

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS

METODOLOGIA PARA ALTERAÇÃO DO ARRANJO FÍSICO  
DO SETOR PRODUTIVO DE PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS

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

NAGIB GEORGES FATTOUCH

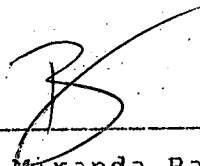
FLORIANÓPOLIS  
SANTA CATARINA - BRASIL  
JULHO - 1989

METODOLOGIA PARA ALTERAÇÃO DO ARRANJO FÍSICO  
DO SETOR PRODUTIVO DE PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS

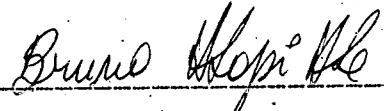
NAGIB GEORGES FATTOUCH

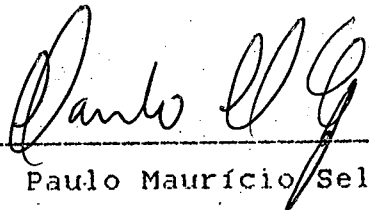
ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO  
"MESTRE EM ENGENHARIA"

ESPECIALIDADE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E APROVADA EM SUA FORMA  
FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO.

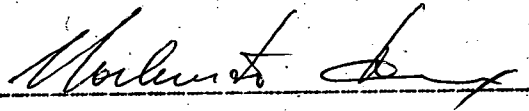
  
\_\_\_\_\_  
Prof. Ricardo Miranda Barcia, Phd  
Coordenador do Curso

BANCA EXAMINADORA:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Bruno Hartmut Kopittke, Dr.  
Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Paulo Maurício Selig, M.Sc.  
Co-orientador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Mirna de Borba, M.Sc.

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Norberto Renaux, M.Sc.

## AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas tornaram-se merecedoras do meu reconhecimento em função do muito que colaboraram para a realização deste trabalho. Manifesto os meus sinceros agradecimentos:

- à CAPES, pelo auxílio financeiro;
- ao Prof. BRUNO HARTMUT KOPITKE, pelo trabalho de orientação desenvolvido ao longo do trabalho;
- ao Prof. PAULO MAURÍCIO SELIG, pela sua valiosa colaboração quando da apresentação de críticas ao trabalho;
- à empresa que possibilitou a aplicação desta metodologia;
- aos colegas de curso pelo incentivo e amizade;
- aos professores e funcionários do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFSC pelo apoio e colaboração prestados;
- a todos aqueles que depositaram um voto de confiança no trabalho que estava sendo desenvolvido.

## RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo apresentar uma metodologia que foi desenvolvida visando guiar os passos a serem seguidos pelos administradores das pequenas e médias empresas, quando desejarem alterar o arranjo físico do setor produtivo.

Esse trabalho inicia com uma revisão bibliográfica. Em seguida, é feita a apresentação da metodologia quando então, são apresentadas e descritas as diversas atividades a serem realizadas para que seja obtido um arranjo físico adequado às condições vivenciadas pela empresa.

A fim de melhor esclarecer o que está apresentado na metodologia, é feita uma aplicação em uma empresa de médio porte, onde o objetivo é identificar suas principais limitações e dificuldades operacionais, o que irá atestar ou não, a validade do emprego da metodologia.

Durante o trabalho de aplicação da metodologia, houve o desenvolvimento de alguns documentos importantes, que estão descritos detalhadamente no corpo da dissertação.

Finalmente, são apresentadas as conclusões e recomendações levantadas a partir do desenvolvimento e aplicação da metodologia.

## ABSTRACT

This dissertation presents a methodology that was developed in order to provide conditions to a manager to change the production plant layout. The methodology is presented as a guide or basic thought to assume proper consideration of all aspects of each industry.

The work will be started by a bibliographic review. After this, the methodology will be presented. Every step will be shown and described.

In order to achieve a good result in terms of a sound layout these steps were developed considering the general conditions of the industries.

As a supplementary job, some important documents were developed. Each one is described in detail.

To improve the explanation about the use of the methodology will an example be shown. This example has a second goal that is to prove the methodology is appropriate to a small or a medium-sized industry.

To finalize, conclusions and recommendations obtained from the development and application of the methodology will be presented.

## SUMÁRIO

página

### CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO .....	001
1.1 Generalidades .....	001
1.2 Justificativa do Trabalho .....	002
1.3 Importância do Trabalho .....	003
1.4 Objetivos .....	005
1.5 Limitações da Metodologia .....	006
1.6 Organização do Trabalho .....	006

*↑ produto = ↑ ↑ produção e não apenas indústria*

### CAPÍTULO II

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	008
2.1 Introdução .....	008
2.2 Definição .....	008
2.3 Ganhos Advindos de um Arranjo Físico Adequado .....	009
2.4 Razões de uma Alteração .....	010
2.5 Causas de um Arranjo Físico Ineficiente .....	011
2.6 Tipos de Arranjo Físico .....	015
2.6.1 Arranjo Físico por Processo .....	015
2.6.2 Arranjo Físico por Produto .....	017
2.6.3 Arranjo Físico Agrupado .....	019
2.7 Modelos .....	022
2.7.1 Metodologias .....	023
2.7.2 Métodos .....	027

### CAPÍTULO III

3. ELABORAÇÃO DE UMA METODOLOGIA PARA ALTERAÇÃO DO ARRANJO FÍSICO DO SETOR PRODUTIVO DE PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS ..	032
3.1 Introdução .....	032
3.2 A Metodologia Proposta .....	033
3.2.1 Fase 1. Levantamento da Expectativa de Alterações .....	034
3.2.2 Fase 2. Definição dos Objetivos .....	035
3.2.3 Fase 3. Documentação do Sistema .....	038
3.2.4 Fase 4. Formulação de Alternativas .....	050

3.2.5 Fase 5. Escolha da Melhor Opção .....	053
3.2.6 Fase 6. Planejamento e Acompanhamento da Im- plantação .....	056

#### CAPÍTULO IV

4. A EMPRESA .....	059
4.1 Introdução .....	059
4.2 Apresentação da Empresa .....	059
4.3 Histórico da Empresa .....	060
4.4 O Setor Produtivo .....	062
4.5 Porque Essa Empresa Foi a Escolhida .....	068

#### CAPÍTULO V

5. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA .....	073
5.1 Introdução .....	073
5.2 Fase 1. Levantamento da Expectativa de Alterações.	073
5.3 Fase 2. Definição dos Objetivos .....	076
5.4 Fase 3. Documentação do Sistema .....	079
5.5 Fase 4. Formulação de Alternativas .....	097
5.6 Fase 5. Escolha da Melhor Opção .....	115
5.7 Fase 6. Planejamento e Acompanhamento da Implan- tação .....	116

#### CAPÍTULO VI

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	118
-------------------------------------	-----

#### ANEXOS

ANEXO 1. CODIFICAÇÃO DOS COMPONENTES DO REDUTOR ROLO PLA- NETÁRIO .....	122
ANEXO 2. FOLHA DE EQUIPAMENTOS .....	125
ANEXO 3. FOLHA DE PROCESSO DE FABRICAÇÃO .....	133
ANEXO 4. DIAGRAMA DE FLUXO .....	139
ANEXO 5. DIAGRAMA DE FLUXO PRODUTIVO .....	142
ANEXO 6. QUADRO DE TRÁFEGO .....	148
ANEXO 7. EXPANSÃO DA ÁREA DISPONÍVEL .....	151
ANEXO 8. MODELOS PARA VISUALIZAÇÃO DO ARRANJO FÍSICO .....	153
ANEXO 9. BREVE COMENTÁRIO SOBRE OS MODELOS COMPUTACIONAIS	154

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	156
----------------------------------	-----

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUÇÃO

#### 1.1 GENERALIDADES

A conjuntura econômica atual induz as empresas a um constante aperfeiçoamento dos processos de produção. Com o mercado interno e externo apresentando um crescimento contínuo, faz-se necessário um aumento no volume produzido buscando assim, suprir o desejo e necessidade de consumo.

Esse aumento da produção deve ser realizado visando a manutenção da competitividade através de preços dos produtos acessíveis e compatíveis com o mercado.

É importante que, aliado a preços competitivos, o produto apresente uma qualidade compatível e que permita a adequação ao uso. Os consumidores já não admitem um produto que não coadune com o proposto e garantido pelo fabricante.

Resta a indagação: como produzir mais e ofertar produtos com melhor qualidade a preços mais baixos sem realizar grandes investimentos? Esse é um fato que atormenta os administradores da grande maioria das empresas que hoje compõem o parque fabril nacional. Esta é uma das tarefas do Engenheiro de Produção.



Existem muitos caminhos que conduzem a essa resposta. Um produto com um bom "design" e uma seleção criteriosa do arranjo físico dos diversos fatores de produção são alguns dos caminhos que propiciam um aumento na produção através do incremento na eficiência nas operações de produção sem exigir a realização de grandes investimentos.

## 1.2 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

Um arranjo físico bem projetado é uma das diversas formas de incrementar a eficiência em uma indústria. Influi na lucratividade da empresa além de interferir no custo da produção. Permite a redução no tempo de produção através da redução do tempo dispendido com transporte interno. Possibilita uma melhor ocupação do espaço disponível e redução nos danos às peças. Permite ainda, um incremento na produção além de uma melhor e maior utilização dos fatores de produção.

Decidir sobre o arranjo físico a adotar, para uma instalação é tarefa que exige amplos conhecimentos sobre o processo vigente e sobre as linhas de produção presentes e futuras, requerendo um razoável conhecimento da instalação proposta e seus pontos críticos. O processo de fabricação empregado deve ser conhecido bem como a especificação das máquinas, as quantidades a produzir e as especificações de controle.

Requer ainda uma extensa gama de conhecimentos especializados a fim de que sejam considerados todos os fatores que contribuem para a eficiência e bom rendimento da futura instalação. Exige o conhecimento da legislação vigente, regulamentando os diversos aspectos da segurança do trabalho, da prevenção de acidentes e sinistros e das condições mínimas de conforto e higiene do operador.

É exatamente por ser um trabalho mais abrangente que a escolha recaiu sobre o estudo do arranjo físico.

### 1.3 IMPORTANCIA DO TRABALHO

Kepner e Tregoe comentam em seu livro (17), com muita propriedade, que muitos administradores, no seu modo particular de tomar decisões, apercebem-se, por vezes, que os resultados obtidos são bastante frustrantes. Buscando a causa desse fato, constata-se o não ordenamento de seu pensamento. Esquecem que toda análise deve ser realizada de modo sistemático, sem atropelo de idéias e consequente perda de informações, conforme uma metodologia pré-definida. Tal opção favorece um encaminhamento ordenado e racional dos passos a serem seguidos.

É importante que a pessoa encarregada de executar um projeto de arranjo físico (doravante conhecido como analista) tenha em mente que, para que o resultado final seja um arranjo físico adequado deve ser considerado, quando da análise da situação, o arranjo físico como um todo. Deverá considerar os aspectos mais importantes e que influem de modo mais decisivo sobre as diversas alternativas sendo que esses aspectos deverão ser considerados como um todo. A análise de aspectos isolados não permite atingir os objetivos desejados. De fato, um estudo superficial ou parcial, invariavelmente, desconsidera muitos fatores importantes. Tal omissão contribui para a formulação de alternativas cujo teor de desvantagens poderá ser demasiado elevado. Para evitar esse tipo de problema, deve ser realizado um estudo científico do arranjo físico onde o mesmo é um procedimento disciplinado e ordenado e que procura definir claramente os objetivos a serem atingidos, coletar os dados mais relevantes e que propiciarão o alcance dos objetivos previstos, analisar os dados e propor a solução mais adequada. Esse estudo científico será materializado na forma de uma metodologia.

Conforme Aurélio Buarque de Holanda Ferreira (10), metodologia é "a arte de dirigir o espírito na investigação da verdade".

A falta de uma metodologia, que propicie a realização da tarefa de alteração do arranjo físico de um modo sistêmico, tem

4

feito com que muitas empresas corram o risco de realizarem expansões desnecessárias por não terem estudado e planejado previamente tal expansão. Nos casos em que os dirigentes acham que existe a necessidade de expansão da capacidade, esse valor adicional é meramente estimado, o maquinário correspondente é adquirido e o espaço é ampliado. Essa ampliação é simplesmente adicionada à capacidade já existente sendo dada pouca ou nenhuma atenção à integração das novas unidades com as antigas. Nesse caso, ainda, o que mais chama a atenção, é a pouca importância que foi dada a possibilidade de racionalização das tarefas, o que poderia propiciar um aumento na taxa de utilização dos equipamentos e espaço disponível, sem que um investimento considerável fosse realizado.

Verifica-se assim, a necessidade de uma metodologia que possibilite a geração de alternativas a um arranjo físico existente. Ela deverá facilitar essa geração onde estas deverão estar baseadas nas condições e características específicas de cada empresa. Deverá ser tal que possa ser empregada toda a vez que for verificada a necessidade de alteração do arranjo físico da empresa, devendo envolver uma racionalização no trabalho com os dados necessários à definição do novo arranjo físico, buscando sintonizá-los com os objetivos a serem obtidos evitando assim, dispersão nas tarefas a serem executadas durante o planejamento do novo arranjo físico.

Existem algumas metodologias (por ex., sistema SLP - item 2.7.1.a) que para serem empregadas requerem um vasto arquivo de dados o que pressupõe alto grau de organização do setor produtivo. No entanto, é de conhecimento geral que a grande maioria das pequenas e médias empresas, componentes do parque fabril nacional, ainda apresentam uma tradicional estrutura familiar o que não possibilitou uma organização mais profissional. Com raras exceções, essa falta de organização administrativa reflete-se na falta de arquivos de dados completos. Sem esses pré-requisitos - arquivo de dados e organização do setor produtivo - a empresa perderia bastante tempo levantando-os, o que tornaria enfadonha a tarefa de alterar o arranjo físico. Essa tarefa é ainda mais desestimulante ao verificar-se que certa parte do volume de informações requeridas, muitas vezes, sequer será utilizada ou será de

pouca utilidade. Muito tempo seria perdido e, como o objetivo é uma grande rapidez e agilidade na alteração do arranjo físico do setor produtivo, algumas das vantagens esperadas com a promoção da alteração estariam completamente perdidas. É constatado, com bastante frequência, não ser viável a obtenção destas informações apenas a título de elaborar um projeto de mudança de arranjo físico.

Desse modo, fica evidente a necessidade de criação de uma metodologia que coadune com as características inerentes às indústrias que compõem o parque fabril nacional. Deverá visar a rapidez no estudo, requisitando apenas os dados mais importantes propiciando assim, o seu emprego por um grande número de médias e pequenas empresas. Dessa forma, essa metodologia é dedicada a essas empresas, carentes de meios teóricos acessíveis e inseridas em um meio completamente diverso daquele no qual estão incluídas as grandes empresas e, que buscam uma fatia maior do mercado através de constantes aperfeiçoamentos do produto e racionalização do sistema produtivo.

#### 1.4 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo inicial aproximar a experiência acadêmica e teórica da experiência prática vivenciada pelas empresas e, em seguida, propor uma alteração no arranjo físico. Dessa aproximação resultará uma metodologia de trabalho que possibilite a alteração no arranjo físico e que coadune com as limitações das pequenas e médias empresas. Essa metodologia deverá estar atenta às restrições e dificuldades encontradas por estas empresas devendo ainda, ser de fácil acesso e manuseio, além de abranger um grande número de usuários. Para cumprir esse objetivo, deverá ser apresentada em um linguajar simplificado e direto, se restringir aos passos essenciais à solução do problema, além de considerar a realidade administrativa dessas empresas.

Desse modo, os objetivos podem ser assim enumerados:

- confrontar conhecimentos teóricos com a realidade práti-

- ca;
- gerar uma metodologia para alteração do arranjo físico do setor produtivo;
  - comprovar a validade da metodologia proposta a partir da utilização da mesma em uma empresa.

### 1.5 LIMITAÇÕES DA METODOLOGIA

A principal limitação está ligada ao fato de que não há metodologia que possa ser empregada de modo indiscriminado. A mesma poderá necessitar de pequenas adaptações de tal modo que venha a atender às necessidades e peculiaridades de determinados usuários. No entanto, a espinha dorsal será mantida intacta restando a tarefa de enriquecê-la, conforme o caso sob análise.

### 1.6 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Esse trabalho apresenta-se organizado em 6 capítulos.

No primeiro capítulo, encontram-se os tópicos que formalizam a apresentação do trabalho com respectiva importância, objetivos e limitações.

No segundo capítulo, é feita uma revisão bibliográfica onde são apresentadas algumas das causas que podem levar a uma alteração no arranjo físico; além disto, são discutidas as metodologias mais conhecidas na área.

No terceiro capítulo, encontra-se a metodologia proposta quando então, é feita a descrição detalhada de cada uma das etapas da mesma.

No quarto capítulo, é feita a apresentação da empresa na qual foi empregada a metodologia.

O quinto capítulo, contém a aplicação da metodologia proposta quando então, foi possível avaliar a validade da mesma.

No sexto e último capítulo, são apresentadas as conclusões levantadas a partir do emprego da metodologia, bem como as recomendações acerca de trabalhos futuros.

## CAPÍTULO II

### 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo é realizada uma revisão bibliográfica cujo objetivo principal é fundamentar teoricamente o assunto a ser abordado. Essa revisão versará sobre os pontos mais importantes ligados ao arranjo físico industrial e que propiciarão uma visão mais abrangente do trabalho a ser desenvolvido.

#### 2.2 DEFINIÇÃO

Conforme definição dada pelo International Labour Office, de Genebra, "Layout" ou Arranjo Físico é a "posição relativa dos departamentos, seções ou escritórios dentro do conjunto de uma fábrica, oficina ou área de trabalho, das máquinas, dos pontos de armazenamento, e do trabalho manual ou intelectual dentro de cada departamento ou seção, dos meios de suprimento e acesso às áreas de armazenamento e de serviços, tudo relacionado dentro do fluxo de trabalho".

O objetivo é combinar a força de trabalho com as características físicas de uma indústria (máquinas, rede de serviços e equipamentos de transporte) de tal modo que seja alcançado o

maior volume possível de produtos manufaturados ou serviços. Esses produtos ou serviços deverão apresentar um nível de qualidade compatível sendo dispendido para tanto um baixo volume de recursos.

### 2.3 GANHOS ADVINDOS DE UM ARRANJO FÍSICO ADEQUADO

Um projeto efetivo de arranjo físico permite alcançar alta produtividade com o emprego dos equipamentos, mão-de-obra, materiais e instalações industriais disponíveis. Mais especificamente, a eficiência produtiva é alcançada através dos seguintes meios:

- aperfeiçoamento do processo produtivo como um todo - um bom estudo do arranjo físico levará a uma análise do Diagrama do Fluxo Produtivo (anexo 5) o que permitirá a simplificação do trabalho através da supressão, reordenação ou agrupamento de tarefas;
- elevação da capacidade produtiva - melhor aproveitamento do espaço disponível e definição mais racional do espaço necessário levarão a um maior volume de produção;
- redução do transporte de materiais - através da definição das menores distâncias possíveis a serem percorridas e definição clara das linhas de fluxo;
- utilização mais eficiente da mão-de-obra e equipamentos disponíveis - através da melhor definição do fluxo produtivo e conseqüente redução de desperdícios;
- redução do volume de produtos em processo - um bom arranjo físico permite reduzir o tempo total a ser gasto para a produção de uma peça ou produto;
- maximização da flexibilidade dos meios produtivos aliados a baixo custo produtivo - através da escolha adequada dos meios que permitam atender a uma gama relativamente ampla de necessidades produtivas;
- melhora no planejamento e controle da produção - através da exata definição do fluxo produtivo;
- melhora da supervisão - estando o fluxo produtivo definido, o seu controle será mais efetivo;



- incremento nas condições de trabalho e de segurança - através da eliminação dos riscos existentes nos postos de trabalho, equipamentos de transporte, atividades de estocagem e manutenção, etc.

## 2.4 RAZÕES DE UMA ALTERAÇÃO

Para assegurar a eficiência de um sistema produtivo é importante que o arranjo físico seja continuamente atualizado. Desde que uma certa disposição de equipamentos seja designada para o alcance de determinado resultado final em termos de quantidade de bens a serem produzidos, ela está sujeita a alterações devidas a mudanças na demanda ou alterações tecnológicas. Mesmo em uma empresa recém implantada, pode ser detectada a necessidade de realizar revisões no processo ou no arranjo físico já que mudanças tecnológicas ocorrem rapidamente ou há alterações imprevistas na demanda. Além da natureza dinâmica da indústria competitiva, pode-se citar como fatores outros que induzem a alterações no arranjo físico os abaixo enunciados:

- um arranjo físico pode ser revisto quando há um incremento constante e paulatino na demanda do que está sendo produzido de tal modo a exigir uma expansão na capacidade produtiva. Tal expansão pode envolver a provisão de melhores meios à produção de novos produtos. Isso pode requerer a aquisição de novos meios ou a conversão de meios existentes, porém não utilizados;
- um arranjo físico pode ser revisto a fim de alcançar maior eficiência na disputa pelo mercado a partir da adoção de vários melhoramentos tecnológicos que afetam o arranjo físico e as operações ligadas à produção, incluindo ainda os melhoramentos no projeto do produto;
- pode ainda, ser o resultado de uma simplificação dos programas de trabalho que possibilitam a melhora nos processos produtivos ou rearranjos na disposição de máquinas e equipamentos.

Em um estudo, apesar das razões para a alteração do arranjo físico, expostas anteriormente, serem classificadas em categorias distintas, o principal objetivo a ser atingido deve ser a expansão da capacidade produtiva e, ao mesmo tempo, a introdução de inovações tecnológicas e a melhora na disposição dos meios existentes.

Nesse ponto, é oportuno frisar que, mesmo que tenha sido detectada a necessidade de alteração do arranjo físico, ela só será processada quando, após uma avaliação custo x benefício, o resultado indicar ser interessante a alteração. Não deve ser abandonada a idéia de que o custo total da alteração deve ser mais do que compensado pelos benefícios e economias advindos do rearranjo físico.

## 2.5 CAUSAS DE UM ARRANJO FÍSICO INEFICIENTE

A fim de melhor compreender a necessidade de melhora no planejamento é importante conhecer algumas das causas e condições que contribuem para a existência de arranjos físicos ineficientes:

1. A localização de uma empresa pode criar obstáculos à formulação de um bom arranjo físico. As desvantagens geradas pela localização inadequada só podem ser minimizadas por uma pessoa muito experiente e ligada ao campo de trabalho. A localização inadequada pode significar a falta de acesso às principais vias de acesso, estabelecimento de pontos impróprios à carga e descarga, áreas inadequadas à estocagem ou não previsão de expansão da edificação a baixos custos;

2. O uso de edificações não apropriadas aos requisitos da produção pode contribuir para que a produção seja realizada sob altos custos. Essas falhas são o resultado da seleção inicial de um projeto predial antes de todo o arranjo físico ter sido desenvolvido. A necessidade de uma edificação com muitos andares pode não ter sido reconhecida. Assim, as vantagens que poderiam ser obtidas com um arranjo físico mais racional das operações e os bene-

fícios do transporte de material a baixos custos são perdidos. Muitas vezes, uma edificação é adquirida sem uma análise prévia acerca da adequação ou não às necessidades inerentes ao processo;

3. Pode ser o resultado da atribuição da tarefa de planejar o arranjo físico a pessoas não qualificadas à execução. Tais pessoas podem enfatizar somente alguns fatores e desconsiderar outros aspectos importantes para a consecução de um projeto adequado. Frequentemente, o objetivo de um arranjo físico é possibilitar o acesso a tantas máquinas quantas sejam as necessárias à produção. O resultado, por isso, será um arranjo físico mal projetado onde se terá um aglomerado de máquinas que estará desvinculado do objetivo de produzir a baixos custos;

4. Pode ser o resultado da entrega da tarefa de revisão e avaliação do projeto inicial às chefias de departamento ou seção. Quando o arranjo físico é planejado por alguém liberto de relações diretas com os diversos departamentos, o projeto leva em conta as necessidades reais. Esse projeto então, sofrerá tantas revisões quantas achar necessárias cada departamento. Porém, cada revisão implica em convencer o responsável pelo projeto da necessidade em alterar a disposição, ampliar o espaço destinado ao departamento e dar maior ênfase a determinadas atividades. O resultado final acaba sendo um arranjo inadequado já que não foram consideradas as necessidades como um todo;

5. O arranjo físico ora existente pode ter sido previsto não considerando as futuras expansões. Sob tais circunstâncias, quando se fizer necessária a expansão, ela poderá custar caro ou propiciar resultados fracos. Por outro lado, uma expansão baseada em previsões de vendas não realistas poderá resultar em excesso de capacidade em algumas linhas de produção e formação de "gargalo" em outras;

6. Previsão de vendas e planejamento da produção inadequados podem afetar negativamente um arranjo físico eficiente e provocar um aumento no custo da produção. Imperfeição na previsão de vendas e planejamento das tarefas a serem executadas pelas diversas seções de produção conduzem a ordens liberadas sob regime de ur-

gência e outras atitudes tomadas às pressas. Alegando a possibilidade de perder um equipamento por quebra ou falta de operador, os programadores da produção prevêm a produção de peças que não apresentam a possibilidade imediata de serem consumidas, onde o objetivo é manter o setor produtivo operando. Esse fato provoca o incremento na quantidade de produtos em processo, o que causa a expansão temporária das áreas de estocagem. Por outro lado, "gargalos" resultarão da necessidade de cumprir programações que poderiam ter sido proteladas. Um arranjo eficiente e adequado depende do efetivo desempenho dos responsáveis pela previsão de vendas e planejadores. Na ausência desse funcionamento, revisões do arranjo físico injustificadas e expansões paliativas ocorrerão. Com isso, ter-se-á o incremento nos custos e a deterioração de um bom arranjo físico;

7. Em havendo uma manutenção preventiva ineficiente haverá maiores possibilidades de quebras em máquinas e equipamentos e conseqüente interrupção da produção. Esse fato implicará na necessidade de que haja ampliação na capacidade produtiva instalada a fim de atender e cumprir o que já foi programado. Porém, tal ampliação e revisão do arranjo físico não estará fundamentada na real necessidade, o que levará à incursão em novos custos. Assim, a prática de uma manutenção preventiva eficiente possibilitará evitar tais revisões desnecessárias;

8. É comum encontrar empresas que produzam uma grande gama de produtos e que falharam ao adotar um arranjo físico linear. Há ocasiões em que a oferta de produtos poderia ter sido alterada durante um certo período de tempo a fim de atender às necessidades do mercado ou, simplesmente porque a demanda de determinados produtos cresceu em demasia, o que provocou um excesso de carga em determinadas linhas. Sob tais condições, ocorrem boas oportunidades para combinar vantajosamente o arranjo físico por produto com o arranjo físico por processo. Caso a direção da empresa não esteja atenta a essas mudanças na demanda ou não tenha dado a suficiente importância e atenção a tais alterações, poderá falhar ao conservar o atual arranjo físico e instalações. Haverá, em conseqüência, um gradual aumento no custo da produção atrelado a um decréscimo no volume de negócios que poderiam ser executados;

9. Algumas empresas que produzem um número limitado de produtos "standard", tendem a super-especializarem as suas instalações e arranjo físico. Isso pode ocorrer devido a uma previsão inadequada das possibilidades de vendas futuras. Tais arranjos apresentam instalações pouco flexíveis e, como consequência, haverá limitações na diversidade de produtos que a empresa pode oferecer ao mercado. O resultado é um incremento no custo unitário de produção devido aos elevados custos fixos a serem cobertos pela capacidade instalada. Essa situação é difícil de ser corrigida sem que pesados investimentos sejam realizados;

10. Algumas empresas promovem alterações no projeto de seus produtos-base sem a correspondente revisão periódica do arranjo físico e instalações a fim de melhor absorver as alterações. Decorrido certo tempo, esse arranjo físico estará totalmente desvinculado dos requisitos ligados a produção dos produtos para a qual foi criada originariamente. Como consequência lógica haverá um incremento nos custos da produção;

11. Certas empresas não buscam a pesquisa industrial, ou não são afeitas a adoção do desenvolvimento tecnológico que ocorre nas indústrias. Assim, o seu setor produtivo empregará máquinas e equipamentos já desatualizados, empregará meios de transporte de materiais obsoletos além de estar instalada em uma edificação já ultrapassada. Isso implicará, invariavelmente, em um decréscimo dos lucros;

12. A diversificação das atividades empresariais que, frequentemente, conduz à integração física de diversas unidades, é um desenvolvimento que, geralmente, requer uma revisão do arranjo físico. Tais diversificações resultam, muitas vezes, na possibilidade de produzir internamente um produto, desde a elaboração da matéria-prima até o produto final, aproveitando para tal a capacidade produtiva instalada. Essa introdução de novos produtos, que pode representar a verticalização da empresa, irá requerer novos métodos de produção os quais, por vezes, não coadunarão com os vigentes na empresa. Esse fato fará com que a produtividade sofra um decréscimo já que poderá haver uma sub-utilização da capacidade produtiva.

