	SÉRVICOS PARTE "A"									
01	CONJUNTO MONTADO DES. 3070.5600.009	CJ	01							
1.1	DESMONTAGEM DO CONJUNTO ① DESM	H/H	20.0		1	309	50	26	190	00
1.2	LIMPEZA DOS COMPONENTES ② LIM	H/H	12.0		1	309	50	15	714	00
1.3	JATEAMENTO DOS COMPONENTES ③ COM ST	JATO	H/H	2.0	1	649	00	3	298	00
1.4	PERITAGEM DOS COMPONENTES ④ PER	PERIT	H/H	12.0	2	637	00	24	444	00
1.5	AJUSTAGEM E RESABACAO DOS COMPONENTES ⑤ ASU	AJU	H/H	7.0	1	509	50	9	166	50
1.6	MONTAR E ENGRAXAR O CONJUNTO ⑥ MON	MO	H/H	18.0	1	309	50	23	571	00
1.7	PINTURA DOS MANCAIS E PROT. C/ VERNIZ NESH ROLO ⑦ PT	PINT.	H/H	1.5	1	649	00	2	473	50
D: PRAZO DE ENTREGA : 12/01/90			PREPARADO POR:				TIF: COTADO CZ\$104.857,00			
			DATA 05/01/90				OIL:			
			REVISADO POR:				TIS: REVISADO:			
			DATA 22/01/90				A:			
							IIG: COTADO			
							SIE:			
							IR: REVISADO:			

P.E. = 12/01/90

PLANEJAMENTO BÁSICO E PLANILHA DE PREÇOS
MATERIAL : CONJUNTO DE ROLO DIAM. 410 LIVRE

CCDIGO : 86.727.8996.4

ROLO NUM. 064

P.S. 779.951

N.F. 531.610 DE

C.N. : 002632

ITEM	DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO	UNID.	QUANTIDADE		PREÇO UNITÁRIO		PREÇO TOTAL		IPI/ISS	
			COT.	REV.	COTADO	REV.	COTADO	REV.	X	Z
02	ROLO DES.3270.5600.103 CCD.86.727.8829.4	PC	01							
2.1	ALIVIO DE TENSOES	ALIV.	KG.							
2.2	TORNEAR REBAIXANDO A MESA PARA SOLDA ⑧ MTPG2	MTP	H/H	8.0	2	800	00	22	400	00
2.3	TORNEAR REBAIXANDO PONTA LADO "A" PARA SOLDA ⑧ H	MTP	H/H	1.5	2	800	00	4	200	00
2.4	TORNEAR REBAIXANDO PONTA LADO "B" PARA SOLDA ⑧ H	MTP	H/H	1.5	2	800	00	4	200	00
2.5	TORNEAR ATE ELIMINAR TRINCAS ⑨ A	MTP	H/H	3.0	2	800	00	8	400	00
2.6	ENSAIO COM LIQUIDO PENETRANTE ⑩ LP	LP	H/H	3.5	2	200	00	7	700	00
2.7	REVESTIR A MESA COM ALMOFADA ⑪ SA	SA	H/H	26.0	3	492	00	90	792	00
2.8	REVESTIR A MESA COM INOX ⑫ SA	SA	H/H	179.0	3	492	00	275	868	00
2.9	REVESTIR PONTA LADO "A" ⑬ SM	SM	H/H	121.5	1	309	50	28	154	25
2.10	REVESTIR PONTA LADO "B" ⑭ SM	SM	H/H	121.5	1	309	50	28	154	25
2.11	ALIVIO DE TENSOES ⑮ ATT	ALIV.	KG	2164		45	00	97	380	00
2.12	TORNEAR EM DESSASTE A MESA ⑯ MTPG2	MTP	H/H	7.0	2	800	00	19	600	00
2.13	TORNEAR EM DESSASTE PONTA LADO "A" ⑰ MTPG2	MTP	H/H	1.5	2	800	00	4	200	00
2.14	TORNEAR EM DESSASTE PONTA LADO "B" ⑱ MTPG2	MTP	H/H	1.5	2	800	00	4	200	00
2.15	ENSAIO COM LIQUIDO PENETRANTE ⑲ LP	LP	H/H	3.5	2	200	00	7	700	00
2.16	ENSAIO DE ULTRA-SOM ⑳ US	US	H/H	4.0	2	200	00	8	800	00
2.17	ENSAIO DE DUREZA ㉑ ED	DUR.	H/H	1.0	2	200	00	2	200	00
2.18	TORNEAR EM ACABAMENTO A MESA ㉒ MTPG2	MTP	H/H	8.0	2	800	00	22	400	00
2.19	TORNEAR EM ACABAMENTO PONTA LADO "A" ㉓ MTPG2	MTP	H/H	2.0	2	800	00	5	600	00
2.20	TORNEAR EM ACABAMENTO PONTA LADO "B" ㉔ MTPG2	MTP	H/H	2.0	2	800	00	5	600	00
2.21	DESOBSTRUIR , REPAS. ROSCAS,LIMP. E AJ. ㉕ AJU	AJU	H/H	6.0	1	309	50	7	857	00
01										
01										
01										
01										
			PREPARADO POR:				TIT: COTADO CZ5655.405.50			
			DATA 01/01/90				TIT: REVISADO			
			REVISADO POR:				TIT: COTADO			
			DATA 02/01/90				TIT: REVISADO			