## 2.6 TIPOS DE ARRANJO FÍSICO

O agrupamento de máquinas é definido pela quantidade e estabilidade do produto a ser produzido e da natureza do processo empregado para a produção. Em situações onde o produto em fabricação é movimentado dentro da fábrica através dos diversos postos produtivos, o arranjo físico pode ser definido como arranjo físico por produto ou em linha, ou arranjo físico por processo ou funcional. Atualmente há a utilização de um novo arranjo físico, denominado arranjo físico agrupado ou de grupo, o qual está baseado na formulação de células de fabricação.

### 2.6.1 Arranjo Físico por Processo

O arranjo físico por processo ou funcional se caracteriza pelo agrupamento das máquinas do mesmo tipo em unidades funcionais, onde são realizadas as operações semelhantes, atendendo cada unidade a todas as linhas de produção e também a pedidos especiais. É empregado quando há grande variedade nos produtos e na sequência de operações.

Tal arranjo físico pode ser visualizado através da figura 2.1.

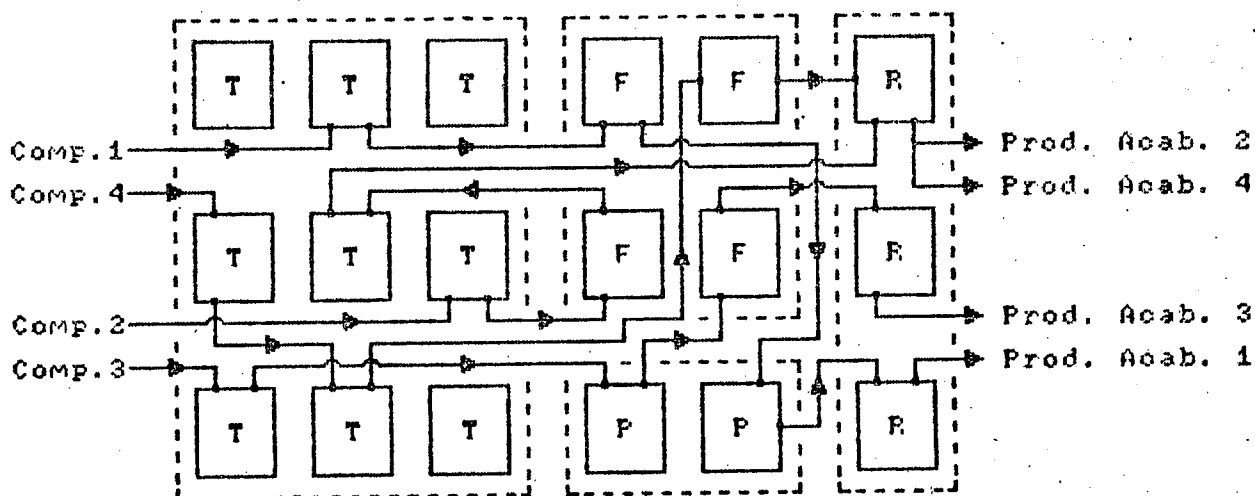


Figura 2.1 - Arranjo físico por processo

As vantagens desse tipo de arranjo são:

- menor investimento de capital - utiliza equipamentos ditos universais, ou seja, equipamentos que propiciam uma variada gama de operações sem ser especialista em uma única operação;
- grande flexibilidade nos meios de produção - uma grande variedade de tarefas pode ser realizada já que emprega equipamentos universais, o que facilita o planejamento da produção;
- alcance de uma supervisão efetiva - a supervisão sobre as operações de fabricação é realizada por departamentos (grupo de máquinas similares) a qual é realizada por supervisores responsáveis pelo controle de apenas algumas operações e equipamentos;
- a quebra de equipamentos não prejudica tão seriamente a produção - a quebra individual de máquinas não suspende a produção já que há uma certa reserva de equipamentos no departamento;
- menores custos fixos em decorrência do menor investimento inicial.

Apresenta como desvantagens os seguintes aspectos:

- maior manuseio de materiais - o agrupamento por processo não favorece a produção de um produto já que não propicia a formação de uma linha de produção. Esse arranjo físico causa uma movimentação maior e mais intensa de materiais;
- maior área requerida - há uma grande necessidade de áreas para estocagem temporária e inspeção da produção;
- necessidade de maior habilidade da mão-de-obra - os operadores devem estar habilitados a operar um grande número de equipamentos de uma mesma classe, realizar uma enorme variedade de tarefas e executar muitas operações especializadas;
- necessidade de uma inspeção mais frequente - já que cada departamento é responsável por operações específicas, a inspeção é geralmente necessária antes que o material siga ao departamento seguinte;
- maior tempo para a produção - muito tempo é consumido

com a preparação e carregamento da máquina, transporte e inspeção, o que provoca aumento do tempo total para a produção;

- maior complexidade do planejamento e controle da produção - o planejamento e controle da produção estão atrelados às inúmeras condições inerentes ao processo, o que dificulta bastante a consecução da tarefa.

### 2.6.2 Arranjo Físico por Produto

O arranjo físico em linha ou por produto se caracteriza pelo agrupamento próximo e em sequência, de todas as máquinas e processos envolvidos, de tal modo que, os materiais que entram em produção, seguem sempre a mesma linha entre os pontos de processamento. É empregado quando se tem apenas um ou então, poucos produtos altamente padronizados os quais são fabricados em grande quantidade.

Tal arranjo físico pode ser visualizado através da figura 2.2.

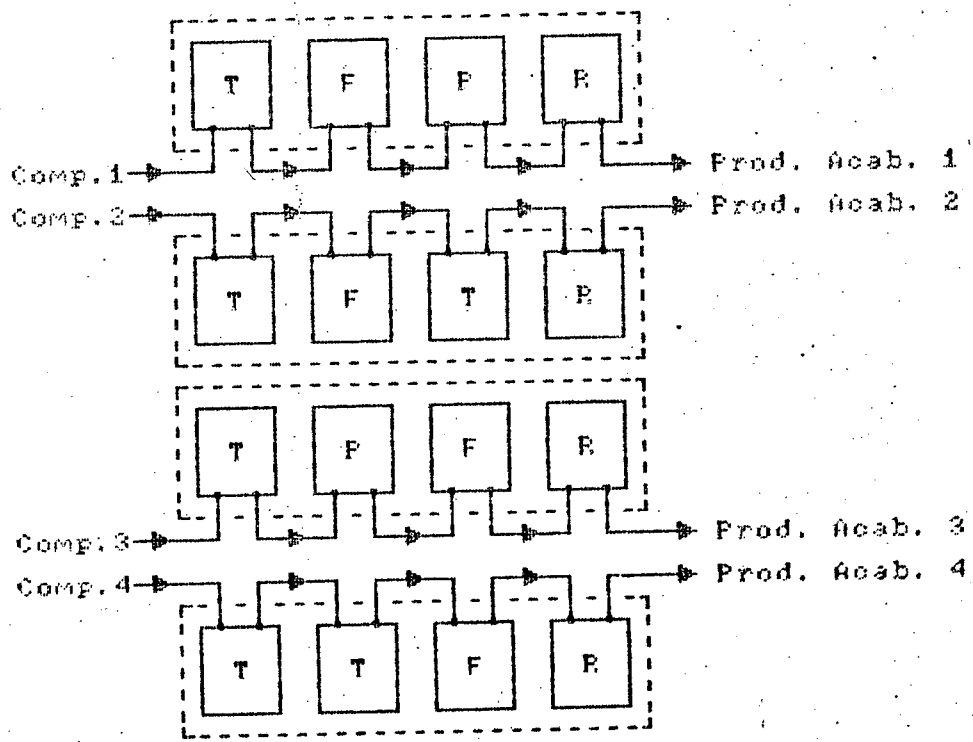


Figura 2.2 - Arranjo físico por produto



As vantagens deste tipo de arranjo, se comparado com o arranjo físico por processo, são:

- canalização do fluxo de materiais e trabalho, o que reduz a movimentação de materiais - define e direciona os canais de fluxo de materiais, diminuindo distâncias entre postos operativos, reduzindo o refluxo de materiais em processo e mecanizando o transporte;
- minimiza o custo do trabalho, além de facilitar o treinamento do operador - devido a divisão do trabalho, uso de máquinas dedicadas, automáticas ou semi-automáticas e ferramentas apropriadas, esse tipo de arranjo possibilita o emprego de mão-de-obra pouco qualificada, o que reduz o custo do trabalho;
- diminui a necessidade de inspeção intermediária - visto que cada linha de produção é uma unidade de manufatura pela qual cada supervisor é o responsável pela qualidade, sendo incumbido de controlar o serviço de tal modo a atingir o nível de qualidade desejado, o que minimiza a necessidade de inspeções intermediárias;
- melhora a ocupação da área destinada à produção - não há a necessidade da existência de ilhas, grandes pontos de armazenagem de materiais, armazenagem temporária e pontos de inspeção intermediários;
- reduz o tempo de processamento total - já que as atividades intermediárias entre os postos de operação - tal qual transporte, armazenagem e inspeção - ocorrem menos frequentemente, o que abrevia o tempo total de processamento;
- controle fácil e simples da produção - já que as mudanças no desenho do produto são reduzidas a um mínimo e as operações são padronizadas, a atividade de planejamento e programação da produção está limitada ao programa inicial necessário ao estabelecimento da produção.

Apresenta como desvantagens, em relação ao arranjo físico por processo, os seguintes aspectos:

- investimento inicial é elevado - o grande volume de produtos "standard" e a subdivisão de operações torna tecnologicamente prático o projeto e fabricação de equipa-

- mentos específicos o que provoca incremento no investimento inicial;
- custo fixo elevado - decorrente do alto investimento inicial;
- vulnerabilidade da linha de produção - caso haja a quebra de alguma unidade haverá a interrupção da produção a menos que haja uma reserva de capacidade ou possa ser realizada alguma "ponte" sobre o ponto de interrupção com o emprego de um outro equipamento ou posto de operação;
- a supervisão é mais difícil - a linha é composta de um número grande de unidades diversas entre si o que requer um grande conhecimento do supervisor para que possa manter os objetivos da produção;
- inflexibilidade dos meios de produção - os equipamentos em pregados são especialmente confeccionados para tal finalidade.

### 2.6.3 Arranjo Físico Agrupado

É um arranjo físico que resulta do conceito de "família de peças". Conforme E. A. Arn (03), "Família de Peças" pode ser entendida como um "conjunto de peças ou componentes que apresentam similaridade geométrica e/ou de processo de produção". Para a definição do arranjo físico é importante a semelhança do processo de produção já que este influencia na definição daquele.

O arranjo físico agrupado consiste no agrupamento de máquinas e equipamentos em grupos diversos de tal forma que, cada um dos grupos seja capaz de propiciar a produção de todos os componentes de uma mesma família. Pode ser considerado um modo intermediário entre o arranjo físico funcional e o em linha. Empregam para tanto, equipamentos ou máquinas universais dotadas de alguns dispositivos especiais que facilitarão determinadas operações de produção.

Tal arranjo físico pode ser visualizado através da figura 2.3.

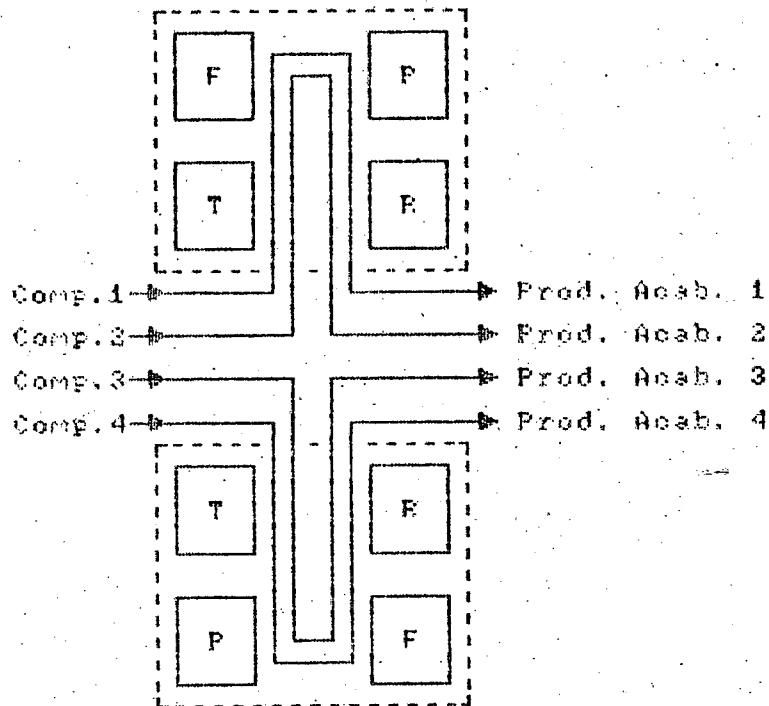


Figura 2.3 - Arranjo físico agrupado

Conforme a concepção norte-americana (16) o arranjo físico agrupado é uma célula de fabricação na qual máquinas CNC (Comando Numérico Computadorizado) e um robô industrial são usados para produzir uma parte específica do produto ou alguns componentes de uma "família de peças". É uma pequena unidade de um sistema produtivo e que consiste de uma ou mais estações de trabalho e que apresenta algum grau de capacidade de realizar as seguintes tarefas:

- carregamento e descarregamento automático do posto operativo;
- troca automática de ferramentas;
- transferência automática de peças em processo entre postos de operação.

Todas essas operações são realizadas sob a supervisão e comando de um controle computadorizado o que permite a produção de uma "família de peças". Os diversos postos de operação que

circundam o robô podem ser máquinas-ferramenta, cada uma executando uma operação diferente no componente.

Difere do arranjo físico funcional já que não há o agrupamento de um único tipo de equipamento em um dado setor da fábrica mas sim, o agrupamento de um grupo de máquinas diversas em um mesmo setor. Propicia a redução do capital imobilizado em estoques intermediários e temporários além de reduzir o tempo de produção já que diminui o tempo gasto com o manuseio e transporte de materiais além de simplificar o fluxo de materiais.

Não pode ser confundido com o arranjo físico em linha já que algumas peças ou componentes não precisam, necessariamente, utilizar todos os equipamentos que compõem o grupo ou seguir a mesma sequência de operações. De modo diverso, são utilizados equipamentos universais o que propicia flexibilidade além de atenuar as possibilidades de parada por quebras de equipamentos.

É um arranjo físico que apresenta um misto das vantagens decorrentes da utilização do arranjo físico funcional e em linha. Apresenta como vantagens os seguintes aspectos:

- opção pelo equipamento mais adequado - a partir do conhecimento prévio do que, como e quanto produzir, a escolha dos equipamentos fica facilitada, além de reduzir as possibilidades de super-estimar a capacidade produtiva necessária;
- maior utilização da capacidade produtiva instalada - já que a mesma foi definida para um volume estimado de produção acrescido de uma certa folga, além de ter sido especificada para a produção de peças semelhantes a serem obtidas conforme um processo produtivo semelhante, o que propiciará uma utilização mais intensa dos equipamentos;
- melhora do controle de produção - parte da responsabilidade do controle e inspeção da produção é delegada aos operadores do grupo;
- redução da perda com cavacos - há a concentração de componentes ou peças em grupos onde, para tal, são feitas algumas racionalizações no projeto do produto e processo produtivo o que reduz a perda com cavacos;

- racionalização da matéria-prima - a partir de racionalizações das operações e projeto do produto haverá uma sensível redução no volume de tipos de matérias-primas em estoque;
- realização pessoal do operador - o mesmo deverá operar qualquer um dos diversos equipamentos que compõem o grupo além de ser o responsável pelo transporte, controle e inspeção das peças ou componentes produzidos, o que proporcionará uma satisfação maior ao operador.

As desvantagens mais significativas são:

- uma grande dificuldade no balanceamento da produção - devido ao grande número de grupos que se farão necessários onde cada um deles deverá estar estritamente equilibrado para que não haja o acúmulo de peças entre grupos de máquinas;
- aumento do número de equipamentos - há um aumento no número de equipamentos, apesar de serem bastante simples, já que há a necessidade de atendimento a dois produtos diversos e que poderiam utilizar o mesmo processo mas que, após o reordenamento, passaram a pertencer a "famílias" distintas sendo com isso, produzidos em grupos diferentes.

Para que o resultado final venha de encontro às expectativas é importante lembrar que os diversos grupos deverão estar posicionados em uma sequência lógica de tal modo a possibilitar o encadeamento das operações e obtenção do produto final evitando assim a formação de grandes estoques intermediários.

## 2.7 MODELOS

Existem alguns modelos que podem ser empregados para a definição do arranjo físico. Há modelos que apresentam etapas que envolvem todos os passos a serem seguidos, desde a etapa do levantamento de dados até a formulação das possíveis soluções sendo, por isso, identificados como sistemas. Afora esses, podem ser

encontrados alguns métodos que permitem a determinação da localização das diversas unidades produtivas sem, no entanto, atentar ao levantamento dos dados necessários, preocupando-se apenas com a definição de como trabalhar com os dados até obter as alternativas.

### 2.7.1 Metodologias

#### a. SLP (Systematic Layout Planning)

Esse sistema foi desenvolvido por Richard Muther (22), o qual é uma síntese de normas de procedimento visando obter um delineamento eficiente, com um mínimo de custo para a disposição racional de atividades ou funções. Propõe uma estruturação de fases pelas quais deve passar o projeto de arranjo físico até a definição final, visando o inter-relacionamento das várias atividades envolvidas em todo o projeto. Descreve todos os passos que devem ser seguidos até a definição final do arranjo físico. Inicia com o levantamento de dados passando pela distribuição das áreas, concluindo com o arranjo físico em si e respectivo planejamento de implantação. A cada um desses passos corresponde um diagrama, o qual deverá ser preenchido com todo o rigor.

A aplicação dessa metodologia requer um levantamento prévio acerca de 5 itens fundamentais:

- P - Produto: consiste em conhecer o produto que é fabricado incluindo todos os componentes envolvidos quando da fabricação ou montagem;
- Q - Quantidade: implica na definição do volume a ser produzido de cada um dos componentes;
- R - Roteiro: consiste em compreender e ter documentado todo o processo produtivo incluindo as operações, sequências e equipamentos envolvidos;
- S - Serviço de suporte: envolve a definição das atividades ou recursos auxiliares que darão suporte ao funcionamento efetivo do setor produtivo;

T - Tempo: consiste em definir os tempos produtivos e improdutivos e o tempo durante o qual vingará o projeto ora em execução.

A seguir, apresenta-se a metodologia propriamente dita, a qual, consta de 4 fases:

1. Localização do ponto onde será instalado o novo arranjo físico - envolve a definição e configuração do espaço físico no qual será instalada a nova disposição das edificações, máquinas, instalações, etc;
2. Definição do arranjo físico geral. - implica no estabelecimento da posição relativa entre as diversas áreas, considerando para tanto, a inter-relação das tarefas e a configuração geral de cada uma dessas áreas. Inicia pela disposição de cada edificação no terreno e conclui com o arranjo físico geral de cada edifício;
3. Definição do arranjo físico detalhado - consiste na definição do espaço destinado a localização de cada máquina e equipamento dentro do arranjo físico geral de cada edifício ou área pré-determinada;
4. Detalhamento, planejamento e implantação do arranjo físico - implica no planejamento detalhado de todos os passos a serem seguidos quando da implantação do novo arranjo físico, preocupando-se inclusive, com a alocação de recursos.

A segunda e terceira fase constam de 5 etapas cada sendo que, cada uma consiste em:

Etapa 1: relacionar o fluxo de materiais baseado no roteiro da produção e, conforme a intensidade de fluxo entre postos ou áreas - definido a partir da quantidade a ser produzida de cada um dos componentes - delinear o grau de importância, em termos de proximidade, desses pontos entre si;

Etapa 2: estabelecer os espaços necessários ao desenvolvimento de cada uma das diversas atividades sendo esses dados levantados a partir da análise de máquinas e equipamentos utilizados na produção, além da análise dos serviços de suporte envolvi-

dos;

Etapa 3: desenhar em escala os vários departamentos ou postos operativos onde, considerando o espaço definido na etapa anterior, são posicionados mais próximos conforme o grau de importância definido na etapa 1. Obtém-se desse modo, o diagrama de inter-relação de espaços;

Etapa 4: distribuir os dados compilados no diagrama de inter-relação de espaços na área disponível, considerando para tanto, as limitações físicas existentes e o grau de importância quanto a proximidade. Cada possibilidade de arranjo será avaliada conforme limitações práticas, o que viabilizará apenas 3 ou 4 alternativas;

Etapa 5: avaliar as diversas alternativas levantadas considerando para tanto, a análise de custos e fatores intangíveis, como por exemplo, os métodos de transporte de materiais ou recursos de armazenagem.

Observando a descrição das etapas acima percebe-se que um ponto relevante desse método é a definição do grau de importância em termos de proximidade dos diversos postos. Pelo método SLP, as intensidades de tráfego são classificadas em seis grupos:

- A - Absolutamente necessário
- E - Especialmente importante
- I - Importante
- O - Pouco importante
- U - Desprezível
- X - Proximidade indesejável.

Para a realização da classificação não há regras fixas, devendo apenas prevalecer o bom senso. Richard Muther explica que há uma certa tendência em classificar grande parte das ligações entre postos como sendo Absolutamente Necessário. Assim, para evitar falhas dessa natureza recomenda que cada um dos grupos englobe percentuais crescentes das inter-relações. Como exemplo poder-se-ia ter: A - 2 a 5%

E - 3 a 10%



I - 5 a 15%

O - 10 a 25%

Aproveitando essa mesma classificação, deve ser realizado o ordenamento de fatores intangíveis e que, até então, não haviam sido considerados, ou que haviam sido relegados a um segundo plano. Nesse caso, podem ser incluídos os postos nos quais o processo produtivo tem materializado o seu ponto de partida e o de chegada os quais, devem estar próximos ao almoxarifado. Pode ser considerada a existência de restrições quanto ao posicionamento de equipamentos próximos ou contíguos a outros e por aí afora.

#### b. Proposição de James M. Apple

É um sistema proposto por James M. Apple em seu livro (02) sem, no entanto, preocupar-se com a apresentação do sistema como tal pois apresenta-o como procedimento lógico e ordenado. É apresentado como um guia que conduzirá a análise de todos os aspectos envolvidos na formulação das alternativas e que pode ser seguido?

Consta de 10 fases:

01. Procura e análise de dados fundamentais - torna conhecido e documentado alguns dados importantes, como por exemplo, o projeto do produto, componentes desse produto, processo de produção de cada um desses componentes, volume de produção, capacidade produtiva necessária, espaço requerido, etc;

02. Determinação do fluxo preliminar de materiais - tendo conhecido o processo produtivo parte-se para a definição prévia do fluxo de materiais entre postos operativos ou de e para pontos de armazenagem;

03. Consideração acerca dos fatores que afetam o fluxo de materiais - deve ser feito levantamento acerca dos fatores que influem no fluxo final de materiais. Dentre esses fatores, pode-se ressaltar alguns, tais quais as condições de operação, tipo da edificação, meios de transporte interno, áreas destinadas a movi-

mentação de pessoal, locais de armazenagem de materiais, condições ambientais, etc;

04. Planejamento detalhado do fluxo de materiais - consiste na definição, passo a passo, do processo de produção, considerando agora todos os fatores que influem no fluxo produtivo;

05. Planejamento dos métodos de transporte de materiais - implica na seleção dos métodos e, em alguns casos, dos tipos de equipamentos que serão utilizados para o transporte interno de materiais;

06. Planejamento da área de operações e trabalho - nesse ponto, cada posto operativo, área necessária, processo empregado, etc., deve ser planejado em detalhes;

07. Coordenação das atividades de planejamento - deve ser realizada a integração dos diversos processos produtivos, sendo esses processos relativos a cada um dos diversos postos operativos;

08. Proposição do arranjo físico - definida a correlação entre os diversos postos operativos e a respectiva integração, parte-se para a definição final do arranjo físico;

09. Avaliação do arranjo físico - estando o arranjo físico definido resta a avaliação do mesmo. Essa avaliação pode consistir na confrontação das vantagens e desvantagens relativas a cada uma das alternativas;

10. Instalação do arranjo físico - consiste em detalhar todas as tarefas envolvidas e que serão executadas quando da instalação do novo arranjo físico.

### 2.7.2 Métodos

Os métodos apresentados a seguir, têm a finalidade de direcionar a obtenção de alternativas de arranjo físico necessi-

tando para tanto de dados relativos ao fluxo produtivo e quantidade a ser produzida de cada um dos componentes. Facilitam a geração de alternativas economizando, desse modo, bastante tempo e esforço criativo. Não se configuram como metodologias por não definirem os passos a serem seguidos desde a etapa de levantamento de dados até a etapa de implantação da alternativa escolhida.

Pode-se classificar os métodos de determinação do arranjo físico em empíricos e computacionais. Em primeiro lugar, serão apresentados dois métodos empíricos e, a seguir, serão vistos três dos mais importantes métodos computacionais. Esses métodos apresentados não esgotam a literatura acerca do assunto, mas permitem ter uma idéia sobre a finalidade dos mesmos.

#### a. Método dos Elos

Apresentado por Julio Albertoni (01) na forma de artigo. Baseado na determinação do melhor posicionamento dos postos de trabalho e respectivas interligações (elos). Parte de uma priorização prévia da proximidade para a definição final do arranjo físico sendo que, o objetivo é minimizar o caminho percorrido pelos vários produtos durante o processo de fabricação. Essa priorização é definida com base na intensidade de fluxo entre postos operativos. Considera para tanto, o fluxo produtivo entre postos operativos e a correspondente quantidade de peças que circulam entre os mesmos. Define as intensidades e, conforme o maior volume de tráfego, procura aproximar os postos cuja inter-relação é mais intensa, deixando para ocupar o espaço restante com aqueles postos cuja utilização não é tão frequente.

Estando definida a proximidade dos diversos postos produtivos parte-se para a distribuição dos diversos equipamentos, máquinas e áreas de serviço dentro da área disponível, respeitando, para tanto, as limitações físicas existentes.

## b. Método das Sequências Fictícias

Apresentado por Cyro Eyer do Valle (29). É um método baseado na determinação da sequência produtiva mais geral, geralmente fictícia, mas que abrange a grande maioria dos produtos sendo, portanto, baseada nos vários ciclos de fabricação. Essa sequência determinada será, então, a adotada como padrão, e servirá como guia à formulação das alternativas.

Para a utilização desse método é necessário que seja conhecido o fluxo produtivo de cada uma das peças. Conhecidos esses fluxos, parte-se para a determinação de um fluxo produtivo que seja representativo de todos os fluxos levantados. Estabelece-se assim, a sequência geral de operações, a qual, não deve comportar retorno de material. Essa sequência, em função dessa imposição, é geralmente fictícia.

Estando definida a sequência a ser seguida, parte-se para o arranjo físico, o qual apresentará, na maioria das vezes, o aspecto de uma linha de produção já que os equipamentos serão dispostos em linha.

## c. ALDEP (Automated Layout Design Program)

É um algoritmo que foi desenvolvido por Seehof e Evans e apresentado por Francis & White (11). É um programa destinado basicamente à geração de alternativas, podendo, no entanto, ser utilizado como um programa destinado ao aprimoramento de arranjos físicos já existentes. Para tanto, pode construir um arranjo físico sem que seja necessária uma solução inicial como ponto de partida. Definida essa primeira opção, passa a gerar algumas outras alternativas que serão comparadas com a inicial ou com alguma outra que tenha substituído a inicial.

Baseia-se em um Diagrama de Relações, o qual é organizado a partir do conhecimento do grau de relacionamento entre departa-

mentos, baseado na localização prévia das atividades consideradas. É necessário o conhecimento das dimensões do espaço disponível, número e área de cada um dos departamentos ou postos operativos, dimensões externas do edifício industrial e de suas características especiais como passagens, vãos de escadas, etc. Requer o conhecimento do valor mínimo do grau de relacionamento do arranjo físico como um todo. Esse valor será utilizado como ponto de comparação com o valor que é obtido a partir do somatório dos valores numéricos dos diversos graus de relacionamento o qual, deverá ser maior do que o valor mínimo.

#### d. CORELAP (Computerized Relationship Layout Planning)

É um algoritmo que foi desenvolvido por Lee & Moore e encontra-se descrito por Francis & White (11). Foi projetado com o objetivo de ser compatível com a metodologia SLP.

É baseado no grau de relacionamento entre os departamentos. As informações inicialmente requeridas são os dados que devem ser coletados para que se possa construir o Diagrama de Relações, no qual estão explicitadas as relações entre atividades e departamentos, bem como os requisitos de área correspondente.

A rotina do método começa investigando qual atividade apresenta o maior grau de relacionamento. Para tanto, são comparados os totais das relações de proximidade de cada atividade com as demais e, aquela que apresentar o mais alto índice é selecionada e colocada em primeiro lugar na matriz do arranjo. Esta atividade é chamada Campeã. A seguir, é selecionada uma atividade que deva estar próxima a Campeã e que deverá ser colocada nas adjacências. Prossegue investigando as relações remanescentes para outras atividades, as quais serão colocadas tão próximas quanto o grau de relacionamento o indique. Tal procedimento é repetido, considerando as prioridades de relacionamento, em ordem decrescente, até a indicação da prioridade não desejável.

e. CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique)

É um algoritmo que foi desenvolvido por J.C. Armour e Elwood S. Buffa sendo apresentado por Francis & White (11). Pode ser aplicado a qualquer problema que opere com custo de movimentação proporcional à distância percorrida, já que está baseado na minimização desses custos.

Parte de uma solução inicial, que pode ser um arranjo existente em casos de reorganização ou de uma solução qualquer, no caso de uma nova instalação. Assim, gera soluções alternativas aprimoradas, requerendo, como dados de entrada, as informações acerca dos fluxos interdepartamentais, os custos de movimentação e a solução inicial. O programa calcula o custo de transporte para a solução inicial e segue efetuando trocas alternadas entre dois departamentos, até encontrar a solução de menor custo.

### CAPÍTULO III

## 3. ELABORAÇÃO DE UMA METODOLOGIA PARA ALTERAÇÃO DO ARRANJO FÍSICO DO SETOR PRODUTIVO DE PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS

### 3.1. INTRODUÇÃO

Seguindo a organização do trabalho parte-se para a apresentação da metodologia desenvolvida. São apresentados, e devidamente detalhados, todos os passos a serem seguidos.

Previamente à aplicação dessa metodologia, cabe ressaltar a necessidade de cumprimento de um pré-requisito:

- a participação das pessoas relacionadas ou atingidas pelo processo de mudança previsto.

O processo de envolvimento das pessoas com o serviço a ser executado, permitirá a sugestão de novas idéias além de facilitar sobremaneira a aceitação futura da alteração a ser implantada. É de praxe que se explique o que se está pretendendo obter, o que poderá evitar que algumas pessoas procurem esconder detalhes temendo que os mesmos venham a ser utilizados de forma a atingir a sua estabilidade no cargo. É exatamente a partir do envolvimento das pessoas que o trabalho tenderá a fluir de maneira agradável e sem empecilhos inesperados causados por determinadas atitudes. Nunca é demais lembrar que uma postura aberta, solicitando opiniões, tem maior probabilidade de obter sucesso, do que simplesmente tentar vender uma solução já pronta.

### 3.2 A METODOLOGIA PROPOSTA

A metodologia proposta consta de seis fases:

1. Levantamento da Expectativa de Alterações;
2. Definição dos Objetivos;
3. Documentação do Sistema;
4. Formulação de Alternativas;
5. Escolha da Melhor Opção;
6. Planejamento e Acompanhamento da Implantação.

O melhor modo de compreender essa Metodologia é visualizá-la como um todo, inicialmente de uma maneira mais abrangente e, em seguida, detalhadamente cada uma das fases envolvidas. Essa visualização configurar-se-á através de um fluxograma o qual representa o encadeamento lógico de cada uma dessas fases. Este fluxograma está apresentado na figura 3.1.

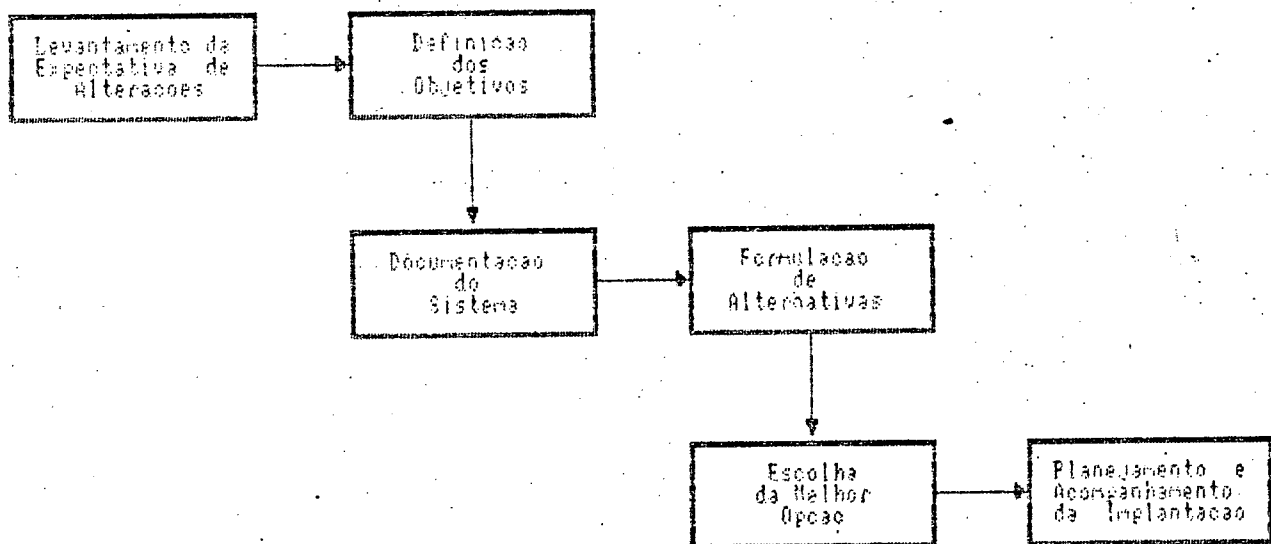


Figura 3.1 - Fluxograma da metodologia proposta

Tendo sido visualizada a idéia geral da metodologia, fica facilitada a tarefa de compreender cada uma das atividades envolvidas em cada uma das fases. As diversas fases, incluindo suas respectivas tarefas, serão descritas, uma a uma, a seguir.



### 3.2.1 Fase 1. Levantamento da Expectativa de Alterações

Essa etapa consiste na análise da situação atual e na determinação das expectativas da empresa com relação ao seu crescimento e expansão, sendo dada ênfase ao sistema de produção vigente.

O algoritmo para o cumprimento desta etapa está representado na figura 3.2 abaixo.

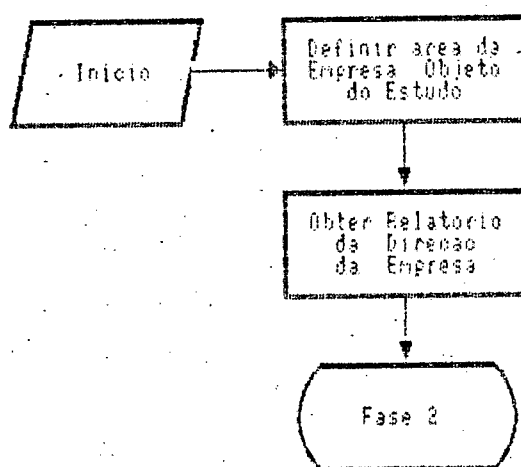


Figura 3.2 - Fluxograma da fase 1: Levantamento da Expectativa de Alterações

Definida a área-objeto do trabalho a ser desenvolvido, o analista deverá obter junto ao corpo diretivo da empresa um relatório contendo os objetivos e metas da produção. Esse relatório não precisa seguir um padrão formal de apresentação podendo ser um questionário, um formulário ou um relatório propriamente dito, onde o formato fica a critério do analista, conforme suas necessidades. O que efetivamente importa é que contenha as seguintes informações:

- quais produtos serão mantidos e quais sofrerão alguma modificação ou serão eliminados da linha de produção;
- em quais linhas poderá haver alguma alteração na capacidade produtiva instalada em função de uma expectativa de ampliação no volume de vendas;

- qual o volume estimado de produção de cada um dos produtos;
- em quais linhas, do ponto de vista da competição de mercado, é desejada a redução de custos;
- qual a verba disponível à revisão do arranjo físico;
- se haverá reposição e/ou aquisição de equipamentos (equipamentos já adquiridos aguardando apenas a entrega);
- qual a expectativa de expansões futuras.

Além dessas informações, será interessante entender a importância que é dada a qualidade do produto, número de pessoas integrantes do quadro de funcionários, descentralização da produção e realocização da mesma. Agora, para evitar dispersão, é recomendável saber reconhecer e armazenar as informações que estão ligadas à situação e que influirão na análise e proposição de soluções e que, portanto, serão merecedoras de atenção.

Estando o analista com as informações à sua disposição, ele passa a estar habilitado a iniciar o estudo já que estará sabendo como e quando renovar os meios de produção, arranjo físico e edificações a fim de atingir, a curto prazo e do melhor modo possível, os objetivos de longo prazo da produção.

### 3.2.2 Fase 2. Definição dos Objetivos

O fluxograma que corresponde a esta fase está representado na figura 3.3.

Todo o trabalho que é executado sem a definição explícita dos objetivos a serem atingidos será um empreendimento com alta probabilidade de tornar-se um insucesso. São os objetivos que servirão como fatores motivadores ao desenvolvimento do trabalho bem como de parâmetro de comparação entre as diversas soluções propostas e viáveis, facilitando assim, a definição daquela que melhores resultados trará.

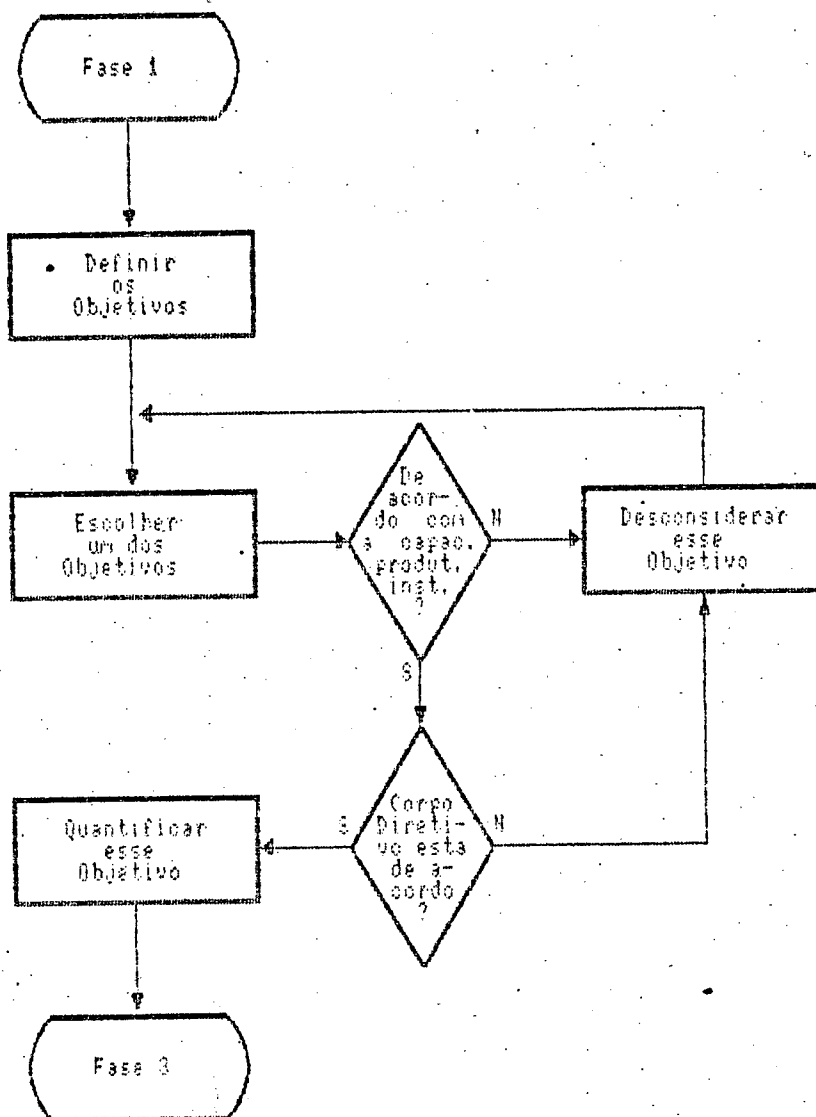


Figura 3.3 - Fluxograma da fase 2: Definição dos Objetivos

A importância da definição dos objetivos torna-se ainda mais evidente ao verificar que para o alcance dos objetivos especificados é requerida, invariavelmente, a realocação de algumas atividades produtivas e realocação do espaço disponível, construção de mezzaninos ou instalação de equipamentos mais adequados ao transporte de materiais. Todas essas tarefas envolvem a aplicação de recursos financeiros os quais são, por natureza, escassos e caros devendo portanto, ser racionalizada a sua aplicação. É assim que, somente após o alcance de todos os objetivos, a análise das condições e ter sido executada uma análise substancial de custos, é que os recursos deverão ser liberados para a consecução do projeto.

A definição de objetivos deverá levar em conta alguns fatores limitadores ligados à situação da empresa e de sua direção, ou seja, devem ser coerentes com as condições da empresa. Assim, os objetivos a serem especificados devem, em consequência, atender a dois requisitos básicos:

- coadunar com as expectativas do corpo diretivo. Desse modo, só serão considerados como objetivos definitivos aqueles que passarem pelo crivo do corpo diretivo. Fica assim facilitada a aceitação das propostas a serem formuladas;
- serem compatíveis com a capacidade produtiva instalada, no caso em que não é desejada a expansão física dessa capacidade.

Tendo em mente os fatores acima expostos, o analista deverá empenhar-se visando definir os objetivos a serem atingidos onde os mais típicos a serem definidos em uma revisão de arranjo físico são:

- movimentação mínima de materiais;
- redução no volume de produtos em processo;
- incremento nas condições de trabalho;
- melhorar a ocupação do espaço disponível;
- maximização da flexibilidade dos meios de produção;
- manutenção da consistência entre a flexibilidade e a produção a baixos custos;
- flexibilidade do arranjo físico.

Para que os objetivos estipulados possam ser utilizados posteriormente como parâmetros de comparação entre as alternativas propostas, eles devem ser quantificados. Serão mensuráveis através da atribuição de um grau a cada patamar de satisfação do objetivo até o atingimento do mesmo na sua plenitude. Tem-se assim, a redução da influência do subjetivismo que poderá ocorrer quando da análise dos pontos fortes e fracos de cada uma das alternativas.

Alguns dos objetivos acima citados podem ser obtidos de um modo indireto a partir da definição de um único objetivo: a redução e racionalização do espaço a ser percorrido pelas peças em

processo. No entanto, independentemente do objetivo especificado, não pode ser esquecido que as condições endógenas e exógenas ao sistema irão se alterar com o tempo, já que os fatores que influem nas condições estão em constante mutação. Essas alterações poderão afetar o arranjo em maior ou menor grau, o que poderá influir de modo decisivo na adequação ou não do arranjo físico ao momento. Em vista desses fatos é que não pode ser esquecido de considerar a necessária flexibilidade.

O arranjo físico deve ser flexível a ponto de poder adaptar-se às alterações do produto e avanços tecnológicos, para que possa acompanhar as mutações e reduzir as possibilidades da obsolescência precoce, além de permitir uma fácil expansão da capacidade produtiva ou aumento no volume produzido. Entretanto, não pode ser esquecido que a desejada flexibilidade não é tão ampla quanto o esperado já que depende de fatores outros como:

- a natureza do produto;
- o tipo de processo utilizado;
- o tipo de mercado para o qual os produtos estão dirigidos.

A flexibilidade das instalações produtivas pode, em parte, ser obtida:

- pela seleção de equipamentos universais os quais podem executar uma enorme gama de operações com os tipos básicos de ferramentas;
- com a utilização de equipamentos que apresentam mobilidade ou possam ser facilmente deslocados e reinstalados;
- com a implantação de linhas de serviço aparentes ou correndo em canaletas ao nível do piso;
- com a conservação do arranjo físico livre de pontos fixos, permanentes ou especialmente executados.

### 3.2.3 Fase 3. Documentação do sistema

Na fase 1 foi realizado um levantamento prévio de algumas informações que serão de grande valia ao longo do desenvolvimento

do trabalho. As informações ali definidas, em decorrência de seu caráter informativo, são insuficientes para a realização do conjunto de tarefas propostas. Para a alteração do arranjo físico é necessário complementar o levantamento feito onde a amplitude desta complementação de informações pode variar conforme a maior ou menor necessidade dos mesmos quando da resolução da tarefa de alteração do arranjo físico.

Este levantamento de dados envolverá algumas etapas bem definidas, as quais serão:

1. definição e levantamento dos dados;
2. racionalização de cada um dos dados (otimização);
3. documentação.

De uma maneira global, essa fase será iniciada com o levantamento de dados que propiciarão subsídios à execução do trabalho. Em seguida a esse levantamento, será feita uma racionalização dos mesmos, ou seja, para a execução só serão utilizados os que refletem as melhores condições de execução das tarefas inerentes ao processo. Por questões de organização e redução da possibilidade de extravio, os dados levantados e racionalizados deverão ser documentados. Para tal, serão utilizados documentos apropriados os quais, seguirão uma padronização técnica, por questões de universalização das informações.

O fluxograma que corresponde a esta fase está representado na figura 3.4.

#### Etapa 1 - Definição e levantamento dos dados

Por questões de otimização do trabalho a ser realizado, antes de executar o levantamento dos dados, devem ser definidos quais serão os necessários. Essa tarefa deverá ser feita a partir de uma análise acurada do que influenciará em maior ou menor grau nos resultados futuros. Outrossim, deverá considerar aqueles dados que permitirão atingir os objetivos propostos além daqueles que auxiliarão quando da formulação das possíveis alternativas para o caso sob análise.

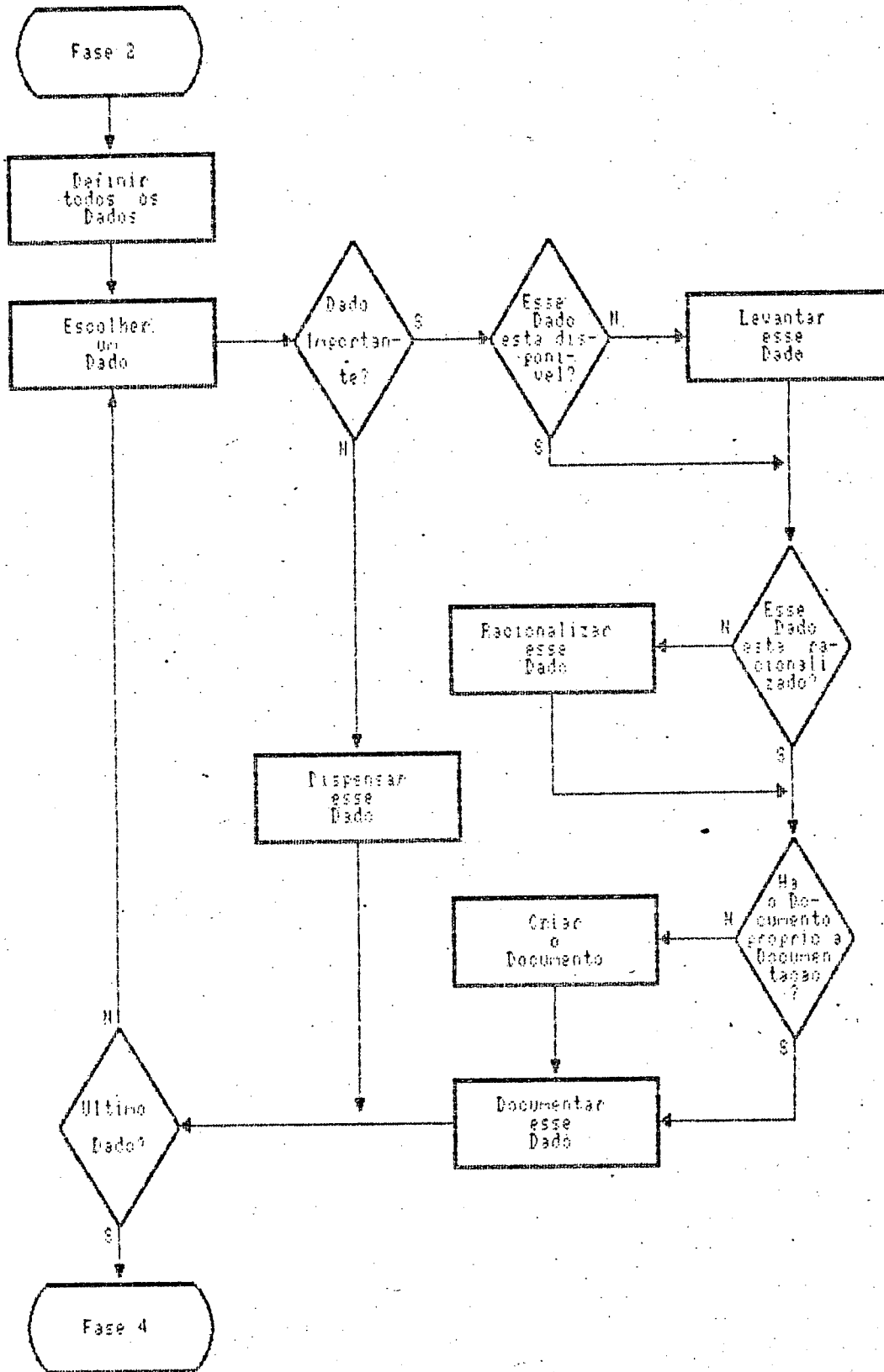


Figura 3.4 - Fluxograma da fase 3: Documentação do Sistema

Basicamente, os principais dados podem ser agrupados em 4 grupos distintos:

- produto;
- processo produtivo;
- arranjo físico atual;
- planilha de custos.

Esses são os dados que, de uma maneira geral, mais influenciam na definição do arranjo físico. No entanto, não significa que sejam os únicos. Há dados cuja importância é específica ao caso sob análise e que, do mesmo modo que os acima citados, deverão ser considerados.

#### a. Produto

O primeiro item a ser considerado e conhecido é o produto em si e seus diversos componentes, já que a natureza do produto e o volume a ser produzido determinam o processo a ser seguido, incluindo aí as suas peculiaridades. Assim, na fase de documentação do sistema deverá ser realizada uma boa apreciação do projeto do produto.

É sabido que a grande maioria dos produtos é composta por um agrupamento ordenado de sub-conjuntos. Esses, por sua vez, são oriundos do agrupamento, também ordenado, de componentes, os quais, são representados conforme desenhos técnicos.

Cada componente deve ser representado por um desenho o qual, deverá conter todas as especificações pertinentes como por exemplo, as dimensões principais com respectivas tolerâncias, acabamento desejado, dureza superficial com correspondente profundidade de dureza, etc. Além desses desenhos dever-se-á ter em mãos uma listagem completa dos diversos componentes do produto.

Essa listagem deve conter meios que propiciem o reconhecimento dos componentes que são produzidos internamente e aqueles que são adquiridos junto aos fornecedores. De um modo preliminar,



são descartados de uma análise os componentes que não são produzidos internamente haja visto não participarem do processo produtivo, entrando apenas quando da montagem dos sub-conjuntos ou produto final. Essa seleção reduzirá o trabalho relativo ao conhecimento do produto já que apenas os componentes que participam do processo produtivo serão considerados.

Além desse reconhecimento técnico deverá ser realizado um levantamento acerca da funcionalidade do produto, suas características e público-alvo. Compreende-se desse modo o relacionamento da indústria com o mercado além de ampliar os conhecimentos acerca das necessidades de consumo e grau de exigência relativo à qualidade do produto por parte do consumidor. Esse reconhecimento final poderá ser feito de maneira informal através de uma conversa com o Gerente de Vendas, por exemplo.

#### b. Processo Produtivo

Estando familiarizado com o produto parte-se para o conhecimento do processo produtivo. Esse conhecimento envolve uma análise das operações já que um estudo para alteração de arranjo físico ou expansão da capacidade produtiva fica sem sentido se não for feita, previamente, uma análise das operações dos principais postos operativos. Sem essa análise, corre-se o risco de realizar algumas adições ou alterações desnecessárias.

Convém lembrar ainda que, além da determinação do processo produtivo como um todo, é interessante que seja determinado como se dá o relacionamento entre o Setor Produtivo e os demais setores da empresa. Assim, dentre os dados a serem apurados podem ser destacados os seguintes:

- como ocorre o controle hierárquico da divisão;
- de que modo é executado o planejamento e controle da produção;
- qual a capacidade produtiva instalada;
- quais os métodos produtivos empregados;
- como é executado o transporte interno de materiais;

- de que modo é definido o que e quanto manter em estoque;
- como está organizada a inspeção a ser realizada pelo Controle de Qualidade;
- identificação das máquinas e equipamentos do setor produtivo;
- qual o tempo produtivo e improdutivo para a produção de cada peça;
- qual o nível de qualificação da mão-de-obra.

Para a realização da análise de operações deve-se utilizar a Folha de Processo de Fabricação (anexo 3), o Diagrama de Fluxo (anexo 4) e o Diagrama do Fluxo Produtivo (anexo 5). Esses documentos são importantes haja visto serem as ferramentas básicas para a definição do arranjo físico pois traduzem, em uma linguagem simples, todo o processo produtivo.

Esses diagramas podem ser preparados com pequena dificuldade para empresas que fabriquem produtos padronizados haja visto o processo produtivo já estar estipulado. Para empresas que produzem sob encomenda, entretanto, o preparo de diagramas se dará em função do número de operações similares. Esse trabalho requer o acúmulo de dados levantados nas programações anteriores. Essas ordens de produção são então estudadas e classificadas em categorias conforme a similaridade ou igualdade nos processos de produção. A tabulação destas poderá indicar que três, quatro ou cinco tarefas são responsáveis por uma larga percentagem das peças produzidas. Haverá também muitas tarefas que se apresentarão como pouco corriqueiras e que por isso, serão classificadas em categorias apropriadas. Assim, é usualmente suficiente para o estudo de um arranjo físico o emprego de diagramas genéricos daquelas categorias de operações que representam uma larga porção do trabalho medido em trabalho direto ou custo horário.

### c. Arranjo Físico Atual

O analista deve possuir dados suficientes acerca do arranjo físico atual além de conhecer quais os equipamentos existentes

e disponíveis. Deve conhecer também como e onde estão dispostos todos esses equipamentos ou máquinas. Para tanto deve ter em mãos a planta baixa do setor produtivo, planta de localização dos equipamentos e uma planta com os dados acerca da edificação. O analista pode ainda obter o desenho estrutural da edificação incluindo as linhas ou rede de serviços (água, vapor, drenos, ar comprimido, energia elétrica, etc).