PLANEJAMENTO BÁSICO E PLANILHA DE PREÇOS

MATERIAL : CONJUNTO DE ROLO DIAM. " 410 " LIVRE

ORÇAMENTO: S005.044

CODIGO : 86.727.0996.4

ROLO NÚM. 064

N.F. 531.610 DE

C.N. : 002632

P.S. 779.951

ITEM	DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO	UNID	QUANTIDADE		PREÇO UNITÁRIO		PREÇO TOTAL		IPI/ISS	
			COT.	REV.	COTADO	REV.	COTADO	REV.	Z	Z
03.A1	MANCAL DES.9070.5600.104 COD.86.727.0018.7	PC	1.0							
	LADO " B "									
3.21	PREPARAR PARA REVESTIR DIAM. 250	AJU	H/H							
3.22	PREPARAR PARA REVESTIR DIAM. 280 E 281	AJU	H/H	2.0	1	309	50		2	619
3.23	PREPARAR PARA REVESTIR CANAL DA CHAVETA	AJU	H/H	0.5	1	309	50			654
3.24	REBAIXAR DIAM. ADAPTAÇÃO ANEL DIAM. 250	MTV	H/M							
3.25	REBAIXAR DIAM. 250 PARA REVESTIMENTO	MTV	H/M							
3.26	REBAIXAR DIAM. 260 E 261 PARA REVESTIMENTO	MTV	H/M							
3.27	MONTAR ANEL NO MANCAL	MO	H/H							
3.28	SOLDAR ANEL NO MANCAL (MAT.VER ITEM 02)	SM	H/H							
3.29	REVESTIR DIAM.250 (MAT.VER ITEM 03)= 4,5 KG.	SM	H/H							
3.30	REVESTIR DIAM.280 E 281 (MAT.VER ITEM 03)=12KG	SM	H/H	21,5	1	309	50		28	154
3.31	REVESTIR CANAL DA CHAVETA (MAT.VER ITEM 03)=0,5KG	SM	H/H	1,0	1	309	50		1	309
3.32	TRACAR LINHAS DE CENTRO	TRM	H/H	0.5	1	309	50			654
3.33	TORNEAR EM ACABAMENTO DIAM.250	MTV	H/M							
3.34	TORNEAR EM ACABAMENTO DIAM.280 E 281	MTV	H/M	3.0	3	467	00		10	401
3.35	USINAR BASE DO MANCAL O MINIMO COTA 200	MTV	H/M	3.0	3	467	00		10	401
3.36	USINAR CANAL DA CHAVETA	MMH	H/H	2.0	3	650	00		7	300
3.37	ABRIR CANAIS DE OLEO E REBARBAR	AJU	H/H	2.5	1	309	50		3	273
3.38	AJUSTAR DIAMETROS OVALIZADOS NAO RECUPERADOS	AJU	H/H							
	ANEL DIAM. 295 X 240 X 75 P/ MANCAL CONF. CROQUI	PC								
3.39	TRACAR E CORTAR	CMQ	H/H							
3.40	TORNEAR CONF. CROQUI	INTP	H/M							
	MATERIAL APLICADO VER " MATERIAIS PARTE C "									
01										
02										
03										
			PREPARADO POR:				TIF: COTADO			
			DATA 05/01/90				O/L:			
							TIS: REVISADO			
			REVISADO POR:				A:			
			DATA 02/01/92				IIG: COTADO			
							S/E:			
							R: REVISADO			