Caso não haja, deverá ser elaborado um formulário no qual estejam listadas, para cada máquina ou equipamento, a área total, com respectivas dimensões considerando para tanto a área de projeção do equipamento na sua situação mais desfavorável, para depósito intermediário, para a circulação do operador, para a alimentação de peças e a área necessária à manutenção do equipamento. Será a Folha de Equipamentos (anexo 2).

Além desses dados, deve possuir também, dados acerca do ambiente de trabalho como por exemplo, como é realizada a circulação de ar e ventilação do ambiente, de que maneira é efetuada a iluminação dos postos de trabalho, etc.

#### d. Planilha de Custos

O analista deve possuir uma planilha de custos realista e que permita comparações futuras a fim de que possa ser realizada uma avaliação do trabalho executado e verificar se houve redução nos custos unitários o que, implicitamente, é um dos grandes objetivos das empresas.

O analista deve estar ciente dos custos necessários à realização da modificação onde os mesmos deverão estar sendo constantemente levantados. Os lucros e economias a serem obtidos com cada uma das modificações são sempre comparados com o custo total incorrido quando da implantação das modificações.

Certos tipos de apontamentos de custos compilados pelo departamento de Custos ou pelo setor de Engenharia Industrial, ou

Produção, são meios viáveis para o direcionamento econômico da simplificação das tarefas e esforços para a redefinição do arranjo físico. É assim que todas as decisões acerca do arranjo físico devem ser baseadas em considerações acuradas de custo. Sabe-se que cada empresa tem um fator de produção que influencia mais decisivamente na composição dos custos. Pode-se, desse modo, trabalhar apenas com esse dado e, ao final, considerar os demais itens componentes do custo.

## Etapa 2 - Racionalização de cada um dos Dados (otimização)

É uma etapa onde vai ser feita a racionalização de cada um dos dados que serão utilizados. Não é suficiente o fato de simplesmente levantar os dados e documentá-los. É natural que em um processo produtivo existam uma série de pequenas imperfeições. Assim, antes de propor alguma modificação profunda no arranjo físico de uma empresa é interessante otimizar as condições atuais o que permitirá uma comparação mais realista entre as novas alternativas que serão propostas e a situação atual..

Essa racionalização deverá refletir as melhores condições de utilização dos fatores de produção e, apenas os resultados advindos desse procedimento, deverão ser então documentados e tomados como verdadeiros.

A racionalização que deverá ser realizada consiste na definição dos melhores meios de executar uma dada tarefa considerando para tanto os meios hora disponíveis. É sabido que, devem ser utilizados, de um modo bastante eficiente, todos os recursos disponíveis tendo em vista a sua escassez onde, somente após terem sido esgotadas todas as tentativas de melhoramento na utilização desses recursos é que se deverá dispor de outros meios. Tal racionalização consiste por ex., em definir qual a melhor velocidade, avanço, profundidade de corte e ferramenta indicada para a usinagem de determinada peça. Consiste ainda na definição de qual equipamento disponível é o mais indicado para a usinagem dessa mesma peça incluindo ainda eventuais equipamentos do setor produ-

tivo que poderiam substituí-lo quando de uma eventual impossibilidade de utilização.

Essa racionalização não deverá ficar, necessariamente limitada ao processo produtivo devendo estender-se a todos os dados que venham a ser utilizados.

#### a. Produto

A princípio, os dados técnicos são os que realmente interessam ao analista. Poder-se-á considerar que esses dados já estão devidamente racionalizados, tendo em vista que essa tarefa, no caso de uma departamentalização rígida da organização, cabe ao Departamento de Produto. Essa é uma tarefa que não faz parte do escopo de atribuições do analista. No entanto, desde que se possua alguma experiência nessa área, nada impede, que se emita opinião acerca de alguns pontos que possibilitem a otimização de alguns dos componentes.

Poderão ser feitas algumas sugestões ao responsável pelo projeto do produto. Essas sugestões poderão envolver a padronização de matérias-primas, dimensões, acabamentos, etc.

#### b. Processo Produtivo

Auxiliado pela utilização das folhas definidas na etapa 1, item b, o analista irá estudar o fluxo de trabalho de um modo global e analisar o processo produtivo a fim de propiciar melhorias, tendo como objetivo a obtenção de um arranjo mais eficiente dos equipamentos e máquinas utilizados. É com o auxílio dessas cartas que o analista irá estudar o fluxo de trabalho através do arranjo físico e analisar o processo produtivo a fim de melhorá-lo.

O resultado de uma análise das operações que estão explicitadas na Folha de Processo de Fabricação pode ser a primeira razão para levar avante um estudo de alteração do arranjo físico. Muitas alterações rentáveis resultam da análise cuidadosa das operações realizadas em postos-chave do setor produtivo. O analista deve adotar uma posição de questionamento de cada atitude e examinar cada detalhe ligado à operação. Essa análise apresenta, geralmente, um custo elevado e, por essa razão, justifica-se para os postos-chave. Assim, os postos que devem sofrer uma análise mais rigorosa são:

- postos cuja operação é altamente repetitiva;
- postos com alta capacidade produtiva;
- postos que são considerados como "gargalos" da produção.

Deverá levar avante uma análise não só dos postos-chave como também das operações mais caras da produção. Assim o será para evitar que algum esforço seja dispendido com o estudo de postos cujo grau de ocupação seja baixo (capacidade produtiva instalada alta para as necessidades alocadas), já que os benefícios advindos poderiam ser desprezíveis quando comparados com os advindos da racionalização e aumento da taxa de ocupação de postos-chave (pontos de "gargalo" da produção). Esses postos, se devidamente otimizados, possibilitarão o aumento do volume produzido. Essa análise, também em primeira instância, deverá ser estendida aos postos mais caros já que toda a otimização que for realizada nestes implicará em redução do custo unitário de produção e eventual aumento no volume produzido.

A análise de operações aumenta a produtividade do setor produtivo pela adoção de métodos mais atualizados de produção, através da substituição ou remodelamento do maquinário existente, pela utilização de equipamentos de transporte mais eficazes, e definição do arranjo físico a partir de um ciclo de trabalho mais bem explicitado. Tal análise de operações poderá detectar operações desnecessárias ou pouco eficientes e simplesmente eliminá-las ou substituir por outras o que geraria um aumento na produtividade. Assim, esse aumento da produtividade se dará sem que haja a necessidade de realizar um investimento significativo.

Essa racionalização poderá ser materializada através da:

- redução dos tempos improdutivos através do projeto de dispositivos que possibilitem maior rapidez no preparo dos equipamentos, na troca de ferramentas ou na aferição do que está sendo produzido;
- adoção de métodos produtivos mais atualizados;
- utilização de equipamentos de transporte mais ágeis;
- eventual alteração do projeto do produto;
- redução das tarefas improdutivas;
- troca dos equipamentos a utilizar.

Somente após o processo produtivo ter sido melhorado e racionalizado através de uma utilização mais eficiente dos equipamentos existentes é que pode ser determinado o modo mais acurado de substituição de equipamentos, e quais máquinas, meios de transporte ou outros equipamentos devem ser adquiridos e como a edificação deve ficar, de tal modo a permitir o alcance de maior eficiência na obtenção dos produtos finais. No entanto, para que essa análise seja melhor fundamentada é importante que seja acompanhada de um estudo custo x benefício. Sem esse estudo poder-se-ia incorrer na escolha de alternativas cujo custo seria demasiado elevado se comparado com os benefícios advindos dessa decisão.

Desde que o objetivo de uma análise de operações é desenvolver o método de execução das operações, poder-se-ia pensar que um estudo de tempos e movimentos deve ser realizado previamente. Tal estudo, entretanto, não é o primeiro passo a ser seguido. Se o fosse, análises e alterações posteriores de outros fatores envolvidos no ciclo produtivo - matéria-prima utilizada, requisitos de inspeção, ferramental e equipamentos de transporte - poderiam tornar o novo ciclo obsoleto ou poderiam, até mesmo, eliminar completamente a operação. Assim, o analista deve seguir uma sequência lógica de estudo dos fatores que afetam a operação, tal qual abaixo apresentada:

- especificação do material;
- a razão da operação;
- todas as outras operações executadas sobre o material ou componente (transporte e alimentação);

- requisitos de inspeção e padrões de qualidade;
- métodos de manuseio e transporte do material em processo;
- novos equipamentos, máquinas e ferramentas;
- estudo de tempos e movimentos e arranjo físico do posto de operação;
- arranjo físico do setor produtivo como um todo.

### Etapa 3 - Documentação

O acesso aos dados deveria ser feito através de documentos, os quais, deveriam ser o retrato fiel da situação sob análise. No entanto, é comum deparar-se com a falta desses documentos nos arquivos da empresa, seja devido a desatualização dos dados neles contidos, seja devido a falta de interesse em criar os documentos, processar e documentar os dados.

É detectado, em decorrência dessa inexistência, o empirismo e improvisação nas atividades a serem desenvolvidas pelos diversos componentes da força de trabalho. Não há uma definição clara e precisa de que instrumentos utilizar e como realizar dada tarefa o que propicia tempos gastos diferentes, de um operador para outro, para a execução de uma mesma tarefa.

É assim que muitos documentos deverão ser criados e preenchidos utilizando-se para tal, apenas aqueles dados que já passaram pela etapa de racionalização. Isso permitirá a obtenção de um bom resultado final já que os dados neles contidos são atualizados, além de serem o espelho da realidade. Esses documentos são os mesmos já empregados nas etapas 1 e 2.

Muitos dos dados acima apresentados, no entanto, não estão e nem serão documentados devendo, isso sim, que o analista tenha um conhecimento informal acerca dos mesmos. Isso poupará um trabalho desnecessário. No entanto, os dados que se fizerem importantes deverão ser levantados e documentados em formulários próprios a fim de que haja maior facilidade no acesso e manuseio



desses dados. Tais formulários, por serem técnicos, deverão apresentar como características:

- facilidade de acesso às informações nele contidas;
- ser conciso sem ser simplório;
- utilizar uma linguagem corrente no meio técnico;
- representar com fidelidade o assunto referido.

#### 3.2.4 Fase 4. Formulação de Alternativas

O fluxograma que permite a visualização desta fase está representado na figura 3.5.

De posse dos dados e restrições já levantados, racionalizados e documentados parte-se para a formulação de possíveis alternativas ao caso. Essa tarefa envolve e exige manipulação cuidadosa dos dados, visando o alcance das melhores soluções.

Para a formulação das possíveis soluções pode ser empregado qualquer um dos métodos existentes (item 2.7.2). A utilização de um ou de outro método está condicionada a existência, fidedignidade e disponibilidade das informações por ele requeridas. Assim, para cada caso deverá ser feita uma avaliação das vantagens e desvantagens advindas da utilização de cada um dos métodos, baseada no nível de informações disponíveis dentro da empresa em análise.

Independente do método utilizado alguns quadros parecem ser comuns a eles por facilitarem o trabalho com os dados. Dentre esses quadros pode-se ressaltar a necessidade do Quadro de Tráfego (anexo 6). Tal quadro é importante tendo em vista a representação simplificada dos deslocamentos do material em processamento dentro do Setor Produtivo expondo de maneira clara e objetiva o relacionamento entre os postos operativos. Desse modo, uma das primeiras atividades quando da formulação das alternativas é o preenchimento de tal quadro.

Estando esse quadro já preenchido, o analista pode ini-

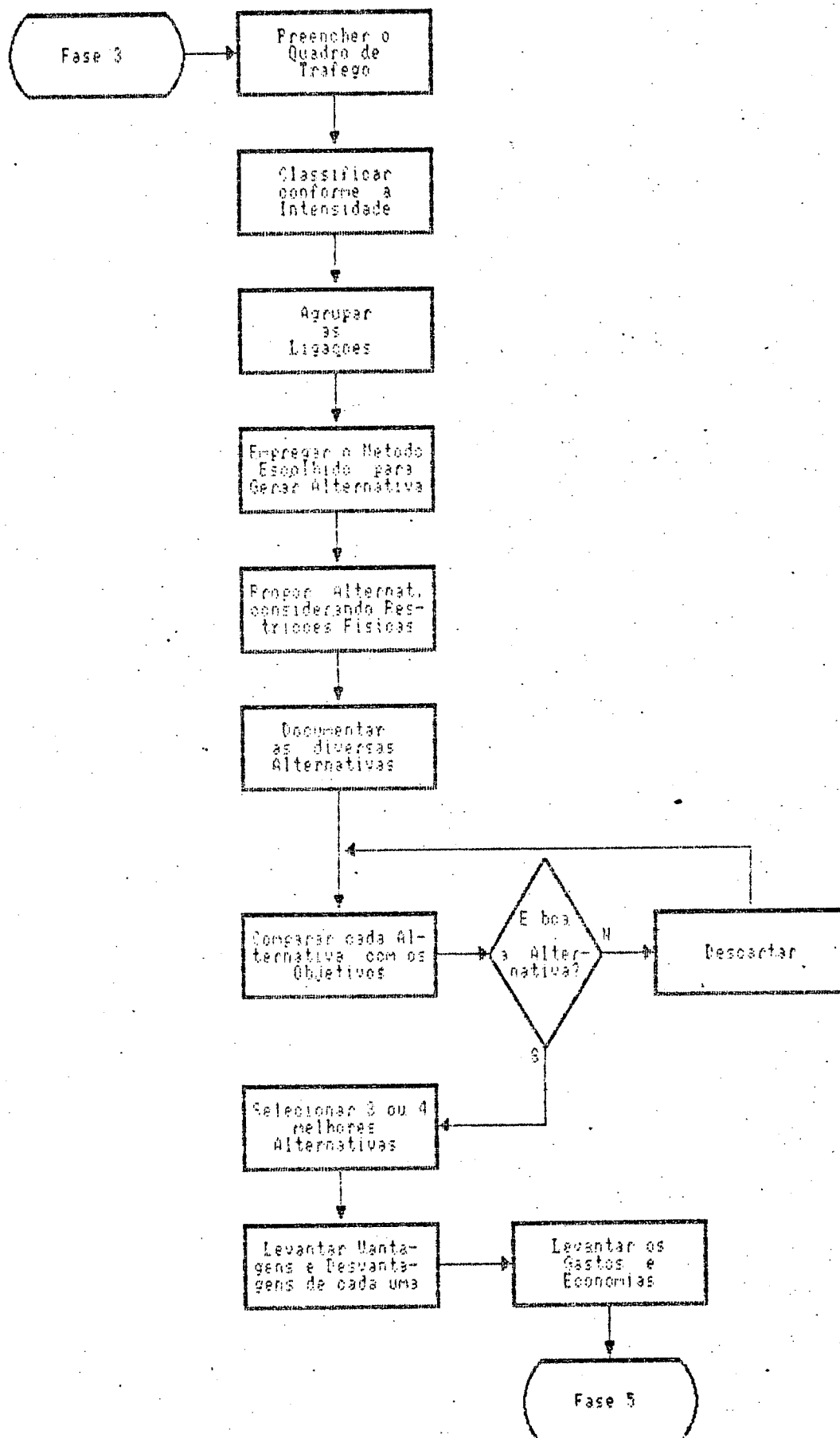


Figura 3.5 - Fluxograma da fase 4: Formulação de Alternativas

ciar, a partir de uma tabulação dos valores relativos ao volume de tráfego entre os postos operativos, a classificação das ligações entre estes postos definindo assim, a importância da proximidade entre estes. Tal atividade facilitará uma pré-definição do arranjo físico final.

A despeito de todo o planejamento e emprego de métodos para a obtenção do melhor arranjo físico que até o momento foi empregado, a proposição final só é definida após intrincado movimento de blocos representativos das diversas áreas ou equipamentos a serem alocados. É feita a movimentação, substituição e rearranjo dos blocos até que uma ou mais soluções satisfatórias tenham sido encontradas. Tal movimentação deve ser realizada para compensar fatores que não tenham sido considerados quando do emprego de algum dos algoritmos já que os mesmos possibilitam apenas a formulação de algumas possíveis soluções desprezando para tanto, algumas restrições pois não há meios de considerar todos os fatores envolvidos os quais, se apresentam em grande número e, além do que, muitos dificilmente poderão ser quantificados por serem intangíveis.

A medida que o processo de geração das alternativas vá se desenrolando, cada uma das alternativas será documentada a fim de evitar o extravio das mesmas. A princípio, poder-se-ia pensar que esse trabalho de documentação será infrutífero em função de uma geração indiscriminada de alternativas, onde estariam misturadas todo o tipo de alternativas. No entanto, praticamente não há a possibilidade de perder trabalho com a documentação de alternativas disparates, já que o método utilizado para a geração sempre irá propiciar uma pré-seleção das melhores alternativas.

Estando de posse de algumas alternativas, parte-se para a comparação de cada uma delas com os objetivos propostos, definindo assim um total de 3 ou 4 melhores alternativas. Tal escolha será baseada no fato de ter sido atingido, com maior ou menor intensidade, os objetivos previamente determinados. Desse modo, reduz-se o número de alternativas que serão analisadas diminuindo assim, o trabalho, além de facilitar o estudo mais acurado das alternativas restantes.

Para cada uma das 3 ou 4 alternativas restantes devem ser relacionadas as respectivas vantagens e desvantagens as quais terão um peso importante quando da definição da alternativa escolhida. As alternativas deverão ser exploradas até que se alcance, do modo mais abrangente, os objetivos despendendo para tanto o menor volume possível de capital com a troca ou aquisição de equipamentos e com a revisão e expansão das edificações. Os dirigentes sempre estarão tentados a indexar ou expandir a edificação a fim de comportar um equipamento adicional adquirido visando a ampliação da produção. Essa solução nem sempre é a mais econômica devido aos altos custos envolvidos além do que, nem sempre é exequível pois o terreno pode já estar completamente ocupado.

Associado à definição das vantagens e desvantagens relativas a cada uma das alternativas devem ser considerados os custos relativos. Serão feitas considerações acerca dos custos envolvidos com a alteração, aquisição e implantação do estipulado em projeto. Serão considerados os investimentos em equipamentos, ampliação do espaço e meios auxiliares de produção, o custo associado ao tempo de parada necessário à implantação da alteração além dos respectivos ganhos com a redução de custos ou aumento de produção.

Essa avaliação da viabilidade econômica da alteração poderá ser simplificada quando houver um rearranjo simples, sem que sejam feitos investimentos em ampliação da edificação, em novos equipamentos quando então, serão considerados apenas os custos com eventuais reparos, tempo de parada da produção e economias advindas dessa alteração.

### 3.2.5 Fase 5. Escolha da Melhor Opção

O fluxograma que simboliza esta fase está representado na figura 3.6.

Não se pode afastar da idéia que o melhor arranjo físico será aquele que atender de um modo mais abrangente todos os obje-

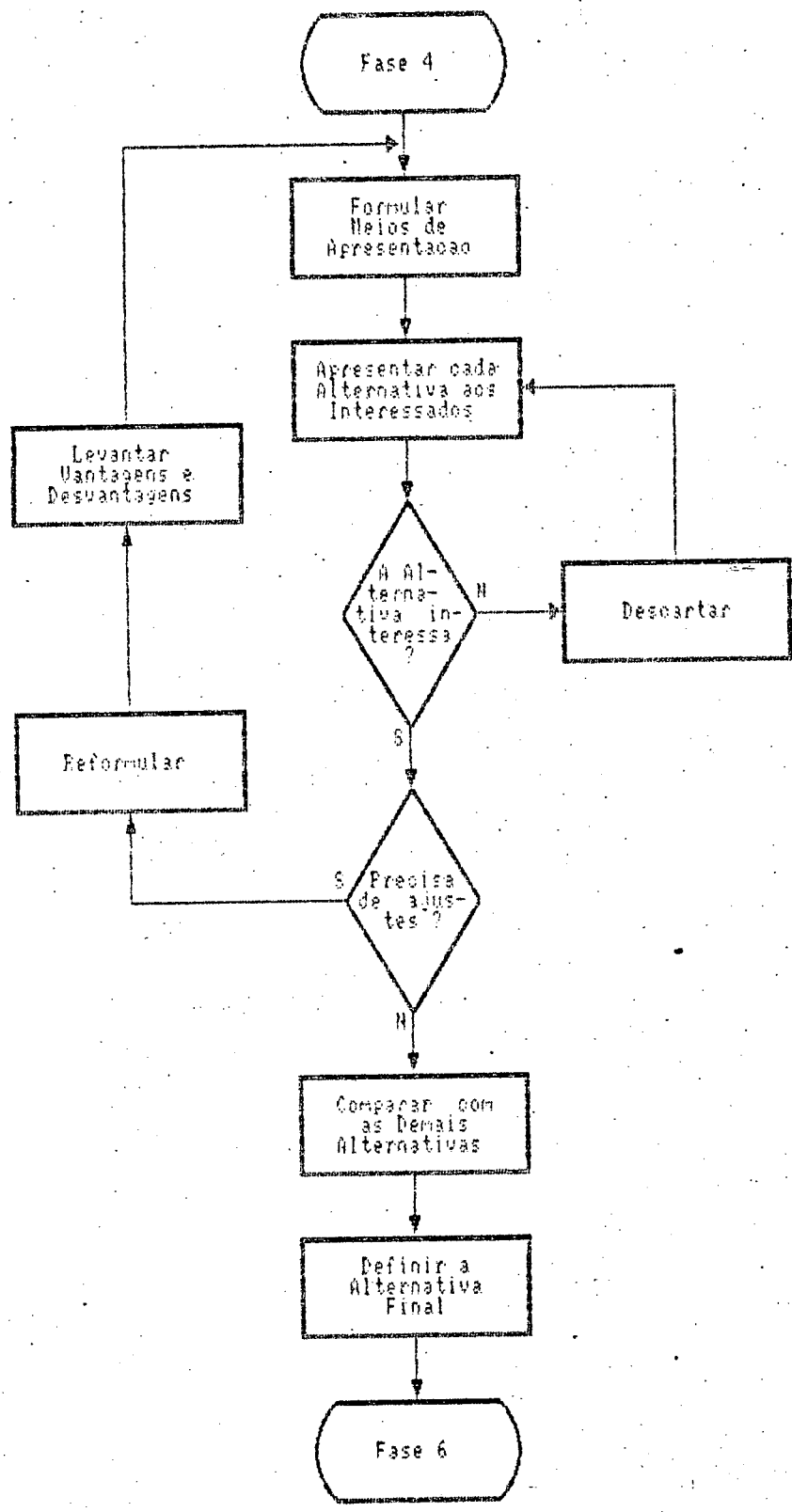


Figura 3.6 - Fluxograma da fase 5: Escolha da Melhor Opção

tivos propostos, sob pena de gerar soluções que não atendam a maioria das expectativas e objetivos. Isso significa que deve ser feita uma avaliação rigorosa das diversas soluções que surgiram e, escolher aquelas que melhor atendem a estas expectativas e objetivos.

De posse das melhores alternativas, em número máximo de 3 ou 4, parte-se para a apresentação das mesmas aos maiores interessados. Antes, porém, o analista deverá verificar cuidadosamente cada detalhe. Esse procedimento reduzirá as possibilidades de que tenha ocorrido o esquecimento de alguns itens importantes e que poderiam causar embaraços no futuro.

Após a revisão final, o analista solicitará a cada um dos beneficiários que realizem uma verificação dos itens de interesse ou que afetam a cada um deles. Os beneficiários passarão a conviver com o novo arranjo físico tão logo ele esteja efetivado e implantado. Por esse motivo é que cada um deles deve participar da verificação e aprovação final do arranjo físico. Essa participação é ainda mais importante ao estar sendo feita uma revisão e alteração do arranjo físico vigente já que ninguém está mais habilitado a opinar sobre determinada disposição do que aquele que trabalhou e conviveu com o arranjo físico ora existente. Como vantagens indiretas desse procedimento há o fato de que as pessoas sentir-se-ão importantes ao verificarem que estão sendo consultadas e que podem emitir opiniões e sugestões as quais poderão ser aceitas. Assim, a aceitação das propostas finais ficará facilitada.

A reunião para a decisão final acerca da melhor alternativa deverá contar com o pessoal ligado ao setor ou departamento cujo arranjo físico será alterado, o pessoal responsável pela manutenção e serviços além do pessoal ligado a administração geral da empresa. Durante a apresentação da(s) alternativa(s), o plano de criação deverá ser explicado de modo claro. O mesmo deve ocorrer com os resultados obtidos devendo ainda, serem apresentadas as respectivas vantagens e desvantagens, com os gastos necessários e inerentes a alteração e custos ou economias futuras decorrentes da alteração.

Quando da apresentação das alternativas, cada uma delas será discutida com base nas vantagens e desvantagens levantadas. Além dos pontos levantados, deverá ser considerado o ponto de vista de cada participante de tal modo que haja a possibilidade de selecionar a alternativa que coadune com os objetivos propostos e apresente a melhor relação entre vantagens e desvantagens.

Eventualmente, será necessário o remodelamento de alguma das alternativas. Nesse caso, serão feitos os ajustes necessários, serão levantadas as vantagens e desvantagens e, em uma nova reunião, será apresentado o resultado desse trabalho quando então será feita uma nova comparação com a(s) alternativa(s) restante(s). Esse é um processo interativo que finda apenas quando se chega a um consenso em termos de resultado final.

Obtém-se assim a aprovação final da proposta.

### 3.2.6 Fase 6. Planejamento e Acompanhamento da Implantação

O fluxograma que simboliza esta fase está representado na figura 3.7.

A última, porém não menos importante tarefa de formular um novo arranjo físico, é o planejamento da alteração. É uma fase que envolverá o pessoal responsável pela manutenção e provisão de serviços já que algumas alterações se farão necessárias. Essa é uma grande oportunidade para executar alguns serviços de manutenção na instalação como por exemplo, alterar sistemas de segurança, rede de incêndio, energia elétrica, água, reformar pisos, janelas, paredes e cobertura, pintar paredes e rever a sinalização de segurança, etc.

Nessa fase deverá ser decidido quando, como, quem e com que meios será executada a alteração. Será executado e documentado um planejamento do sequenciamento de operações buscando atenuar a conturbação do ambiente, otimizar o transporte de equipamentos para locais ainda ocupados por outros equipamentos e evi-

tar deslocamentos desnecessários. A determinação de quando promover a alteração é importante já que deve-se reduzir a um mínimo o tempo relativo a interrupção da produção pois há os custos fixos que devem ser cobertos. Deve-se escolher os meios mais adequados à execução do transporte, preparar eventuais fundações, definir quem estará envolvido no trabalho a ser executado e quem coordenará as tarefas. Deve-se prever eventuais testes, verificações e aferições dos equipamentos transferidos.

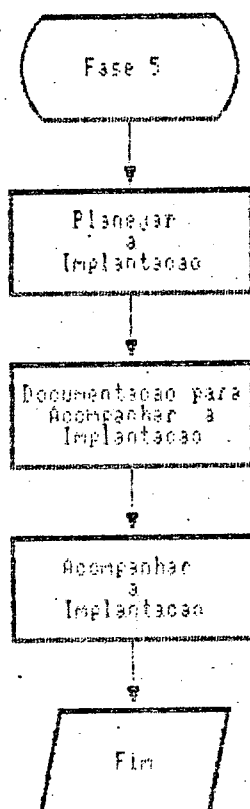


Figura 3.7 - Fluxograma da fase 6: Planejamento e Acompanhamento da Implantação

Alguns fatores poderão facilitar a alteração do arranjo físico e, dentre eles, pode ser ressaltada a flexibilidade ou seja, quanto mais flexível for o sistema produtivo tanto mais fácil se dará a alteração. Tanto maior será essa flexibilidade quanto menor for o número de pontos fixos ou permanentes existentes, quanto mais aparente for a instalação da rede de serviços e quanto mais simples e menos especialistas forem os equipamentos exis-



tentes.

Um outro fator que poderá ser considerado é quem será o responsável pela alteração. Essa responsabilidade poderá ser dividida entre o engenheiro responsável pelo Departamento de Engenharia Industrial e o Chefe do setor de Manutenção. Por terem um conhecimento maior e mais detalhado dos equipamentos existentes poderão realizar a alteração mais rapidamente e a um custo bem mais baixo. No entanto, a transferência de instalações especializadas, como é o caso de uma casa de força ou uma ponte rolante, deverá ser realizada pelos fornecedores dos respectivos equipamentos ou sub-contratar pessoal qualificado. Esses fatores poderão conduzir a uma redução no tempo total gasto durante a realização da alteração além de diminuir as possibilidades de atraso, o que causaria o protelamento da data de entrega prevista.

Como forma de facilitar o trabalho a ser executado e mostrar de uma forma clara o que foi planejado e o que se espera seja realizado com respectiva duração e prazo de encerramento pode-se empregar o gráfico de Gantt. Pode ser empregada até mesmo a rede PERT/CPM.

Uma tarefa a ser efetivada é a formulação de um orçamento envolvendo os custos e despesas necessários à consecução do processo de transporte, fixação e ajuste dos equipamentos.

Definido o planejamento, ele será posto em discussão em uma reunião da qual deverão participar os envolvidos e na qual deverão ser ultimados os detalhes. Tendo o planejamento sido executado, resta a obrigação do acompanhamento da execução a fim de verificar o andamento das tarefas e auxiliar na elucidação de eventuais dúvidas.

## CAPÍTULO IV

### 4. A EMPRESA

#### 4.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo é feita uma apresentação da empresa na qual a metodologia proposta será aplicada. Encontra-se incluída ainda, uma breve explanação acerca das diversas atividades da mesma e do seu modo de funcionamento além das razões que levaram à escolha desta empresa.

#### 4.2 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Trata-se de uma empresa situada em Curitiba - Paraná, tendo a mesma sido fundada em agosto de 1966. É uma empresa essencialmente metal-mecânica ligada a fabricação de máquinas, equipamentos e utensílios para a agricultura, avicultura, indústria e comércio.

Possui hoje uma área fabril de 15000 m<sup>2</sup> e um total de 480 funcionários. Apresenta quatro departamentos produtivos:

- 1.) Classificadores e selecionadores de cereais
- 2.) Movimentação de materiais
- 3.) Redutores de velocidade
- 4.) Armazenagem de cereais.

A referida empresa é detentora de alto potencial de vendas por estar sempre inovando e buscando novas alternativas tecnológicas para o seu produto.

#### 4.3 HISTÓRICO DA EMPRESA

Essa empresa iniciou suas atividades voltada para o projeto e fabricação de máquinas e equipamentos para a avicultura. Com o passar do tempo, expandiu suas atividades estando, atualmente, voltada para a avicultura, agricultura, indústria e comércio.

Inicialmente, a empresa adquiria, conforme projeto próprio, determinados componentes junto a fornecedores. Com a expansão paulatina, esta filosofia foi sendo alterada passando então, a confeccionar certos componentes. Entre eles pode-se destacar os redutores de velocidade, equipamentos esses largamente empregados na montagem de transportadores.

Por ser o redutor de velocidade um dos principais produtos fabricados pela empresa é que iremos nos deter no estudo do processo produtivo dos mesmos. Os demais produtos são fabricados sob encomenda apresentando cada equipamento peculiaridades que os diferem entre si.

No ano de 1975 foi criado o Departamento de Redutores. Seu objetivo era suprir o consumo interno já que os redutores são componentes do equipamento final. Com a boa aceitação dos redutores como componente por parte do mercado, decidiu-se pela expansão do referido departamento visando o lançamento dos mesmos no mercado paranaense. Hoje, as vendas são realizadas para todo o Brasil e para alguns países da América do Sul.

A boa aceitação do produto deveu-se a baixa, fácil e rápida manutenção além de ser bastante compacto. É entregue conforme prazos bastante estreitos além de possuir uma rede de assistência técnica ampla e prestativa. Uma vantagem adicional é a extensa gama de reduções e potências disponível.

A linha era, inicialmente, composta por redutores do tipo Redu-ciclo os quais caracterizam-se pela combinação de engrenagem para corrente e corrente. A combinação é tal que permite a redução por defasagem no passo da engrenagem e da corrente. Decorrido certo tempo, foram desenvolvidos e lançados no mercado os redutores do tipo Rolo Planetário (RP). Em termos de mercado nacional era praticamente uma novidade. Caracteriza-se principalmente pela combinação de rolos e engrenagens planetárias que mantém os diâmetros primitivos das engrenagens tangentes e, conseqüentemente, o ângulo de pressão dos dentes constante.

A gama ofertada cresceu e hoje são fabricados nos modelos 5RP, 8RP, 10RP, 20RP e 30RP, conforme a potência, redução e velocidade desejados. Os modelos padrão de redução são 3:1, 4:1 e 5:1. Permitem combinações entre si ampliando dessa forma a gama de reduções que podem variar de 3:1 a 125:1.

Assim, com a expansão das vendas, o espaço interno destinado à fabricação dos redutores também cresceu. Novas máquinas e equipamentos foram adquiridos e mais funcionários foram admitidos.

Devido a grande aceitação pelo mercado nacional dos redutores do tipo Rolo Planetário, a produção voltou-se quase que exclusivamente à fabricação de redutores deste tipo. A produção dos redutores do tipo Redu-ciclo chega hoje a aproximadamente 10% do volume total de redutores produzidos mensalmente. Outros 10% do volume total produzido é composto pelos variadores de velocidade (equipamentos que permitem, por meio de um jogo de polias cônicas móveis, a alteração da redução). O restante é destinado à fabricação dos redutores do tipo RP cuja produção atinge a marca das 400 unidades/mês.

A tendência é o desaparecimento da produção dos redutores do tipo Redu-ciclo os quais serão substituídos integralmente pelos do tipo RP.

Os redutores tem, atualmente, seus diversos componentes produzidos internamente. Afora as carcaças e as bases, que tem o

ferro fundido como matéria-prima, as demais peças como eixos, discos, engrenagens e buchas são confeccionadas a partir do aço adquirido em barras e tubos.

#### 4.4 O SETOR PRODUTIVO

A empresa em análise está ligada ao ramo metal-mecânico. Apresenta uma produção intermitente repetitiva já que produz artigos padronizados em lotes repetitivos.

O setor de Vendas compila, durante a terceira semana de cada mês, os dados relativos às entregas a serem feitas ao longo do mês seguinte. A quantidade, tipo e modelo dos equipamentos é definida após a consecução da venda. Os dados constam em uma proposta a qual contém ainda a data na qual o produto deve ser entregue.

Uma semana antes do início de cada mês, o setor de Vendas envia ao setor de Planejamento e Controle da Produção (PCP) um relatório contendo uma relação de todos os redutores, moto-redutores e variadores de velocidade a serem entregues ao longo do mês seguinte com respectivas datas.

De posse de todos os tipos e modelos de redutores a serem montados durante o mês é feita uma apropriação do consumo de peças durante o mês em questão. Tem-se assim o valor relativo ao consumo de cada uma das peças. Esse valor será somado ao valor correspondente a quantidade mínima a ser mantida em estoque menos a quantidade existente em estoque, o que irá fornecer como valor final a quantidade a ser produzida durante o mês.

A quantidade mínima a ser mantida em estoque de cada uma das peças é definida em função de um histórico de consumo mensal. O valor relativo a essa quantidade mínima é revisto a cada seis meses e tem por base o consumo médio mensal dos últimos doze meses. A cada mês dado grupo de peças ou componentes tem seu estoque e respectivo nível revisto de tal modo que, ao final de seis

meses, todas as peças ou componentes tiveram seus níveis de estoque revisados.

No valor que é liberado para o Setor Produtivo e que corresponde ao volume a ser produzido é embutida uma margem de segurança correspondente à taxa de peças refugadas durante o processo produtivo. Essa margem reduz a possibilidade de ser mantida em estoque uma quantidade de peças inferior à quantidade mínima especificada para cada uma das peças. Assim, definido o total a ser produzido durante o mês, tal valor é especificado em uma Ordem de Fabricação.

Atualmente, todas essas informações são fornecidas por um computador o que permitiu reduzir o tempo de levantamento desses dados, além de possibilitar maior confiabilidade nos dados.

Definida a quantidade necessária à reposição dos estoques e consumo mensal, obtém-se os produtos e as quantidades a produzir durante o mês. Em seguida, é executado um levantamento da quantidade de matéria-prima existente em estoque a fim de detectar a necessidade de reposição e, caso seja preciso, é providenciada a encomenda do necessário.

Esse levantamento é executado com certa antecedência como medida de precaução buscando evitar a ocorrência de falta de matéria-prima ou peças ao longo do processo produtivo necessárias à continuidade do mesmo. Reduz-se assim as possibilidades de interrupção no fluxo produtivo.

O aço é adquirido em barras e tubos, e armazenado no almoxarifado de matérias-primas. Conforme o que e quanto será produzido, a quantidade correspondente é solicitada do almoxarifado de matéria-prima via solicitação de material. Percorridas as diversas etapas de produção, as peças já acabadas são encaminhadas ao almoxarifado de peças prontas.

As carcaças e tampas, cuja matéria-prima é o ferro fundido, são adquiridas já fundidas. São retiradas do Almoxarifado do Produto Acabado, usinadas, pintadas e enviadas ao mesmo almoxari-

fado.

A data de entrega de cada uma dessas ordens será definida conforme prioridade de entrega dos produtos finais. Definida a ordem de entrega, é estipulada a data de entrada mais tarde em processo produtivo a qual é definida pelo PCP (Planejamento e Controle de Produção), tendo sido considerado para tal todas as exigências tecnológicas ligadas ao processo produtivo. O chefe do setor produtivo, tendo em mãos a Ordem de Fabricação na qual, está explicitada a data de entrada mais tarde, define quando a mesma será executada. Essa função foi confirmada como sendo do chefe do setor produtivo após a definição da Folha de Processo de Fabricação (anexo 3). O fato da criação dessa folha possibilitou um grande alívio nas funções do chefe já que hoje encontram-se documentadas todas as informações necessárias à fabricação de modo padronizado de todos os produtos. Assim, definida a Ordem de Fabricação, a ela é anexada a Folha de Processo de Fabricação na qual constam todas as informações pertinentes a execução padronizada das operações sem conter, no entanto, detalhes operacionais ou seja não é uma Folha de Métodos e Processos.

Estando o chefe de posse desses documentos, ele libera para o operador a Folha de Processo de Fabricação da peça que deverá entrar em processo produtivo acompanhada da respectiva definição da quantidade a ser produzida. Findo o processo, ele, o operador, repassa o lote semi-acabado ao próximo operador ou posto operativo e, comunica ao chefe a sua disponibilidade. O chefe então repassa a esse operador uma nova tarefa se, até então não o fez.

Cabe ao PCP o controle da execução das Ordens de Fabricação. Munido das ordens e respectivas datas de entrega dirige-se ao Almojarifado do Produto Acabado a fim de verificar se ela foi cumprida. Tendo sido cumprida é dada baixa ou, do contrário, irá ao chefe do setor produtivo questionar a razão do atraso e solicitar urgência na entrega. Como medida de precaução e a fim de reduzir as possibilidades de atraso, recorre ao chefe desse setor munido das Ordens de Fabricação e correspondentes datas mais tarde de entrada em processo de fabricação e faz uma verificação

prévia das condições de operacionalização do setor produtivo. Verifica então, de modo prévio, se a solicitação poderá ser atendida ou não, o que facilita a solução prévia do eventual problema.

Para a montagem de cada um dos diversos equipamentos a serem entregues durante o mês é liberada uma Ordem de Montagem. Esse documento é emitido pelo PCP constando do mesmo, o tipo, modelo e potência do equipamento. Essa ordem é acompanhada de uma Requisição de Material, documento esse no qual constam, conforme especificação do produto final desejado, informações acerca do tipo de peças que se farão necessárias à consecução da montagem acompanhada das respectivas quantidades. Além dessas informações encontra-se ainda, na Ordem de Montagem, a data de entrega do mesmo. O setor de Montagem, de posse dessas ordens, prioriza a sequência de montagem e, tão logo o equipamento esteja pronto, dá baixa na respectiva ordem e libera o conjunto à Expedição.

Acompanhando a Ordem de Montagem será liberada uma Requisição de Material. Essa requisição é enviada ao almoxarife, o qual se encarrega de separar todas as peças e colocá-las em um contentor. Esse contentor é então enviado ao setor de Montagem. As peças que compõem o conjunto redutor propriamente dito são, inicialmente, lavadas a fim de remover o óleo protetivo e, em seguida, enviadas para a montagem. Concomitantemente, são montados os rolamentos com respectivos retentores na carcaça e na tampa e o conjunto mecânico do redutor. Estando o conjunto redutor montado, ele é então acondicionado na carcaça e aí fixado. Em seguida, a carcaça é então fechada com o emprego da tampa. São instalados o visor e o bujão não sem antes colocar o óleo lubrificante. Está pronto o redutor.

Já que da Ordem de Montagem constava um moto-redutor, é acoplado ao redutor o correspondente motor elétrico. O conjunto é identificado e testado. São aferidas as condições gerais do redutor, o engrenamento, verificada a existência de ruídos e medida a amperagem e a rotação. Findo o teste de verificação é emitido um relatório contendo as informações levantadas com o teste, enquanto o conjunto é enviado à Pintura. Da Pintura é enviado à Expedição.



Atualmente, a inspeção realizada pelo Controle de Qualidade é executada conforme um plano de inspeção específico para cada uma das peças. Nesse plano consta o que, quanto e como realizar a inspeção. Ela é feita por amostragem e destinada a aferir determinadas especificações ou dimensões. Eventualmente são executados ensaios em peças que sofreram tratamento térmico a fim de aferir se a camada atingida e a dureza estão dentro das tolerâncias previstas.

A inspeção é executada apenas sobre o produto, ou seja, não há a preocupação em aferir se determinado equipamento ou processo pode ser autorizado a operar. Não há a preocupação em inspecionar a matéria-prima quando do recebimento já que existe a confiança no que está sendo remetido pelo fornecedor.

Tão logo determinado lote de peças tenha sido processado e esteja concluído é encaminhado ao Almoxarifado do Produto Acabado. Antes de ser considerado como peças em estoque é executada a operação de inspeção. Essa operação é executada em uma amostra representativa do lote onde é realizada a aferição das principais especificações. Tendo as amostras sido aprovadas, o lote é encaminhado ao estoque. Caso as amostras não tenham sido aprovadas, é realizada a inspeção sobre o lote todo a fim de verificar quais são as peças que atendem as exigências de projeto. As peças que não atendem são refugadas (se não puderem ser reaproveitadas) ou retrabalhadas e, em seguida, encaminhadas ao almoxarifado.

Na figura 4.1 está apresentado o processo produtivo na forma de um diagrama de blocos.

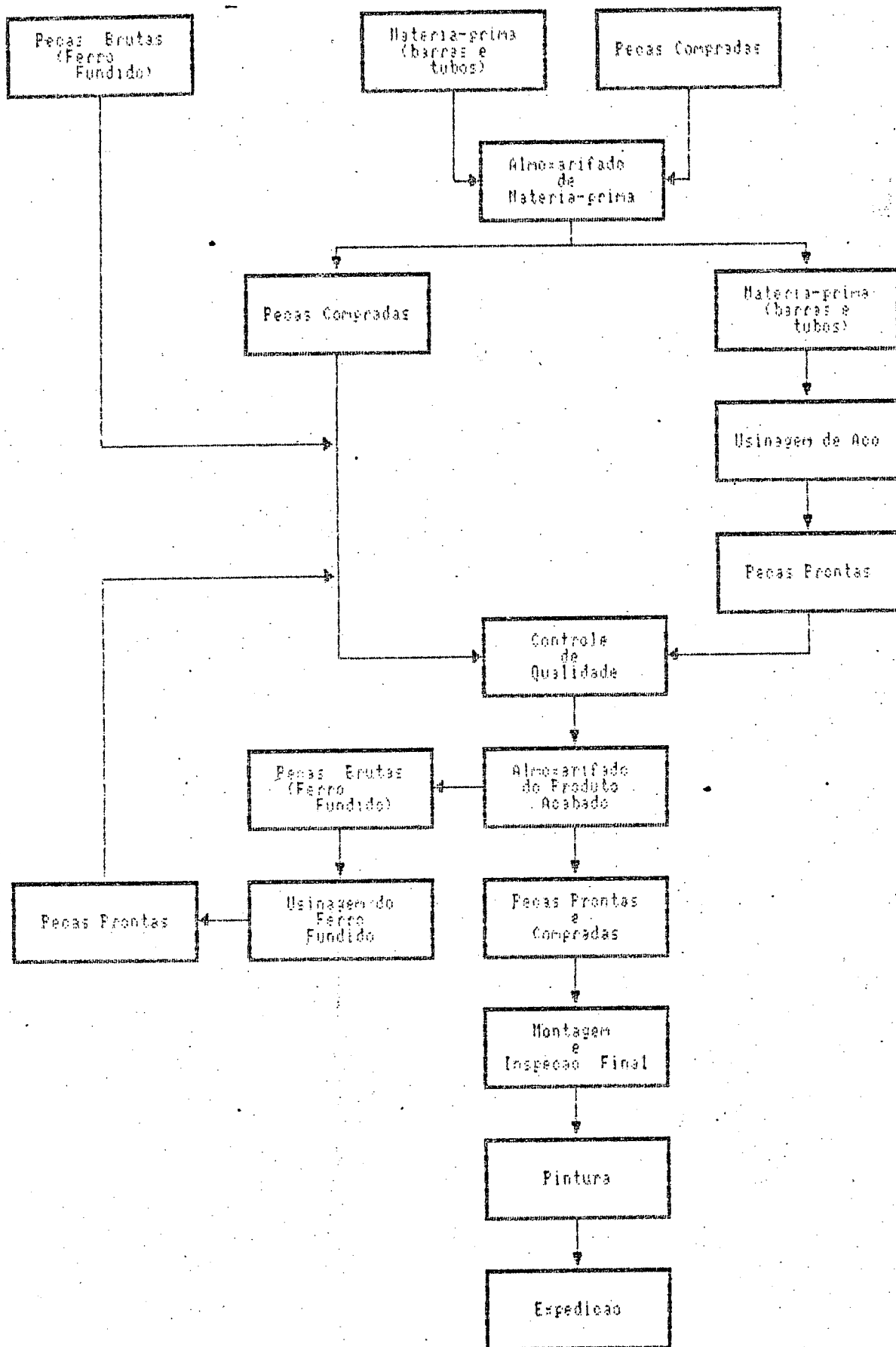


Figura 4.1 - Fluxograma do processo produtivo

#### 4.5 PORQUE ESSA EMPRESA FOI A ESCOLHIDA

Essa é uma empresa que busca uma constante atualização nos meios produtivos empregados além de estar consciente de que, em função da conjuntura atual, se faz necessária uma agilização maior no processo produtivo e que, para tanto, urge uma remodelação. É conhecida a necessidade da busca de um procedimento organizado para que possa ser obtido, de modo bastante racional, a conversão de insumos em produtos acabados.

Quando do início das atividades da empresa, não havia uma definição exata do que e como produzir. Este foi o principal motivo que levou à escolha do tipo de arranjo físico ora vigente (funcional) já que é adaptado a uma variedade de produtos além de apresentar uma boa flexibilidade quando da alteração na sequência de operações. Permite ainda a possibilidade de uma melhor utilização dos equipamentos os quais representam um investimento menor quando comparado aos investimentos relativos a equipamentos mais específicos e empregados no arranjo físico por produto. Facilita a possibilidade de transferência dos serviços mais urgentes para outras máquinas com carga de trabalho menor quando algumas delas estiverem em processo de manutenção. Incentiva o desempenho funcional e o próprio crescimento profissional do operário pois cada tarefa é um novo desafio a ser vencido.

Com o decorrer dos anos a produção foi tendo a gama de produtos sendo definida e ajustada. O leque e quantidade de produtos ofertados foi sendo definido a partir do incremento no consumo interno e externo além do aparecimento de necessidades específicas.

Em questão de um ano a demanda, que era estável ao nível médio de 230 unidades/mês, passou a um volume médio de 400 unidades/mês. Esse aumento da demanda foi absorvido pela capacidade produtiva instalada, não sendo necessários investimentos extras.

Assim, as vantagens do arranjo físico escolhido foram sendo encobertas emergindo, em contrapartida, uma série de proble-

mas que hoje influem diretamente no volume e qualidade das peças produzidas.

Os principais problemas ligados ao arranjo físico e que foram levantados são:

- a inadequação do arranjo físico ora existente por ser o mesmo mais indicado a um processo produtivo sob encomenda;
- um balanceamento ineficaz das máquinas e equipamentos o que provoca a utilização parcial da capacidade de cada um dos equipamentos ou máquinas, ou seja, ocorre ociosidade da capacidade produtiva instalada;
- um fluxo produtivo descontínuo. Não há a preocupação na busca da minimização dos espaços percorridos e racionalização do transporte interno;
- um fluxo e refluxo intenso de peças, incrementando assim os custos ligados à produção. Esse incremento se deve ao tempo gasto com o transporte interno e ao aumento nas perdas e danos nas peças em produção devido a esse transporte;
- uma localização inadequada dos diversos postos de trabalho e, conseqüentemente, uma integração ineficaz dos mesmos. Verifica-se a existência de falhas no agrupamento de certas máquinas operatrizes (tornos mecânicos) empregadas na usinagem de peças de ferro fundido. As mesmas encontram-se ao lado de fresadoras de engrenagens e tornos mecânicos empregados na usinagem de peças de aço. Sabe-se que o processo de usinagem de peças de ferro fundido dá origem a um pó que é abrasivo além de ser agente de corrosão. Pelo fato da proximidade de máquinas há a deposição desse pó sobre as partes móveis o que irá reduzir a vida útil desses componentes. Existe também o problema da deposição desse pó sobre as peças de aço em processo favorecendo o início do processo de corrosão;
- uma disposição inadequada dos diversos tornos mecânicos. Esses equipamentos estão dispostos em paralelo, relativamente ao eixo do equipamento. Tal disposição requer a criação de barreiras artificiais entre eles visando a proteção do operador da máquina operatriz imediatamente

a frente já que, com a alta velocidade de rotação da peça em processo de usinagem, o cavaco removido é arremessado violentamente. Esse cavaco está a altas temperaturas quando do corte, além de possuir arestas vivas e cortantes, o que coloca em perigo quem se encontra na linha de fuga do cavaco. Solucionado um problema outros surgiram já que a luminosidade natural foi reduzida e, o que é pior, o calor oriundo do processo de usinagem não é dissipado ficando retido em cada célula. Esse é um fator desmotivante já que o operador cansa em menos tempo, reduzindo assim o volume produzido ao longo do período diário de trabalho.

Afora os problemas ligados ao arranjo físico atual existem ainda outros que surgiram em decorrência do aumento no volume de produção:

- o planejamento da produção ficou prejudicado e extremamente difícil o que levou a um aumento na quantidade de produtos em processo;
- um incremento na movimentação de peças e homens causado pelo aumento do volume de peças em processo. Esse fato gerou um congestionamento nos corredores, agravado com o aumento dos estoques de peças em processo existente entre os diversos postos de operação;
- a qualidade dos produtos sofreu um declínio já que houve, com o aumento da movimentação interna dos produtos, uma expansão nas possibilidades de danos nas peças já produzidas. Este fato agravou-se ao ter havido a natural redução na inspeção das peças devido ao aumento do volume produzido já que não houve a correspondente expansão nos meios de inspeção das peças. Como consequência desses fatos houve um aumento dos custos.

Teoricamente, optaríamos pela alteração do arranjo físico passando o mesmo de por processo para por produto. Uma segunda possibilidade está ligada ao estudo do arranjo físico agrupado onde, para tal deve-se começar pela definição das famílias de peças.

O arranjo físico agrupado, para a sua implantação, pressupõe certas condições (18) onde dentre elas destaca-se a necessidade de informação acurada dos componentes e respectivos dados de produção. Implica em uma mudança mais abrangente tendo em vista que envolve uma definição mais clara da filosofia empresarial. Esse estudo, que agora será realizado, serve como base à implantação futura de células de fabricação haja visto a redefinição do processo produtivo e as variáveis nele envolvidas.

Escolhendo o arranjo físico por produto haverá uma redução na movimentação de materiais, diminuindo assim, o congestionamento e o espaço ocupado pelos estoques intermediários já que os mesmos também serão reduzidos. O mesmo se dará com o tempo de produção já que o tempo relativo ao transporte interno e o tempo em que o produto é mantido no aguardo do início da próxima etapa de produção serão reduzidos. Facilitará o planejamento da produção permitindo também um controle melhor sobre o que e quanto está sendo produzido. Com isso, o custo sofreria uma certa redução já que tudo fluiria naturalmente, conforme definições prévias, minimizando eventuais interrupções.

No entanto, a escolha pura e simples desse tipo de arranjo físico ocasionaria a perda de certas vantagens ligadas ao arranjo físico por processo. É pensando nesse fato que o agrupamento dar-se-á de tal forma que parte poderá ser definido como por processo e parte por produto ficando, no entanto, difícil a definição da linha de demarcação entre um tipo e outro.

Essa combinação permitiria aliar a redução e organização do transporte interno com a diminuição do volume de material em processo. Permitiria a manutenção de uma certa flexibilidade e elevada utilização de homens e máquinas. Propiciaria um planejamento e controle da produção mais acurados além de possibilitar uma melhor e mais adequada inspeção da qualidade.

Neste caso, a alteração do arranjo físico dar-se-ia sem investimentos relativos a substituição de equipamentos ou ampliação da capacidade produtiva instalada. As despesas seriam aquelas ligadas ao transporte de um equipamento do local hoje ocupado para

outro a ser determinado. Haveriam ainda despesas ligadas a eventuais remanejamentos das linhas de serviço e suprimentos necessários, como por exemplo, água, energia elétrica, ar comprimido, etc.

Suscintamente, esse é o perfil da empresa. Os fatores descritos são os mais relevantes e que nos levaram a escolha dessa empresa como piloto à utilização da metodologia.

## CAPÍTULO V

### 5. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

#### 5.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo tem por finalidade a apresentação de uma aplicação da metodologia proposta. Nesta apresentação serão descritas as tarefas desenvolvidas ao longo de cada uma das etapas do trabalho.

#### 5.2 FASE 1. LEVANTAMENTO DA EXPECTATIVA DE ALTERAÇÕES

Após a apresentação da empresa, feita no capítulo 4, resta examinar as suas perspectivas a partir das informações acerca da expectativa de crescimento e, mais especificamente, quanto a alteração e/ou manutenção da atual linha de produtos ofertados.

As empresas estão inseridas em uma conjuntura econômica em constante mutação a qual, por vezes, é de difícil previsão. Sempre há novos concorrentes no mercado, a evolução tecnológica é uma constante, as necessidades dos consumidores alteram-se, as exigências dos clientes refinam-se, o poder aquisitivo flutua, etc. Em função desses fatos, faz-se necessário um planejamento prévio incluindo previsão de comportamento do mercado.



Foi fornecido pela Direção da empresa um documento no qual está explicitada a expectativa de vendas incluindo a quantidade total a ser produzida durante um certo período de tempo e quantidades de cada um dos diversos modelos. Esses dados referem-se a um período próximo ao da vida útil da instalação, o que reduz as possibilidades de realizar investimentos adicionais em alterações no projeto inicial.

O redutor do tipo Rolo Planetário é um produto relativamente novo em termos de mercado interno. Esse fato permite supor que o produto apresenta uma vida bastante dilatada e que, fatias amplas do mercado ainda podem ser conquistadas. Há ainda a possibilidade de conquista do mercado externo já que o mesmo encontra-se bastante receptivo além de ser bastante atraente, pois é um mercado que pouco sofre com tantas flutuações econômicas, hoje uma constante, com as quais o mercado interno é obrigado a conviver.

No entanto, como todo produto sempre apresenta a possibilidade de sofrer uma evolução tecnológica, a qual se dá de modo constante e paulatino, a empresa não está livre de uma eventual alteração no produto. Essas alterações, no entanto, não viriam a afetar sobremaneira o processo produtivo, mesmo por que, o arranjo físico deverá permitir uma certa flexibilidade.