ANEXO 5.1

Folha 2: MRP1 - Relatório de computador contendo mapa em forma matricial com o resumo do arquivo de roteiros de processo, situação atual. Ordem cronológica.

Folha 3: MRP5 - Relatório de computador contendo mapa em forma matricial com a ordenação dos roteiros de processo na situação atual. Critérios de ordenação: agrupamento por semelhança de roteiros.

Folha 4: MRP6 - Relatório de computador contendo o resumo dos dados do relatório MRP5. O agrupamento de roteiros idênticos é formatado, situação atual.

Folha 5: MRPS1 - Relatório de computador idêntico ao MRP1, porém com o arquivo de dados relativos à situação após a simulação.

Folha 6: MRPS5 - Relatório de computador idêntico ao MRP5, porém relativo à situação após simulação.

Folha 7: MRPS6 - Relatório de computador idêntico ao MRP6, porém relativo à situação após simulação.

R - / CAL-O/CAL-P/TRC/E	13
R - / CAL-P/CM/TRC/E	13
R - / CAL-P,OXI-F/TRC/L	13
GH- /FUC/CM/TRC/E	103
R - / FOR/TT/EXP-CAL/E	13
GH- /CM/OXI-F/TRC/E	53
R - / CM/OXI F/UT/E	13
R - / CM/OXI-F/EXP-CAL/E	13
R - / CM/OXI R/SH/E	13
GH- /CM/OXI-F/TRC/E	33
R - / CM/TES-O/TRC/E	13
R - / CM/TES-P/TRC/E	13
GH- /CM/TRC/CM/E	23
GH - /CM/TRC/EXP-CAL/E	33
R - / CM/SH/EXP-CAL/E	13
GH- /TRC/OXI-F/CM/E	33
GH- /TT/PT/EXP-CAL/E	23
R - / CFR/CM/OXI-F/TRC/E	13
R - / CFR/CM-TRC/CM/E	13
GH- /FUC/CM/TES-P/TRC/E	23
GH - /FUC/CM/TT/CM/E	43

GH - Grupos homogêneos de roteiros de processo
R - Resíduo (Quantidade = 1)

UNIVERS. MAPA DE ROTACION DO PROCESSO SIMULADO MECANICA

[illegible]

R	TRM/AJU/MTP-C1/E	1
R	TRM/AJU/MTP-G222/E	1
GH	TRM/AJU/EXP.MEC./E	3
GH	TRM/FER/MTP-C1/E	2
R	TRM/GER/MTP-G216/E	1
R	TRM/MCO-G1/MFR/E	1
GH	TRM/MCO-G1/MTP-A1/E	3
GH	TRM/MCO-G1/MTP-B1/E	2
R	TRM/MCO-G1/MTP-G216/E	1
R	TRM/MCO-G1/EXP.MEC./E	1
R	TRM/MCO-G2/MTP-G222/E	1
R	TRM/MCO-G2/EXP.MEC./E	1
R	TRM/MFR/MO/E	1
R	TRM/MFU/MFU/E	1
GH	TRM/MFU/MTP-A1/E	2
GH	TRM/MFU/MTP-B1/E	2
R	TRM/MFU/MO/E	1
R	TRM/MMH-G201/EXP.MEC./E	1
GH	TRM/MFH-G2/MO/E	3
GH	TRM/MRC/MTP-A1/E	3
GH	TRM/MTP-A1/MTP-B1/E	2
GH	TRM/MTP-B1/MGM/E	2

GH - Grupos homogêneos de roteiros de processo
R - Resíduo (Quantidade = 1)