Além deste tipo de redutor, nada impede que um novo produto não esteja sendo desenvolvido, já que o mercado está em crescimento e sedento por novidades. Em verdade, esse produto já é alvo de pesquisas as quais estão sendo desenvolvidas sob sigilo. Há a previsão de que os primeiros protótipos estejam concluídos apenas dentro de mais 3 anos já que a tecnologia até então detida pela empresa, não permite o desenvolvimento em um espaço de tempo mais curto. Essa seria uma previsão extremamente otimista pois contribui para o atraso a falta de matéria-prima no mercado interno, ou seja, a mesma só é encontrada no mercado externo.

Assim, pode-se crer que as condições hoje supostas serão mantidas durante um período de tempo equivalente a aproximadamente 5 anos.

Há a previsão de, mantido o crescimento atual, serem produzidas 600 unidades/mês o que acusaria um crescimento da ordem de aproximadamente 50% em relação ao volume hoje produzido que gira em torno de 400 unidades/mês. Esse total incluiria todos os modelos de redutores do tipo Rolo Planetário e do tipo Redu-ciclo.

A tendência apresentada é o desaparecimento dos redutores do tipo Redu-ciclo. Desse modo, o total mensal estimado a ser montado de cada um dos diversos modelos de redutores do tipo Rolo Planetário (RP), ficará assim distribuído:

- 5RP - 180 unidades/mês ou 30% do volume total a ser produzido
- 8RP - 60 unidades/mês ou 10% do volume total a ser produzido
- 10RP - 180 unidades/mês ou 30% do volume total a ser produzido
- 20RP - 120 unidades/mês ou 20% do volume total a ser produzido
- 30RP - 60 unidades/mês ou 10% do volume total a ser produzido.

O 8RP, por ser um modelo intermediário entre o 5RP e o 10RP, é montado a partir da combinação de componentes que são empregados na montagem desses dois redutores. Esse fato nos permite supor que poder-se-á montar 210 unidades/mês do modelo 5RP e, o mesmo valor, em se tratando do 10RP.

O modelo 30RP emprega grande número de peças do 20RP.

Tendo-se em vista esses fatos pode-se supor que a produção deverá cobrir as necessidades relativas à montagem dos redutores modelo 5RP, 10RP e 20RP já que o montante perfaria um total superior a 90% da produção total.

A partir do consumo mensal estimado de cada um dos diversos modelos fabricados, pode-se obter a quantidade a ser produzida de cada um dos vários componentes do produto final. Tem-se, assim, os dados relativos as quantidades a serem produzidas.

Esse volume será obtido sem que novos equipamentos sejam adquiridos ou seja, manter-se-ia a atual capacidade produtiva. O que seria feito seria a substituição de alguns tornos mecânicos, hoje em funcionamento, por dois tornos C.N.C., modelo Galaxy. Es-

ses tornos já foram adquiridos, devendo ser entregues até o final do ano. Será feita ainda a desativação de três fresadoras universais.

Um dos dois tornos C.N.C. será destinado a usinagem de peças de ferro fundido ao passo que o outro será destinado a usinagem de peças de aço. Substituirão um total de 4 tornos mecânicos, já que apresentam uma capacidade produtiva maior quando comparada a cada uma das máquinas que está sendo substituída. Esses 4 tornos, quando do projeto do novo arranjo físico deverão ser mantidos próximos e ocupando o espaço relativo ao espaço necessário à instalação dos dois novos equipamentos C.N.C..

A área a ser utilizada para a reordenação do arranjo físico será a mesma que hoje é utilizada pelo setor produtivo. Isso se dará em função da possibilidade de liberar grande parte da área a partir da reordenação do fluxo e redefinição do processo produtivo acrescido do fato de que não haverá o aumento no número de equipamentos ou máquinas a serem utilizados para a produção da quantidade prevista.

### 5.3 FASE 2. DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS

Nesse trabalho, foi definido como objetivo principal o seguinte ponto:

- a reordenação e redução do transporte interno e respectivo espaço a ser percorrido pelas diversas peças em processo.

Com a alteração do arranjo físico atual busca-se uma reordenação, racionalização e definição objetiva do fluxo de peças em processo. Essa redefinição estender-se-á ao fluxo de pessoas e equipamentos de transporte. Busca-se a reorientação dos diversos fluxos com o objetivo de otimizar o caminho a ser percorrido evitando o fluxo e refluxo desnecessário. Planejar o fluxo de tal modo que peças em processo, passando por determinados pontos, possam ser facilmente identificadas e contadas e que permaneçam o

menor tempo possível paradas. Haverá, em consequência, um descongestionamento dos corredores internos e espaço de flutuação em torno dos diversos equipamentos o que permitirá maior mobilidade de movimento facilitando uma locomoção mais segura e ordenada.

A partir do alcance desse objetivo, algumas vantagens adicionais, que poderiam representar outros objetivos, advirão. Dentre essas pode-se ressaltar a diminuição do tempo total de produção, redução dos estoques intermediários de peças em processo e melhora na qualidade das peças além de facilitar o trabalho ligado ao planejamento e controle da produção.

Com a otimização do caminho a ser percorrido pelas diversas peças em processo, a tendência é a redução dos tempos de produção. Com a diminuição do espaço a ser percorrido, há a redução do tempo gasto com esse deslocamento entre postos de operação ocasionando a diminuição de parte da parcela relativa ao tempo improdutivo reduzindo, desse modo, o tempo total de produção.

A conjugação desses fatos proporcionará prazos mais apertados para a entrega de encomendas pois será necessário um tempo total menor a ser gasto para a produção de cada peça além de haver redução no custo produtivo tendo em vista que cada minuto que uma peça permanece no setor produtivo ocorre o incremento no custo de capital devido a imobilização do mesmo.

Em havendo um fluxo mais ágil de peças pelo setor produtivo ocorrerá a diminuição dos estoques intermediários de peças em processo liberando assim, parte do espaço ocupado o que facilitará o transporte interno. Com a redução do transporte interno pode-se esperar menor quantidade de peças danificadas em função da redução de eventuais quedas ou choques quando do transporte. Fica reduzido, também, o problema gerado com o extravio de peças que ocorre quando da mistura das mesmas com outras peças ou lotes em processo armazenados em áreas adjacentes.

Como resultado da conjugação desses fatores, haverá alívio nas tarefas do Controle de Qualidade o que facilitará a inspeção a ser executada entre operações além de poder tornar-se mais efe-

tiva.

Com o reordenamento do fluxo, o trabalho ligado ao planejamento e controle da produção fica facilitado pois tem-se uma visualização melhor de todo o setor produtivo e suas condições, instante a instante. Propiciará uma melhor e maior utilização dos recursos de produção reduzindo a ociosidade de mão-de-obra e equipamentos. Permitirá a liberação das atividades a serem executadas pelos diversos operadores em um tempo menor além de facilitar a supervisão pelos encarregados e chefes.

Como ganho indireto haverá uma melhor ocupação da área disponível, resultando em eventual redução de custo tendo em vista o fato de que toda área ocupada apresenta um custo. Esse custo será coberto quando houver um equipamento ocupando essa área e o que for com ele produzido gerar divisas, direta ou indiretamente. Áreas desocupadas ou não ocupadas apresentam um custo o qual deverá ser coberto pela produção como um todo. No entanto, essas áreas não necessariamente deverão ser ocupadas, já que a sua ocupação desnecessária pelo setor produtivo, acabaria acarretando um custo ainda maior, pois a mesma estaria sendo utilizada de maneira não adequada. Um estoque intermediário de peças locado em um ponto qualquer do setor produtivo representa uma maneira não adequada de utilização do espaço disponível já que, além do capital immobilizado em peças inacabadas, há ainda o espaço que poderia ser utilizado como local destinado à produção.

Agora, de pouco resolveria a redução do espaço a ser percorrido se fosse desconsiderada a necessária flexibilidade. Essa flexibilidade se traduzirá na maior ou menor facilidade de adaptação do setor produtivo às alterações das condições econômicas e tecnológicas.

A consideração do fator flexibilidade é muito importante quando a empresa está inserida em um mercado cujas condições de venda dos produtos acabados não possa ser prevista com precisão para um determinado período de tempo. Esse é o caso do mercado onde não há meios de executar uma previsão realista acerca do comportamento do mercado já que ocorrem constantes alterações das

condições econômico-financeiras.

#### 5.4 FASE 3. DOCUMENTAÇÃO DO SISTEMA

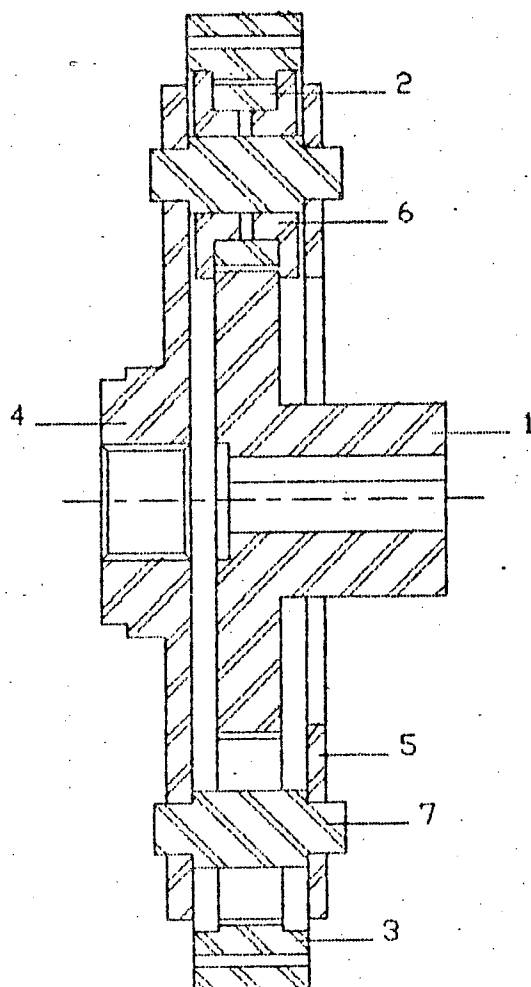
Definidos os objetivos a serem atingidos deve-se processar uma busca ordenada de dados pertinentes acerca do produto, máquinas e equipamentos, transporte interno e espaço disponível e necessário além de dados sobre a mão-de-obra, espaço reservado a estoque, serviços auxiliares e eventuais mudanças que venham a ser processadas. Esses dados deverão ser os mais relevantes e que influenciarão no estudo evitando a coleta de dados sem relevância e importância ao estudo. É importante que se tenha previamente definidos quais serão esses dados. Essa será a primeira etapa desta terceira fase, ou seja, é a etapa definida como "Definição e Levantamento dos Dados".

##### Etapa 1 - Definição e levantamento dos dados

Conforme o exposto quando da apresentação da metodologia proposta os dados a serem levantados serão aqueles ligados ao produto, processo produtivo, arranjo físico atual e planilha de custos.

##### a. Produto

O produto, no caso o redutor, é composto por um conjunto de engrenagens, pinos, eixos e espaçadores além da própria carcaça na qual o conjunto é montado e acondicionado. Cada estágio do redutor é composto das peças que estão indicadas na figura 5.1.



- Legenda: 1- engrenagem primária (1 unidade);  
 2- engrenagem satélite (3 unidades ou, no caso do redutor modelo 20 RP, 4 unidades);  
 3- engrenagem interna ou parada (1 unidade);  
 4- disco de força (1 unidade);  
 5- disco traseiro (1 unidade);  
 6- trilho interno (6 unidades ou, no caso do redutor modelo 20 RP, 8 unidades);  
 7- pino interno (6 unidades ou, no caso do redutor modelo 20 RP, 8 unidades).

Figura 5.1 - Corte de um estágio do redutor

Esses componentes são encontrados em todos os redutores de um estágio. Em redutores com dois ou três estágios mantém-se esse estágio primário e, adiciona-se a esse alguns componentes intermediários. Esse procedimento permite o acoplamento de um estágio a outro.

A quantidade de cada um dos componentes a ser empregada na montagem de algum equipamento é função direta do número de estágios. Assim, por exemplo, para a montagem de um moto-redutor modelo 10RP, potência 1,0 CV com motor 4 pólos e redução 25:1 são utilizadas as seguintes peças e respectivas quantidades:

número	descrição	código	quantidade pedida
01	eixo de saída	10RP-00-F0-ES	1,0
02	separador de rolamentos	10RP-00-F0-SR	1,0
03	semi-eixo	10RP-00-F0-SE	1,0
04	anel espaçador	10RP-00-00-AE	1,0
05	tampa com base	10RP-00-F0-TB	1,0
06	engrenagem primária	10RP-M0-F5-PR	1,0
07	engrenagem satélite	10RP-00-F5-SA	6,0
08	trilho interno	10RP-00-F5-TI	12,0
09	disco de força	10RP-00-F5-DF	2,0
10	disco traseiro	10RP-00-F5-DT	2,0
11	pino	10RP-00-F0-PF	6,0
12	pino	10RP-00-F0-PI	6,0
13	engrenagem parada	10RP-00-F0-EP	2,0
14	arruela	10RP-00-00-AR	12,0
15	tampa de vedação	10RP-00-00-TV	1,0
16	engrenagem secundária	10RP-00-F5-ES	1,0
17	carcaça	10RP-M8-F0-CA	1,0
18	rolamento de esfera	6206	1,0
19	rolamento de esfera	6206 Z	1,0
20	parafuso allen com cabeça	1/4 x 3/4" NC	8,0
21	parafuso allen com cabeça	1/4 x 2.1/4"	8,0
22	visor	3/8 GAS 10R	1,0
23	bujão	ABS 3/8" GAS	1,0
24	anel de retenção	E-17	2,0
25	anel de retenção	E-30	2,0
26	anel de retenção	I-62	1,0
27	retentor	020401B	2,0
28	parafuso allen com cabeça	5/16 x 1" NC	4,0
29	chaveta	8 x 7 x 45 mm	1,0
30	motor 1,0 CV 4P 2/3V 60 HZ	B3EN	1,0
31	flange 80	B-14	1,0.



As peças utilizadas na montagem de um redutor e que são produzidas internamente são identificadas a partir de uma codificação própria a qual busca associar a peça ao tipo de redutor e potência do mesmo. As peças que são adquiridas junto ao comércio são identificadas conforme a sua correspondente especificação técnica (anexo 1).

Os materiais adquiridos de terceiros não serão, no entanto, considerados quando do estudo do arranjo físico pois, apesar de serem componentes do produto final, não participam do processo produtivo. Essas peças são empregadas apenas quando da montagem final.

Para complementar as informações ligadas ao produto restaria firmar conhecimento acerca do volume a ser produzido mensalmente de cada um dos componentes. Sem esse valor não haveriam meios de realizar uma avaliação rápida dos diversos fluxos ou seja, dificultaria a priorização dos fluxos o que permite definir os diversos graus de proximidade entre postos operativos e pontos de estocagem.

A alteração no arranjo físico que está sendo pretendida visa atender necessidades futuras de produção. Assim, é válido trabalhar com a expectativa de crescimento de vendas a qual está baseada em previsão de vendas e tendência de consumo. Voltando-se ao item 2 (Fase 1 da metodologia proposta) desse mesmo capítulo encontramos as estimativas acerca da demanda de cada um dos diversos tipos de redutores e que serão produzidos mensalmente. Esses valores são uma estimativa mas que podem ser aceitos com relativa segurança.

Assim, conforme o apresentado, estima-se produzir mensalmente um total de 600 equipamentos sendo que, desse montante, 210 serão do modelo 5RP, 210 unidades do modelo 10RP e 120 unidades do modelo 20RP. Não foram considerados os modelos 8RP e 30RP pelas razões já apresentadas no item 2 desse mesmo capítulo e, que não serão aqui apresentadas a fim de evitar a repetição de idéias.

De posse desses valores e da relação de componentes de cada um desses modelos de redutores determinou-se a quantidade mensal a ser produzida de cada um dos diversos componentes. Quando da consideração dos diversos modelos de redutores foi levado em conta que o redutor de um determinado modelo pode apresentar qualquer uma das três reduções possíveis (3:1, 4:1 e 5:1). Como foi visto, essa redução pode ser ampliada ao adicionarmos mais 1 ou 2 estágios com o que, o redutor poderia apresentar até três estágios. Para contornar essa diversidade de opções optou-se pela utilização de um modelo com dois estágios sendo que, esses estágios apresentariam a mesma redução. Assim, por exemplo, para o modelo 10RP considerou-se aquele com redução 9:1 (2 estágios de 3:1), 16:1 (2 estágios de 4:1) e 25:1 (2 estágios de 5:1). Esse é um valor médio e que pretende cobrir toda a produção média mensal e que coaduna com a idéia de uma estimativa.

O valor relativo a produção mensal de cada modelo engloba as três possibilidades de redução. Para determinar o valor associado a cada redução foi considerado que a produção de um dado modelo de redutores seria rateada entre as três reduções. Assim, a produção do redutor modelo 10RP seria composta de 70 unidades com redução 9:1, 70 unidades com redução 16:1 e 70 unidades com redução 25:1. Feita essa consideração foi determinada a quantidade de cada componente que deve ser fabricada mensalmente.

A fim de verificar se essa suposição estava respaldada em dados históricos foi executado um levantamento na demanda dos seis meses anteriores ao início do trabalho. Esse levantamento apontou valores que permitiram considerar como muito boa a suposição realizada. Além desse levantamento foi realizada uma reunião com os vendedores a fim de aferir o valor da proposta feita já que eles apresentam um "feeling" do mercado bastante apurado. De um modo geral, concordaram com a proposta.

Caso tivessem sido obtidos dados que indicassem que a assertiva carecia de fundamentos, poderiam ser realizadas algumas alterações. Uma delas seria acompanhar a distribuição apresentada pela demanda passada, conforme o tipo entre os diversos modelos. Desse modo, se a tendência fosse de uma demanda maior do modelo

25:1 seria considerado o peso relativo para determinar a quantidade futura. Uma outra alteração poderia ser considerada a partir de um levantamento junto ao setor de Vendas a fim de verificar qual a melhor distribuição a ser considerada.

#### b. Processo Produtivo

Os equipamentos utilizados no setor produtivo são máquinas operatrizes universais cuja finalidade básica é a execução de uma vasta gama de operações em um grande número de peças de tamanhos diversos, com precisão e velocidade bastante bons. Não são equipamentos especialistas mas sim generalistas. Tais equipamentos permitem grande flexibilidade em diversas operações sendo capazes de executar qualquer uma das etapas de operação além de necessitarem um único operador o qual é responsável pela preparação, alimentação e operação do equipamento. Com um baixo investimento, propiciam grande flexibilidade na produção a qual é alcançada através de características tais quais uma grande gama de velocidades e alimentação - através do uso de dispositivos especiais - uma mesa que possibilita um posicionamento bastante diversificado e um cabeçote que pode ser deslocado conforme um grande número de direções e ângulos. No entanto, apesar de tais equipamentos necessitarem de um pequeno investimento, apresentarão altos custos de operação já que será necessária uma mão-de-obra, no mínimo, semi-especializada para que eles possam ser operados. Não necessitam de uma rede de serviços específica já que utilizam apenas, para e durante o seu funcionamento, energia elétrica e um ponto próximo de tomada de ar comprimido. Não necessitam de base especial já que o piso industrial existente é o mais indicado à instalação desses equipamentos. É por isso que as máquinas ora utilizadas permitem uma certa mobilidade e facilitam eventuais alterações de posição, propiciando flexibilidade.

Há um total de 33 equipamentos disponíveis e que serão utilizados. O grupo é assim composto:

- 06 tornos mecânicos horizontal
- 05 tornos revólver

- 05 fresadoras de engrenagens
- 04 furadeiras de coluna
- 02 furadeiras de bancada
- 01 retífica cilíndrica
- 01 retífica "centerless"
- 01 retífica plana
- 01 laminadora de engrenagens
- 01 moto-esmeril
- 05 fresadoras universais
- 01 prensa hidráulica.

Afora esses equipamentos, são utilizadas uma plaina universal e uma prensa excêntrica, equipamentos esses que estão situados em setores outros da empresa. Eles não serão transferidos para o setor de redutores em virtude do pequeno tempo dispendido com a produção de peças destinadas aos redutores se comparado com o tempo total de utilização dos mesmos. Agora, dentre os equipamentos disponíveis, já é sabido de ante-mão que três das fresadoras universais serão desativadas.

Além desses equipamentos, aguardam a chegada de 2 tornos C.N.C. do tipo Galaxy, recém adquiridos, e que irão substituir 4 dos tornos mecânicos horizontal e cuja área de ocupação é equivalente ou seja, cada um dos tornos C.N.C. ocupará o espaço hoje utilizado por dois tornos mecânicos colocados um ao lado do outro.

As ferramentas empregadas nas diversas operações de usinagem são as pastilhas as quais permitem maior rapidez de operação, maior vida útil, grande intercambiabilidade, troca rápida e bom acabamento. Não há dispositivos específicos e que funcionem como gabaritos para aferição das diversas dimensões das peças. A aferição é executada com a utilização dos tradicionais instrumentos de medição como os paquímetros e os micrômetros.

A mão-de-obra utilizada é especializada porém não muito qualificada, já que as operações a serem realizadas são repetitivas. É uma mão-de-obra que é admitida sem que seja exigida grande experiência e que virá a ser treinada na linha de produção. O

operador recém contratado irá operar, conforme a sua habilitação e habilidade o equipamento mais adequado e executar tarefas mais simples. A medida que vai se adaptando às condições de trabalho evolui e inicia a execução de tarefas que requerem maior especialização. O tempo de adaptação e evolução é bastante variável já que depende do interesse em aprender, habilidade e motivação do operador.

Todo o transporte interno de peças, componentes, sub-conjuntos, conjuntos ou produtos acabados é realizado com o emprego de plataformas dotadas de rodízios. São carros dotados de uma plataforma com área livre de  $1,0\text{m}^2$  fixada a uma altura média de  $0,90\text{m}$  do piso. Apresentam uma área quadrada projetada de  $1,0\text{m}^2$  ( $1,0 \times 1,0\text{m}$ ) sendo o deslocamento propiciado pela aplicação de força do operário.

Esses dispositivos de transporte são conduzidos de um ponto ao outro pelo executor da tarefa anterior. O operador retira, conforme necessidade, as peças dispostas sobre o carro, executa as operações correspondentes, afere e deposita as peças já prontas sobre o carro. Em seguida, conduz o carro até o processo ou posto de operação posterior. Esse carro fica então estacionado ao lado do posto de trabalho, junto ao corredor, aguardando a vez de entrar em processo. Por ser uma empresa do ramo metal-mecânico, os diversos postos de trabalho confundem-se com os equipamentos.

### c. Arranjo Físico Atual

Conforme a metodologia proposta, dever-se-á ter em mãos dados acerca do arranjo físico atual e da área, incluindo dados acerca da edificação que virá a ser ocupada quando da alteração do arranjo físico.

O pé direito da edificação é  $6\text{m}$  sendo que a estrutura é de concreto armado. Apresenta colunas espaçadas de  $20\text{m}$  sobre as quais estão apoiadas as vigas. A distância entre essas vigas - valor medido na perpendicular ao eixo de duas vigas adjacentes -

é de 10m. As colunas não estão dispostas no centro da área mas sim circundando-a, o que possibilita uma área livre.

A estrutura do telhado é do tipo "shed" executada com treliças metálicas. A face vertical é recoberta com telhas translúcidas. Como forma de incrementar a iluminação natural algumas telhas são transparentes sendo que a escolha da posição foi feita aleatoriamente. As demais telhas são chapas de fibro-cimento.

O espaço a ser ocupado é o mesmo que está sendo atualmente utilizado pelo setor produtivo. É um espaço plano e livre o qual apresenta uma área total de 340,00m<sup>2</sup> cuja largura é 17,00m e comprimento 20,00m. A limitação física da área destinada ao setor produtivo existe em apenas uma das faces da mesma onde essa limitação está concretizada na forma de uma parede em alvenaria com uma altura de 2,50m. As demais faces estão limitadas imaginariamente.

A figura 5.2 mostra a disposição da área destinada ao setor produtivo.

O piso industrial foi executado empregando o concreto como material onde a espessura da base foi dimensionada para suportar qualquer um dos equipamentos existentes na empresa ou que poderiam vir a ser adquiridos e instalados sem a necessidade de construção de bases especiais. Para tanto não foi considerada a aquisição de equipamentos que gerassem ou transmitissem vibrações ao piso ou ruídos prejudiciais e exagerados ao ambiente. O revestimento do piso não foi realizado com algum produto específico pelo fato de não sofrer ataque de agente químico já que os mesmos não são empregados no processo produtivo. O concreto foi simplesmente alisado o que facilita a limpeza.

No caso em análise, não será necessária uma expansão da área já que atualmente ela não está sendo utilizada de modo racional. Há um certo desperdício na utilização da mesma o qual espera-se seja reduzido com a alteração do arranjo físico. Porém, caso houvesse a necessidade real de expansão da área de produção poder-se-ia pensar em soluções baratas e de rápida execução (ane-

xo 7).

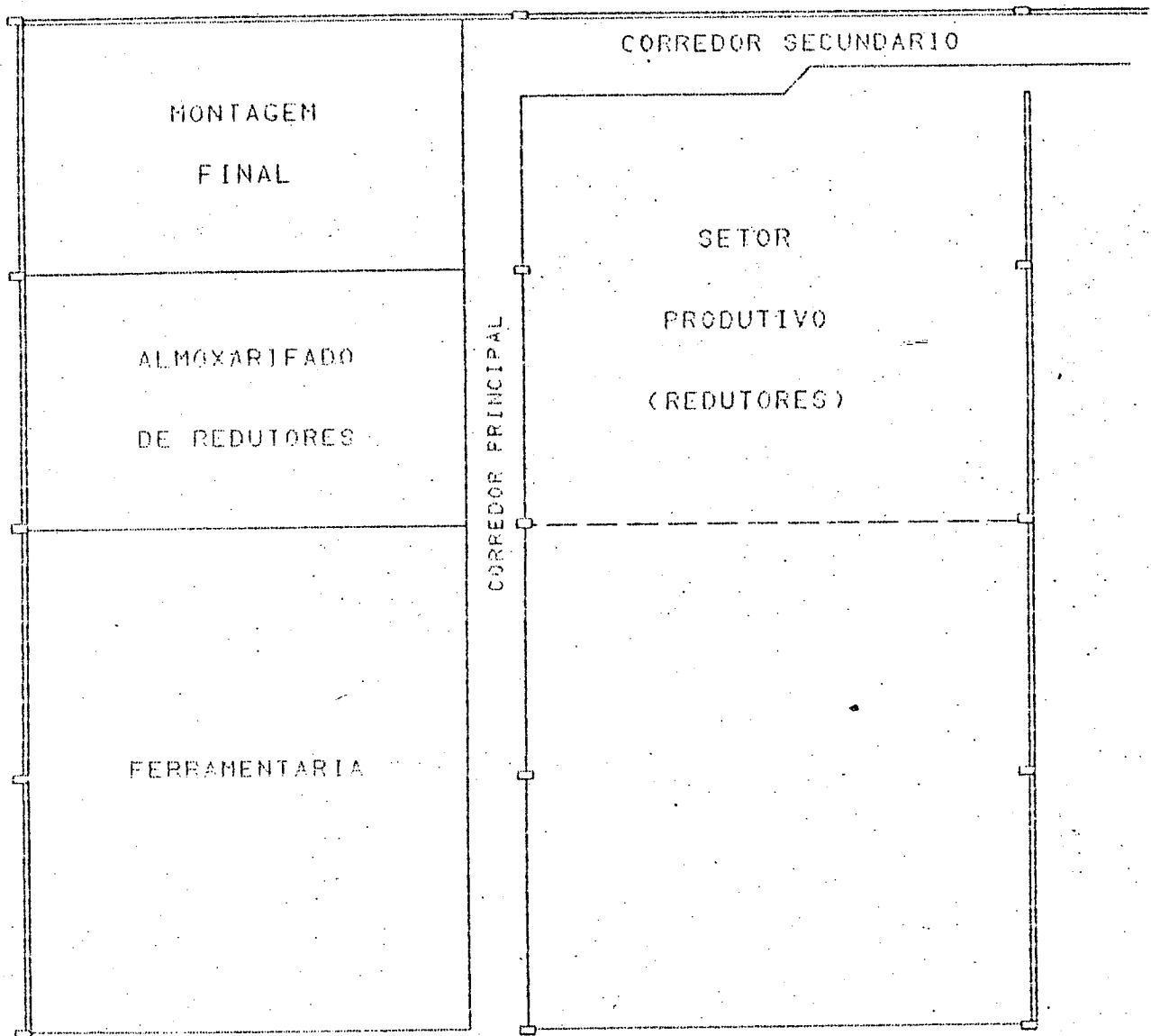


Figura 5.2 - Planta baixa do setor produtivo

A iluminação natural é complementada com a artificial usando para tanto lâmpadas incandescentes. O projeto considerou o nível de iluminamento para ocasiões em que haja uma redução da transparência das telhas translúcidas dispostas na vertical em função de um acúmulo de sujeira. Além dessa iluminação artificial geral há a iluminação localizada a qual é realizada a partir da

instalação de porta-lâmpadas flexíveis no ponto desejado. Essa iluminação visa dotar certos pontos de trabalho com um nível de iluminamento mais elevado sendo encontrada principalmente nos tornos mecânicos.

O tipo de cobertura hoje existente propicia uma boa iluminação natural e deveria permitir uma boa ventilação natural. A ventilação fica restringida pelo fato de que na face vertical do telhado há telhas e não janelas basculantes. Essas telhas servem como barreira física ao fluxo e renovação do ar o que gera acúmulo de calor. Essa situação era amenizada pela presença de exaustores dispostos estrategicamente. No entanto, a direção da empresa já tomou consciência desse problema e iniciou a instalação de janelas basculantes ao invés das telhas. Haverá com isso, não só a melhora da ventilação e renovação do ar como também um incremento no nível de iluminamento já que ficará facilitado o trabalho de limpeza.

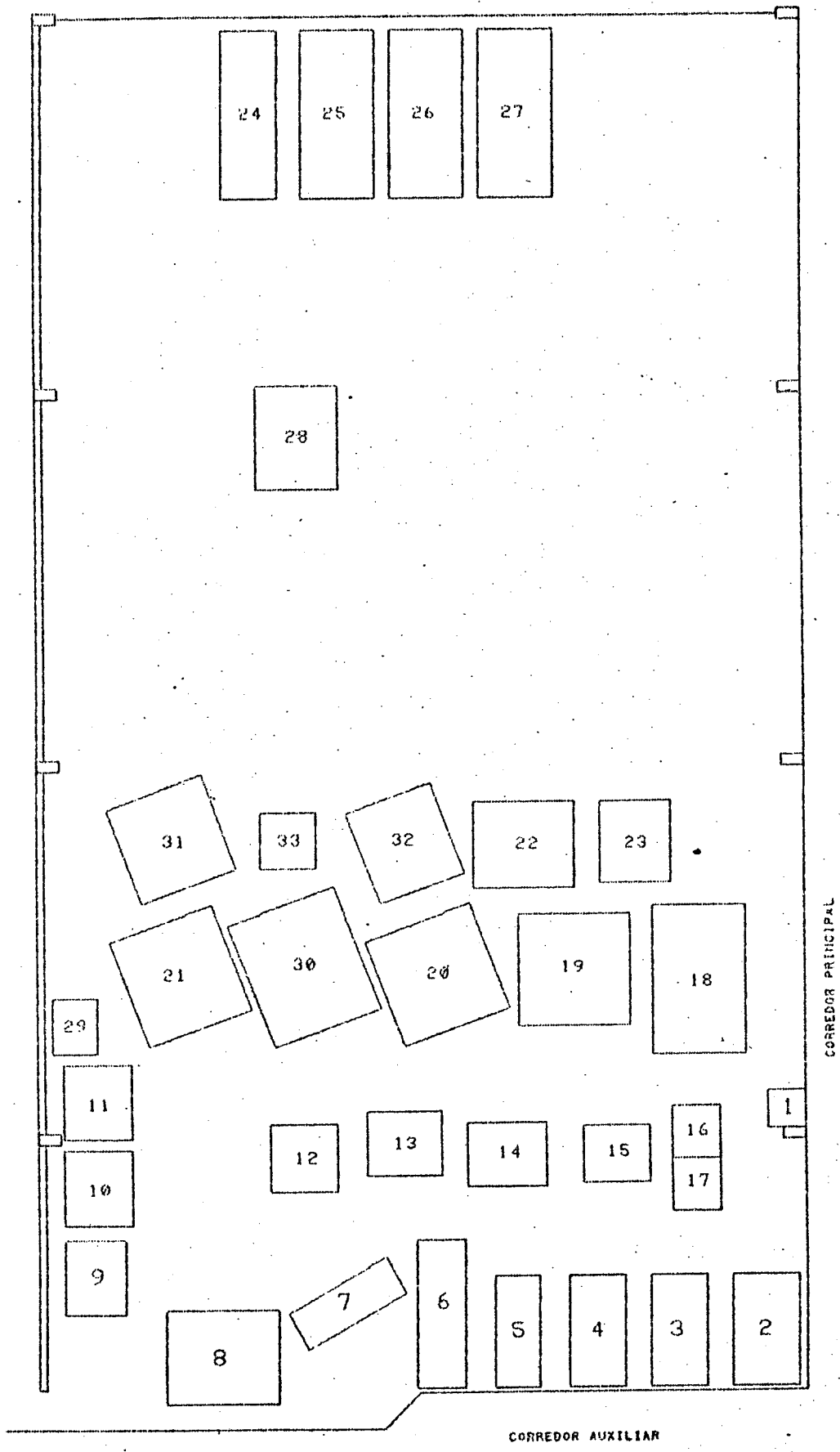
Circundando a área encontra-se a rede de suprimentos. A rede de energia elétrica está instalada, em uma calha aberta, a uma altura aproximada de 4,0m do piso. Apresenta um ramal central do qual partem os ramais laterais aos quais estão ligados os diversos equipamentos. A rede de ar comprimido está instalada a uma altura aproximada de 4,0m e circunda, tal qual um anel fechado, a área do setor produtivo de onde partem os diversos ramais de alimentação os quais, são flexíveis.

O setor produtivo apresenta um arranjo físico por processo ou funcional. A ênfase é dada ao agrupamento dos equipamentos em unidades funcionais que desempenham todas as operações semelhantes. O arranjo físico que será revisto encontra-se representado na figura 5.3.

#### d. Planilha de custos

Resta, para completar o banco de dados proposto pela metodologia uma planilha de custos. Tal qual na grande maioria das





- Legenda:
- 01 - Moto-esmeril;
  - 02 - Torno Nardini;
  - 03 - Torno Nardini Sagaz;
  - 04 - Torno Nardini Sagaz;
  - 05 - Torno Romi P-400;
  - 06 - Torno Romi MVI-DA;
  - 07 - Fresadora Fellows;
  - 08 - Fresadora Renamia;
  - 09 - Fresadora Toss;
  - 10 - Fresadora Fellows;
  - 11 - Fresadora Fellows;
  - 12 - Furadeira de Coluna;
  - 13 - Furadeira de Coluna;
  - 14 - Furadeira de Coluna;
  - 15 - Furadeira de Coluna;
  - 16 - Furadeira de Bancada;
  - 17 - Furadeira de Bancada;
  - 18 - Torno Romi;
  - 19 - Retífica Cilíndrica;
  - 20 - Fresadora Romi U-30;
  - 21 - Fresadora Zema;
  - 22 - Retífica Plana;
  - 23 - Retífica "Centerless";
  - 24 - Torno Revólver Traub TB-25;
  - 25 - Torno Revólver Traub TB-60;
  - 26 - Torno Revólver Xervitt;
  - 27 - Torno Revólver Xervitt;
  - 28 - Torno Revólver Xervitt;
  - 29 - Laminadora de Engrenagens;
  - 30 - Fresadora Romi U-30;
  - 31 - Fresadora Natal NBVR-65;
  - 32 - Fresadora Joinville;
  - 33 - Prensa Hidráulica (5t).

Figura 5.3 - Arranjo físico atual do setor produtivo

empresas, a empresa na qual está sendo desenvolvido esse trabalho não possui um sistema de custos planejado e em operação. Para contornar esse problema foi proposto um sistema sendo, inclusive, planejada a sua operacionalização. No entanto, o mesmo não foi implantado devido a uma série de resistências oferecidas pelo corpo diretivo da empresa cuja análise não faz parte do escopo desse trabalho. Não tendo como avaliá-lo o sistema proposto acabou caindo no esquecimento.

Apesar de ser a planilha de custos um dado importante, ela não é absolutamente imprescindível. Se, não pode ser feita uma avaliação direta da redução do custo que a empresa poderia apresentar, ela será feita de um modo indireto. Poder-se-á supor que a redução do número de peças refugadas e que sofrem retrabalho propiciará uma redução do custo de produção. Do mesmo modo pode-se prever que, ao ocorrer uma redução do espaço percorrido pelas diversas peças em produção haverá uma redução no tempo improdutivo. Esse fato fará com que seja reduzido o tempo total gasto para a produção dessas peças o que, resultará em um aumento no volume de peças produzidas. Em havendo uma redução do espaço percorrido serão reduzidas as possibilidades de queda de peças, extravios ou outras avarias o que também poderá reduzir o custo.

## Etapa 2 - Racionalização de cada um dos Dados

Em seguida à definição dos dados a serem levantados deve ser feita a sua racionalização antes que eles sejam documentados.

Esta etapa previa a racionalização de dados ligados ao produto e ao processo produtivo. No entanto, em virtude de o projeto do produto já estar devidamente racionalizado, serão considerados apenas os dados ligados ao processo produtivo.

Nesta etapa será estipulado e firmado o melhor meio de produzir cada um dos componentes, tendo em vista a enorme disparidade de operações realizadas pelos diversos operadores, ou seja, não há concordância entre os parâmetros utilizados pelos di-

versos operadores. Assim, verifica-se que cada operador produz conforme o seu conhecimento ou habilidade, caracterizando desse modo uma empresa que produz sob encomenda, sem uma linha de produtos definida. Agora, não caberia nesse caso uma super-especialização dos operadores, tendo em vista que a produção não permite caracterizar uma linha de produção.

Serão estipulados, para cada um dos componentes que são produzidos internamente, alguns parâmetros ligados ao processo produtivo que permitirão o melhor aproveitamento dos fatores de produção disponíveis. É assim que, serão definidos, dentre os equipamentos disponíveis, os mais adequados à execução de cada uma das tarefas, as ferramentas a utilizar, os dispositivos de fixação a empregar, os planos de referência dimensional, etc.

Para a definição dos parâmetros ligados ao processo produtivo foram consideradas cada uma das operações além das características dimensionais de cada um dos componentes que serão produzidos. Assim, para a escolha do equipamento a utilizar foi considerada a dimensão do componente, volume de produção, precisão dimensional, o tipo de material do componente e a operação a ser realizada.

Os parâmetros definidos empiricamente foram então testados na prática a fim de verificar se o que havia sido definido seria factível na prática. Verificada a exequibilidade, os parâmetros eram considerados como os definitivos sendo então, documentados.

Além dos parâmetros ligados ao processo produtivo serão definidos os meios de controle da qualidade do que está sendo produzido. Serão definidos os dispositivos a utilizar quando da inspeção, a quantidade a inspecionar, os objetos de cada uma das tarefas de inspeção, etc.

O procedimento a ser seguido, relativo a inspeção, está descrito no plano de inspeção, em poder do departamento de Controle de Qualidade. Nesse plano estão especificados o que, quanto e com que instrumentos inspecionar além de quais as operações intermediárias que deverão ser inspecionadas pelo operador até a

liberação do lote em produção. A inspeção final, que possibilita a liberação do lote para o Almoxarifado, deverá ser realizada pelo inspetor do Controle de Qualidade. Esse plano prevê ainda que, de modo aleatório, o inspetor fará uma verificação, nos diversos postos produtivos, em peças que tenham sido recentemente aferidas a fim de verificar a acuidade com o que o operador está executando a tarefa de inspecionar.

A inspeção é, geralmente, realizada sobre alguma variável a fim de aferir a precisão na execução da operação e verificar se as dimensões mais importantes estão dentro das tolerâncias admissíveis. A inspeção nem sempre é realizada sobre todas as peças que compõem o lote mas, muitas vezes, apenas sobre uma amostra representativa do mesmo.

Ficará estipulado ainda, o trâmite de toda a documentação ligada ao planejamento e controle da produção. No entanto, esta atividade e a ligada à definição das tarefas ligadas ao controle de qualidade, não serão descritas neste trabalho, tendo em vista a exigência de sigilo por parte da empresa.

### Etapa 3 - Documentação

Cada um dos dados necessários ao desenvolvimento do trabalho foi documentado utilizando-se, para tal, uma documentação apropriada a cada caso. É assim que, foi estabelecido, para cada grupo de informações, um documento a ser utilizado com base nas peculiaridades da empresa sob análise. Não significa, no entanto, que tais documentos não possam ser utilizados por outras empresas tendo em vista que os mesmos apresentam um caráter universal devendo apenas, respeitar as peculiaridades de cada usuário.

Para que se possa prosseguir com o estudo faz-se necessário ter em mãos a Folha de Processo de Fabricação (anexo 3). Nesse documento devem constar dados que identifiquem todas as operações que são executadas sobre a peça, incluindo aí as respectivas características dimensionais intermediárias além de outras carac-

terísticas eventualmente necessárias como por exemplo, a dureza ou o acabamento superficial. Assim, com a implantação desse documento, toda a peça produzida internamente passa a ser fabricada conforme especificado nesse documento, o que possibilita uma padronização das operações de produção. Essa folha, no entanto, não pode ser confundida com a Folha de Métodos e Processos já que não tem como característica definir cada movimento envolvido no processo produtivo.

A Folha de Processo de Fabricação foi desenvolvida ao verificar que até então, ela não existia oficialmente, o que propiciava uma heterogeneidade no modo de realizar as operações produtivas. Esse fato acabava acarretando tempos de produção bastante diversos além de quantidade aquém do esperado. Antes da implantação desse documento, o refugo atingia a marca de 25% do volume total produzido. Decorridos seis meses de sua implantação, esse valor caiu para aproximadamente 10% do volume total produzido. Não é um valor ótimo porém, é bastante razoável se comparado com o anterior. A tendência, no entanto, é uma contínua redução desse valor até que seja atingido o patamar de 5%. Esse valor, no entanto, não seria possível de ser atingido se providências outras não tivessem sido adotadas. Além da implantação dessa Folha foram incrementadas as atividades realizadas pelo Controle de Qualidade. A inspeção realizada sobre a produção deixou de ser executada apenas ao término da produção do lote, passando a ser realizada em etapas intermediárias, ou seja, entre postos operativos ou, até mesmo, entre operações que definem dimensões importantes. Esse tipo de operação foi possível após ter sido repassado ao operador a responsabilidade de aferição da qualidade do serviço que está executando. O operador, ao perceber a responsabilidade, passou a trabalhar de modo bem mais consciente, melhorando dessa forma a qualidade do que está produzindo.

Não houve a preocupação com a determinação dos tempos e movimentos em função da relativa diversidade de peças a serem produzidas por um mesmo operador e pequena quantidade de peças por lote o que propiciaria uma economia potencial desprezível. Conforme Ralph M. Barnes (04), "A definição do problema, a análise e a pesquisa de soluções possíveis serão tratadas de maneira

superficial se a operação for temporária, se o volume for pequeno ou se a economia potencial for desprezível. Ao contrário, um estudo pormenorizado poderá ser justificado quando se tratar de um trabalho que envolva muitos operários, matérias-primas de valor e equipamentos caros".

Definida a Folha de Processo de Fabricação pode-se partir para a confecção do Diagrama de Fluxo (anexo 4) e o Diagrama do Fluxo Produtivo (anexo 5). Esses dois diagramas serão bastante úteis pois possibilitarão a visualização gráfica do fluxo produtivo ou seja, permitirão acompanhar graficamente, passo a passo, cada uma das peças ao longo do processo produtivo:

A partir da Folha de Processo de Fabricação pode ser traçado o Diagrama de Fluxo. Esse documento será obtido para todas as peças envolvidas no fluxo produtivo, evitando-se a confecção desse para as peças adquiridas já prontas junto aos fornecedores, já que as mesmas não influirão na disposição das máquinas e equipamentos no setor produtivo.

Estando o Diagrama de Fluxo em escala e, sendo esse um retrato fiel do setor produtivo pode-se extrair os valores aproximados relativos ao espaço percorrido pelo material em processo. Esses valores e mais alguns dados extraídos da Folha de Processo de Fabricação irão permitir o preenchimento do Diagrama do Fluxo Produtivo.

Para a documentação dos dados relativos aos equipamentos a serem considerados, foi utilizada a Folha de Equipamentos na qual estão especificadas, equipamento a equipamento, algumas informações ligadas ao espaço necessário as quais possibilitam, ao final, a definição da área total a ser destinada a cada um deles.

Fazendo-se uma análise de todos os dados até aqui levantados, racionalizados e documentados percebe-se ter sido fechado o ciclo. Foram obtidas informações acerca da mão-de-obra, equipamentos e máquinas disponíveis, espaço a ser utilizado, ambiente da empresa, rede de serviços, edificação, processo e fluxo produtivo, equipamentos de transporte e volume mensal de peças em pro-

cesso. Com esses dados já pode-se partir para a realização da 4ª etapa que consta da Formulação de Alternativas.

#### 5.5 FASE 4. FORMULAÇÃO DE ALTERNATIVAS

Prosseguindo na utilização da metodologia proposta atinge-se agora a quarta etapa. É nessa etapa que a imaginação será posta à prova, pois esta é a parte criativa do trabalho que está sendo desenvolvido. Isso não quer dizer que até então não se tenha utilizado a imaginação, já que para se chegar até esse ponto, muitos percalços foram vencidos, dificuldades essas que podem se materializar na falta de dados e documentação dos mesmos. Assim, para superá-los, alguns documentos tiveram que ser criados e aprimorados, o que permitiu a documentação dos dados além de ter facilitado a operacionalização e manuseio dos dados necessários ao desenvolvimento do trabalho.

É nesse ponto que passamos do trabalho teórico para o prático, já que agora se passa para o manuseio dos dados que foram levantados, racionalizados e documentados. Basicamente, estará sendo feito um refinamento do relacionamento entre as atividades e o espaço necessário à execução dessas atividades onde será tentado resolver um problema a partir das limitações e restrições existentes.

Até essa fase foram levantados muitos dados correlatos e que juntos influenciarão no processo de formulação das várias alternativas. De posse desses dados deve-se partir para o trabalho ordenado com os mesmos até que se obtenha algumas proposições para a situação em pauta.

Para que o trabalho com os dados se processe de modo ordenado e, a fim de atingir com o menor grau de dispersão possível os objetivos finais, pode-se empregar qualquer um dos métodos existentes para a formulação de proposições acerca do arranjo físico a ser adotado. O emprego de um ou de outro método será definido com base nos dados existentes e familiaridade com o emprego



dos mesmos. Assim ocorre porque ao fazer uma análise de cada um dos métodos verificar-se-á que o objetivo de cada um deles, explícito ou não, é a minimização da movimentação dos materiais ou transporte dos mesmos. Pode-se pensar que deve ser dada prioridade à localização dos postos produtivos que apresentem grande movimentação de materiais de e para os demais postos produtivos e, em seguida, dispor os demais postos.

Os inúmeros métodos possibilitarão a formulação de diversas propostas teóricas as quais servirão como base e ponto de partida a uma intrincada movimentação de blocos, considerando-se aqui as mais diversas restrições existentes e que porventura não tenham sido até agora consideradas. Dessa movimentação surgirão então as possíveis soluções e que serão consideradas como tal a solução do problema.

A fim de facilitar, agilizar e reduzir o tempo gasto com a formulação das diversas proposições poder-se-ia utilizar algum dos algoritmos computacionais existentes. No entanto, será empregado um algoritmo que dispensa o emprego de recursos computacionais (anexo 9). Esse algoritmo será empregado tendo como objetivo a menor movimentação possível de materiais além da redução do espaço percorrido pelo material em processamento. Cada um dos passos que serão seguidos será devidamente explicado.

Para a formulação das possíveis soluções deve ser, inicialmente, preenchido o Quadro de Tráfego (anexo 6). Nesse quadro estarão especificadas as quantidades de peças que são transportadas de um posto operativo para outro. Essa quantidade será influenciada pelo grau de dificuldade, o que irá aumentar ou diminuir os valores reais relativos às quantidades transportadas, conforme a maior ou menor dificuldade de transporte.

No caso em análise, será considerado como grau de dificuldade o peso de cada uma das diversas peças, já que elas não exigem cuidados especiais quando do transporte. Fazendo uma verificação do peso das diversas peças, foi constatada uma grande semelhança entre os mesmos à exceção de 3 tipos de peças, a engrenagem parada, a tampa e a carcaça. A tampa apresenta o mesmo peso

da engrenagem parada e que corresponde a três vezes o peso médio das demais peças, ao passo que a carcaça pesa cinco vezes mais que a média das demais peças. Desse modo, o transporte de uma carcaça corresponde ao transporte de, por exemplo, cinco engrenagens satélite, ao passo que o transporte de uma tampa ou de uma engrenagem parada corresponde ao transporte de três engrenagens satélite.

Sabe-se que cada lote passará de um posto operativo para outro e, sabe-se ainda que cada lote é composto por um determinado número de peças. O número de peças que compõem cada lote dependerá da disponibilidade de equipamentos e da programação de entrega. No entanto, os valores apontados representam a produção mensal. Assim, por exemplo, do posto 26 passarão para o posto 2 um total de 4760 peças sendo que esse total será composto por:

- 210 unidades de 5RP-00-F3-SA
- 210 unidades de 5RP-00-F4-SA
- 210 unidades de 5RP-00-F5-SA
- 420 unidades de 5RP-00-F3-TI
- 420 unidades de 5RP-00-F4-TI
- 420 unidades de 5RP-00-F5-TI
- 35 unidades de 5RP-00-F3-ES
- 35 unidades de 5RP-00-F4-ES
- 35 unidades de 5RP-00-F5-ES
- 35 unidades de 10RP-M0-F4-PR
- 35 unidades de 10RP-M0-F5-PR
- 105 unidades de 10RP-00-F5-SA
- 210 unidades de 10RP-00-F3-SA
- 210 unidades de 10RP-00-F4-SA
- 420 unidades de 10RP-00-F3-TI
- 420 unidades de 10RP-00-F4-TI
- 420 unidades de 10RP-00-F5-TI
- 35 unidades de 10RP-00-F4-ES
- 35 unidades de 10RP-00-F5-ES
- 20 unidades de 20RP-M0-F3-PR
- 20 unidades de 20RP-M0-F4-PR
- 20 unidades de 20RP-M0-F5-PR
- 240 unidades de 20RP-00-F3-TI
- 240 unidades de 20RP-00-F4-TI

- 240 unidades de 20RP-00-F5-TI  
 - 20 unidades de 20RP-00-F3-ES  
 - 20 unidades de 20RP-00-F4-ES  
 - 20 unidades de 20RP-00-F5-ES. Procede-se desse modo até o completo preenchimento do quadro, no qual, passam a estar representadas as intensidades de tráfego.

O resultado dessa tarefa pode ser visto na figura 5.4.

Após o preenchimento do quadro é feita uma ordenação decrescente, conforme intensidade de tráfego, de tal modo que se tenha uma visualização das ligações mais intensas o que permite uma priorização nas ligações entre postos.

Ordenando, de forma decrescente, as diversas ligações obtêm-se:

Pr - Er = 14580	2 - 11 = 1080	5 - 15 = 540	28 - 17 = 180
Er - 19 = 14040	3 - Er = 970	6 - 12 = 540	3 - 21 = 140
Eg - Pr = 8100	4 - Er = 970	6 - 13 = 540	4 - 21 = 140
22 - Er = 7350	28 - Er = 970	6 - 14 = 540	28 - 21 = 140
2 - Pr = 6480	12 - 16 = 945	6 - 15 = 540	2 - P1 = 130
16 - Er = 5490	13 - 16 = 945	Pr - 16 = 540	3 - 9 = 120
17 - Er = 5490	14 - 16 = 945	Pr - 17 = 540	3 - 10 = 120
Eg - 26 = 4865	15 - 16 = 945	29 - 3 = 540	3 - 11 = 120
Eg - 27 = 4865	12 - 17 = 945	29 - 4 = 540	4 - 9 = 120
26 - 2 = 4760	13 - 17 = 945	29 - 28 = 540	4 - 10 = 120
27 - 2 = 4760	14 - 17 = 945	Pr - 3 = 470	4 - 11 = 120
Eg - 24 = 3975	15 - 17 = 945	Pr - 4 = 470	28 - 9 = 120
Eg - 25 = 3975	18 - 12 = 810	Pr - 28 = 470	28 - 10 = 120
24 - Er = 3510	18 - 13 = 810	24 - 2 = 465	28 - 11 = 120
25 - Er = 3510	18 - 14 = 810	25 - 2 = 465	3 - 19 = 110
Eg - 18 = 3240	18 - 15 = 810	29 - Pr = 330	4 - 19 = 110
23 - Er = 3240	16 - 7 = 810	20 - Er = 330	28 - 19 = 110
29 - Er = 2850	17 - 7 = 810	19 - 20 = 330	P1 - 9 = 90
Er - 5 = 2160	16 - 8 = 810	Er - 9 = 270	P1 - 10 = 90
Er - 6 = 2160	17 - 8 = 810	Er - 10 = 270	P1 - 11 = 90
9 - 29 = 1800	Eg - 3 = 767	Er - 11 = 270	3 - P1 = 47
10 - 29 = 1800	Eg - 4 = 767	29 - 21 = 210	4 - P1 = 47
11 - 29 = 1800	Eg - 28 = 766	29 - 22 = 210	28 - P1 = 46



7 - 29 = 1620	29 - 16 = 630	21 - Er = 210	26 - 3 = 35
8 - 29 = 1620	29 - 17 = 630	3 - 16 = 180	26 - 4 = 35
16 - 23 = 1620	2 - Er = 600	3 - 17 = 180	26 - 28 = 35
17 - 23 = 1620	5 - 12 = 540	4 - 16 = 180	27 - 3 = 35
2 - 9 = 1080	5 - 13 = 540	4 - 17 = 180	27 - 4 = 35
2 - 10 = 1080	5 - 14 = 540	28 - 16 = 180	27 - 28 = 35

Estando as diversas intensidades de tráfego ordenadas de forma decrescente parte-se para a classificação em categorias. Essa classificação apontará a maior ou menor importância em definir determinados posicionamentos, de acordo com a intensidade de tráfego entre dois postos operativos.

Durante esse processo de classificação serão levados em conta alguns fatores que não foram até aqui considerados. Será considerada, por exemplo, a possibilidade de colocação de 2 ou mais equipamentos em uma ilha de tal modo que um único operador possa operá-los concomitantemente. Ainda, será considerada a inviabilidade ou inadequação na colocação de certos equipamentos próximos um do outro em função da possibilidade de transmissão de vibrações, ruídos, pó ou inconvenientes outros. Estando definida a priorização, parte-se para a ligação dos postos onde essa ligação e correspondente proximidade obedecerá à importância relativa. Em decorrência desse procedimento ter-se-á em mãos um posicionamento teórico dos diversos postos produtivos. Tem-se desse modo, praticamente definida a disposição básica, restando apenas, a verificação da viabilidade física dessa disposição. Restam alguns acertos ou, na pior das hipóteses, as possibilidades de arranjar fisicamente os meios de produção ficam restringidas o que diminui o número de alternativas, facilitando desse modo, a tarefa de criar alternativas e avaliá-las.

A classificação será baseada nos preceitos já definidos por Richard Muther no método SLP (Ítem 2.7.1).

No caso em questão, foi classificado como importante o posicionamento dos diversos tornos automáticos próximos um do outro. Isso permitiria a operação por um menor número de operários, maior rapidez na troca de cames e ferramentas além de concentrar

em um único ponto esse tipo de equipamento. O mesmo poderia ser considerado quanto ao posicionamento das 5 fresadoras de engrenagens. Esses equipamentos necessitam apenas de alimentação, ajustes e acionamento já que apresentam, dependendo do tamanho da engrenagem, um ciclo de operação bastante longo (2 horas) e que não necessita de acompanhamento. Assim, dois operadores seriam os responsáveis pela operação desses 5 equipamentos. Além da facilidade de operação existe o fato de concentrar em um único ponto os locais de armazenagem das ferramentas próprias.

Outra ligação a ser considerada como importante é a estreita proximidade entre os postos nos quais o processo produtivo é iniciado ou finalizado e os postos de armazenagem. O material, para evitar refluxo desnecessário, deve ser retirado do almoxarifado e enviado ao posto operativo que dá início ao processo produtivo o qual, deve ser o que está o mais próximo possível do almoxarifado. Do mesmo modo, o produto deve ser encaminhado ao almoxarifado, após o término do processo, pelo caminho mais curto. Isso leva a aproximar os últimos postos produtivos do almoxarifado.

Para que essa proximidade pudesse ser caracterizada poderia optar-se pela utilização do arranjo em "U" ou o arranjo circular. Assim, o material em bruto entraria por um determinado ponto e a remoção do produto acabado se daria pelo mesmo ponto ou muito próximo a esse. No entanto, como nem sempre é possível essa proximidade escolhe-se a que melhor se adequa as condições existentes. Será mais interessante a proximidade do posto que dá início ao processo produtivo do ponto de armazenagem quando a matéria-prima for muito volumosa, pesada ou delicada. Do contrário, quando a peça pronta sofreu um processo de acoplamento de componentes, resultando em aumento de peso ou cuidados no manuseio, é interessante a proximidade do posto final do ponto de armazenagem.

No caso em estudo, foi considerada como importante a proximidade dos postos que inicializam o processo do ponto de estocagem. Assim foi considerado, porque a matéria-prima encontra-se, geralmente, na forma de barras e tubos o que causaria, quando da

circulação da mesma através do setor produtivo, um certo tumulto no próprio setor. Além do que, para a produção de um determinado número de peças, o peso da matéria-prima bruta a ser consumida para a produção dessas peças é maior já que, durante as operações de usinagem ocorre uma grande remoção de material.

Uma outra ligação que será classificada como importante, é aquela que envolve os equipamentos nos quais são realizadas as operações de usinagem nas peças de ferro fundido. A proximidade desses equipamentos - equipamentos número 5, 6, 12, 14, 16 - permite a concentração do pó que é levantado com a operação de usinagem em um único ponto do setor produtivo o que reduziria a dispersão do mesmo. Como consequência dessa concentração deve haver um certo distanciamento entre esses equipamentos e os equipamentos mais precisos, como é o caso das fresadoras de engrenagens.

Como restrição deve ser considerado o fato de que a prensa utilizada no processo produtivo está localizada em um outro setor da fábrica. Ela está situada em um setor denominado "Prensas". Neste setor encontram-se todas as prensas existentes na empresa estando aí localizado, também, o depósito de ferramentas e os diversos gabaritos utilizados para a regulagem e aferição do ferramental. Assim, seria desaconselhável a remoção desse equipamento para o setor de redutores já que existe nesse ponto uma instalação específica a essa prensa. A prensa está apoiada sobre um piso que amortece as vibrações que são transmitidas ao piso. Além do inconveniente de ter que ser preparado um local para a instalação da prensa existe o fato de que, apenas 20% do volume mensal produzido pela prensa é destinado à linha de redutores. Os demais 80% do volume gerado pela prensa que é empregada pelo setor de redutores é composto de peças que são empregadas em outros equipamentos.

Uma alternativa é a aquisição de uma prensa menor e instalação da mesma no setor de redutores. Ainda assim não é interessante o posicionamento da mesma nesse setor, já que muitas são as desvantagens advindas dessa solução, destacando-se dentre elas, as seguintes:

- investimento adicional em equipamento e ferramental;

- investimento em instalações específicas;
- perda de flexibilidade quando de alguma possível alteração do arranjo físico;
- redução do espaço disponível com a instalação do equipamento e correspondentes pontos de apoio (depósito de ferramentas e gabaritos);
- aumento do nível de ruídos no setor de redutores;
- possibilidade de transmissão de vibrações ao piso, etc.

Uma outra restrição a ser considerada e que também está ligada ao volume de peças a serem produzidas refere-se ao posicionamento da plaina. Esse equipamento está localizado em um setor contíguo ao de redutores no qual a sua utilização é intensa. Assim, não é interessante a remoção da plaina desse setor e instalação da mesma no setor de redutores.

Fica faltando, para complementar a classificação, o processo de agrupamento das diversas ligações. Assim, serão consideradas como ligações "A" aquelas cuja intensidade de tráfego esteja situada em uma faixa que varia de 14580 a 6480. Agrupando na forma de intervalos tem-se:

- "E" varia de 5490 a 3240;
- "I" varia de 2850 a 1080;
- "O" varia de 970 a 465;
- "U" varia de 330 a 35.

Tendo o agrupamento e a classificação já sido realizados pode-se partir para a distribuição dos diversos postos produtivos. Essa distribuição será feita desconsiderando-se, inicialmente, a área disponível. A princípio, será feita uma alocação de ligações a qual obedecerá os critérios de importância definidos. Somente após essa distribuição ter sido executada é que será considerado o espaço disponível levando-se em conta então, todas as restrições, condições e limitações impostas pela área disponível.

O processo será dado início considerando as ligações classificadas como "A" desconsiderando, no entanto, as ligações que envolvem a prensa. O resultado está expresso na figura 5.5.



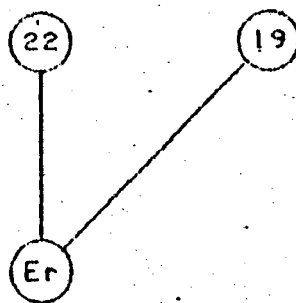


Figura 5.5 - Rede das ligações classificadas como "A"

O segundo passo será considerar as ligações classificadas como "E". Aquelas ligações que tiverem algum ponto-em comum com os postos já considerados serão realizadas na forma de apêndices. O resultado está expresso na figura 5.6.

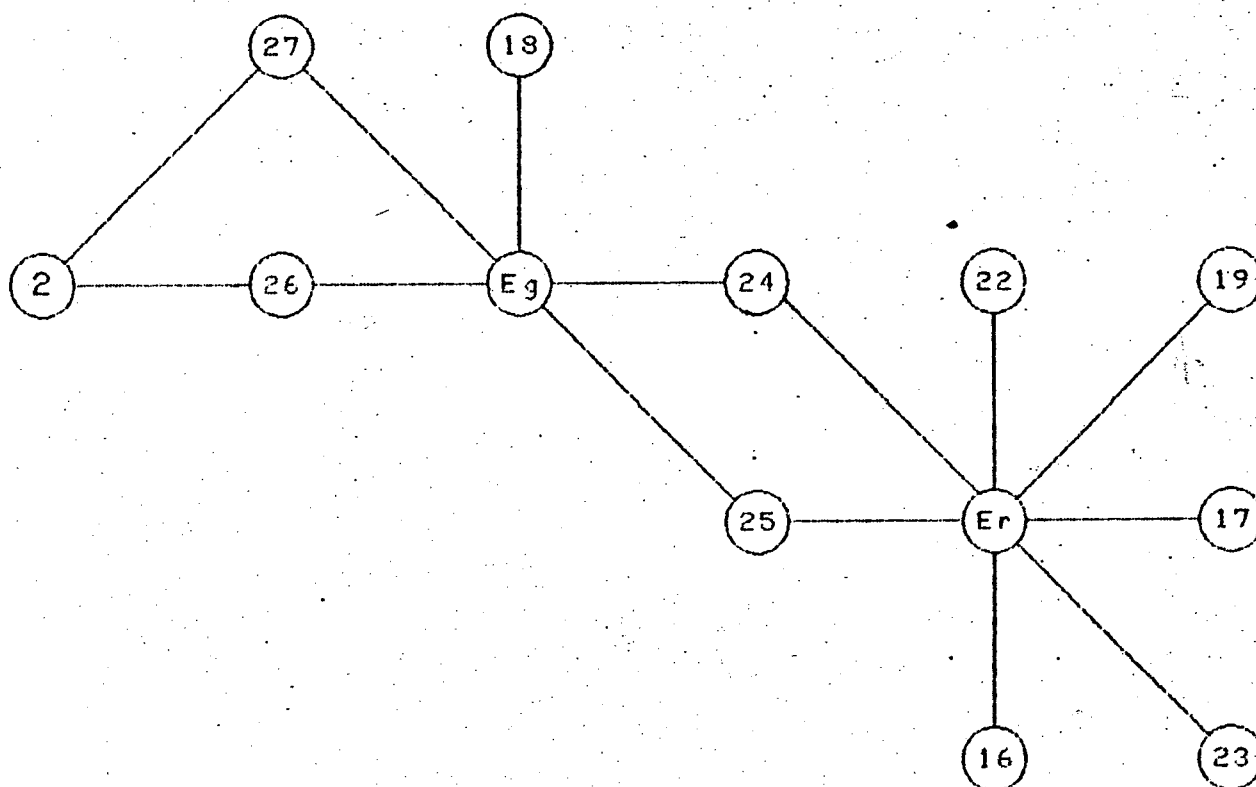


Figura 5.6 - Rede das ligações classificadas como "E"

O terceiro passo será considerar as ligações classificadas como "I". O procedimento a ser seguido é o mesmo do passo ante-

rior. O resultado está expresso na figura 5.7.

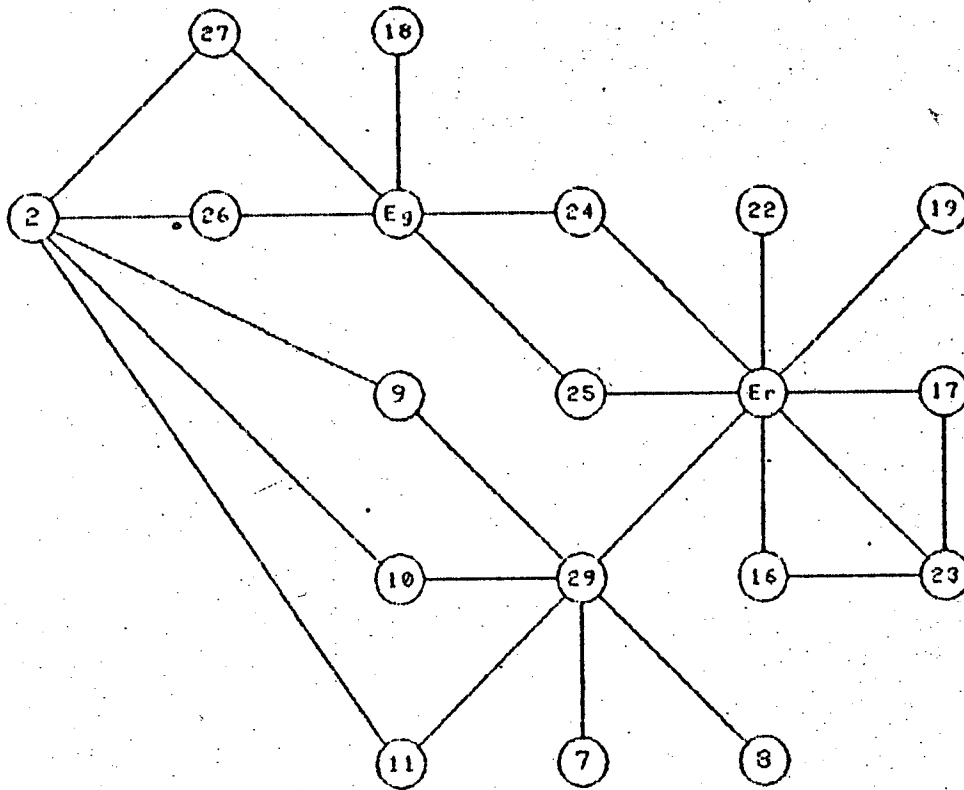


Figura 5.7 - Rede das ligações classificadas como "I"

Nesse ponto é interessante interromper o processo de ligação dos diversos postos e iniciar a distribuição desses postos na área disponível. As demais ligações servirão como pontos complementares ao processo de distribuição pois a importância das mesmas não é tão significativa. É nesse ponto que será dado início no processo de movimentação dos postos até que se chegue a algumas possíveis soluções. Para que dessa movimentação resultem soluções viáveis é importante que seja considerada a realidade física do espaço disponível. Será considerada a área disponível com todas as suas características e restrições além de ser considerada a área necessária a cada um dos equipamentos. Esse último valor encontra-se na Folha de Equipamentos.

Como forma de facilitar essa intrincada movimentação pode-se utilizar alguns modelos (anexo 8).

O resultado dessa movimentação foi a geração de algumas alternativas onde as mais relevantes estão apresentadas nas figuras 5.8, 5.9 e 5.10.

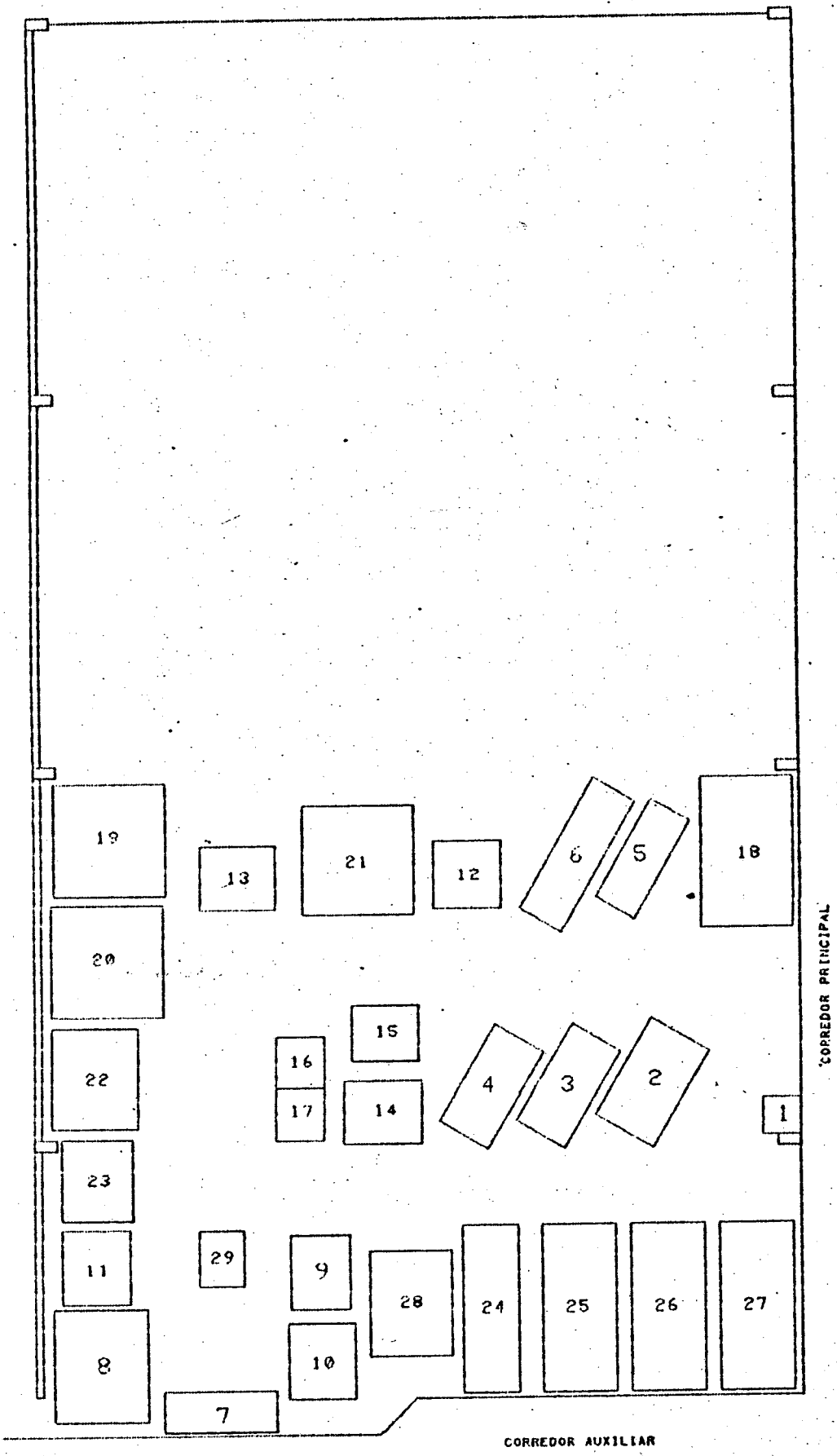


Figura 5.8 - Alternativa 01 ao Arranjo Físico Atual

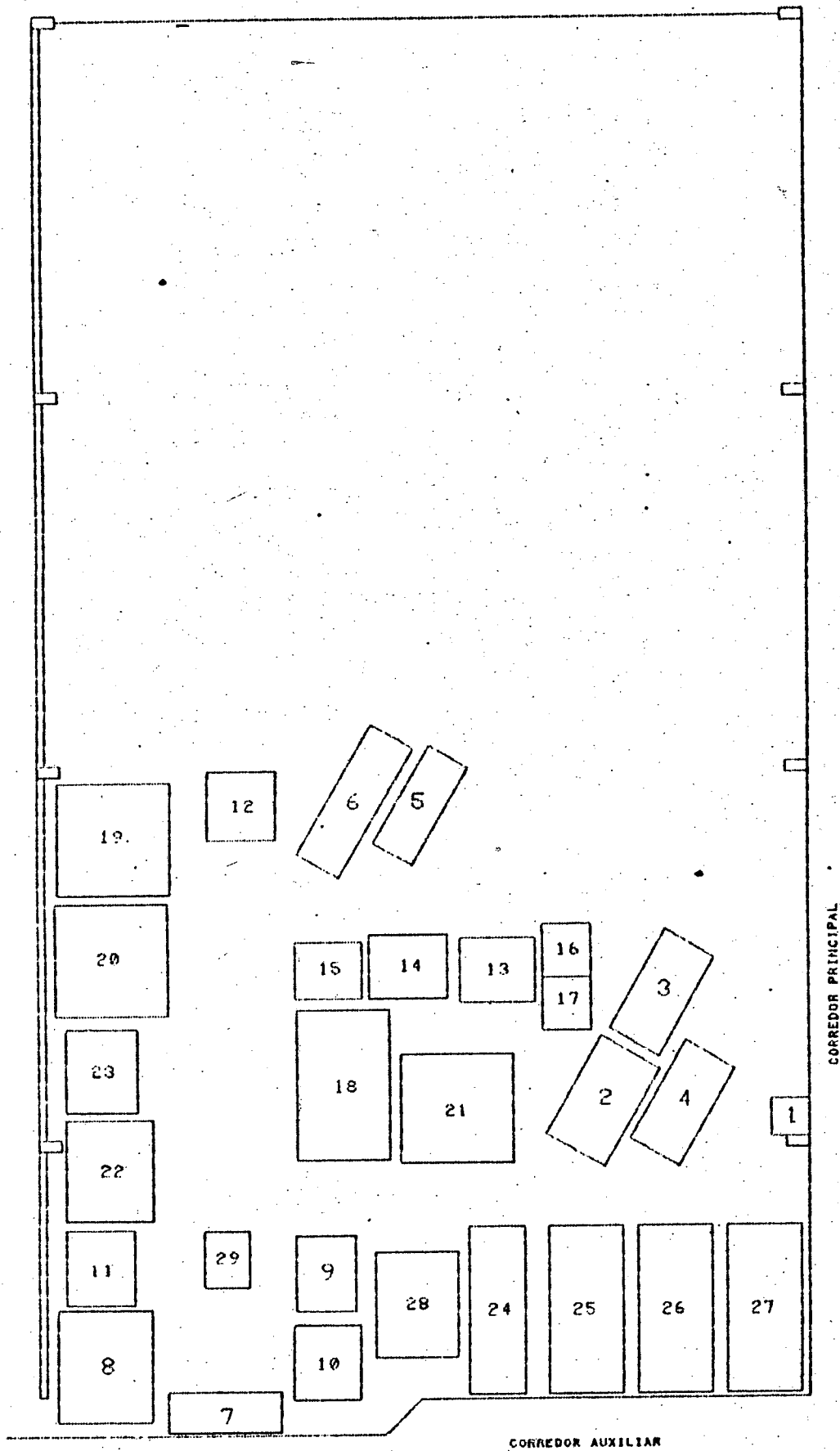


Figura 5.8 - Alternativa 02 ao Arranjo Físico Atual

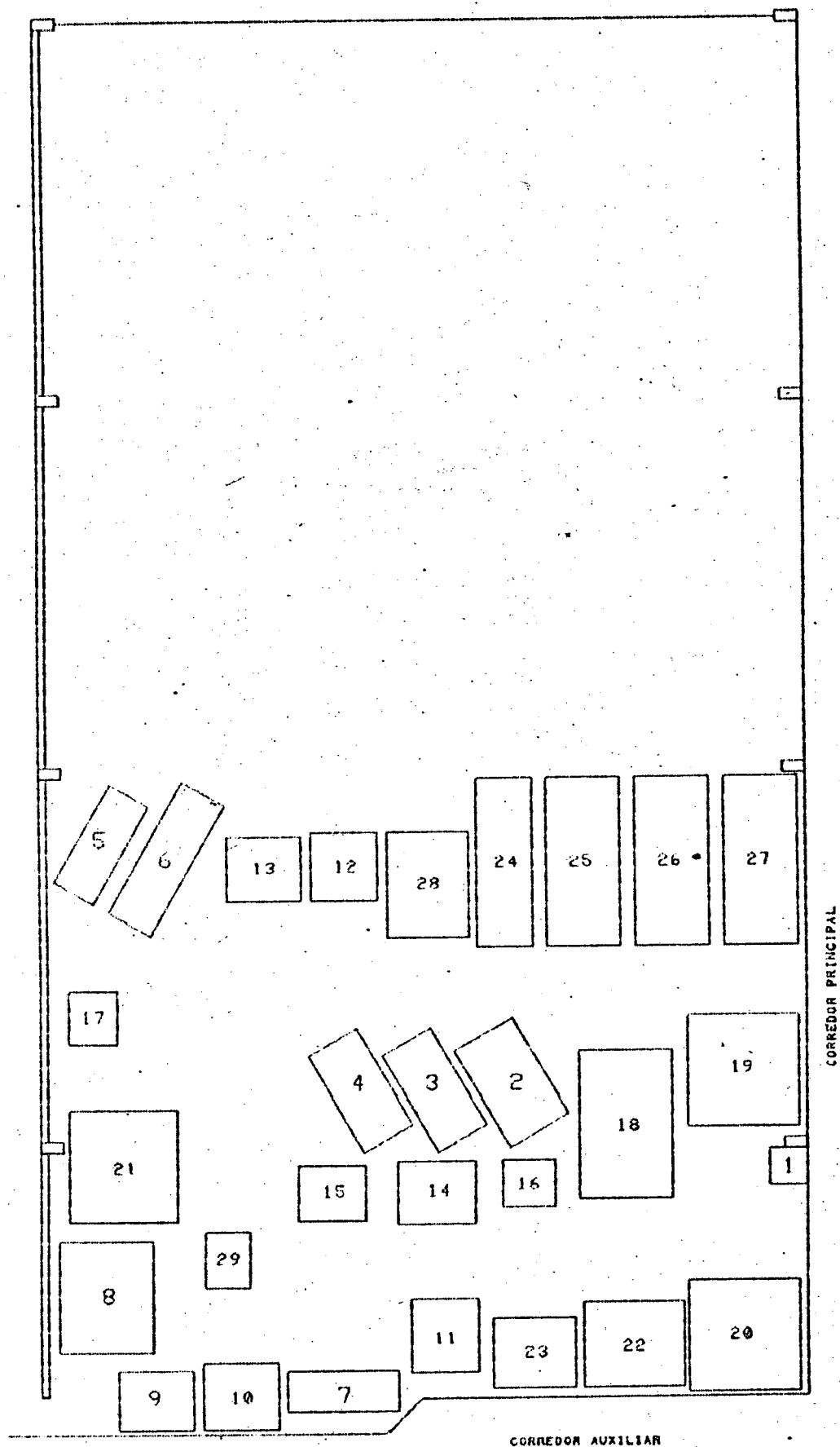


Figura 5.8 - Alternativa 03 ao Arranjo Físico Atual

Afora essas três alternativas será considerada uma quarta que é o arranjo físico hoje existente. Será considerado como uma alternativa a fim de que haja um parâmetro de comparação além do que há uma possibilidade de que as alternativas propostas não sejam melhores do que o que hoje existe. Tal fato pode representar alguma falha na geração das alternativas, devendo, portanto ser refeito. Pode ainda, indicar que o arranjo físico hoje existente é o mais indicado para a situação atual quando então, será protegida a alteração.

Em seguida à definição das alternativas que serão apresentadas ao público interessado no novo arranjo físico, são levantadas as vantagens e desvantagens atinentes a cada alternativa. Tal trabalho terá como parâmetro principal de comparação o que já foi estipulado como objetivo principal. Como parâmetros complementares serão considerados os indiretos, conforme exposto no item 5.3.

Assim, conforme definição prévia, deve haver uma preocupação maior com uma redução no espaço a ser percorrido pelas peças em processo.

Em sendo esse um fator quantificável, será feita uma avaliação do espaço percorrido por todas as peças através do setor produtivo. Para tal, será considerada a distância efetivamente percorrida por cada uma das peças através do setor produtivo.

Os valores finais serão oriundos do somatório do produto das quantidades de peças que são transportadas entre os postos produtivos e o espaço efetivamente percorrido pelas peças entre esses postos ou de e para estoques. Assim, por exemplo, a distância percorrida pelas 1620 peças entre o posto 7 e o 29 (conforme Quadro de Tráfego) é igual a 11,5m (conforme distância levantada junto ao setor produtivo). O resultado do produto de 1620 por 11,5 é 18630m. Repetindo a operação para cada uma das ligações entre os postos obtém-se os respectivos valores os quais, quando somados fornecerão o valor total da distância percorrida por todas as peças ao longo do processo produtivo.

Assim, para cada uma das alternativas, o valor final será:

- Alternativa 1: 2.783.167m;
- Alternativa 2: 2.948.453m;
- Alternativa 3: 2.646.176m;
- Arranjo físico hoje existente: 2.984.534m.

Com a determinação dos valores acima apresentados, já há subsídios a utilizar na decisão pelo arranjo físico a implantar. Resta o levantamento das vantagens e desvantagens expressas através de fatores intangíveis. Assim, para cada alternativa, considerando ainda o arranjo físico hoje existente, tem-se os pontos abaixo enumerados.

#### Alternativa 1:

- Vantagens:
  - facilidade de substituição de 4 tornos mecânicos por 2 tornos C.N.C.;
  - corredores de circulação bem definidos;
  - possibilidade de um único operador para os 2 tornos C.N.C.;
- Desvantagens:
  - dispersão do pó da usinagem de ferro fundido pelo setor produtivo;
  - flexibilidade limitada;
  - acesso ao equipamento 19 não é adequado.

#### Alternativa 2:

- Vantagens:
  - bom espaço para expansão da capacidade produtiva;
  - fácil troca dos tornos mecânicos por C.N.C.;
- Desvantagens:
  - espaço grande a ser percorrido pelas peças em processo;
  - corredores são mais estreitos;
  - dificuldades em novos rearranjos;
  - muito espaço perdido entre equipamentos na ilha central;

- invasão de espaço destinado a outros setores da empresa.

### Alternativa 3:

- Vantagens:
  - Menor espaço percorrido pelas peças em processo;
  - concentração e isolamento dos equipamentos envolvidos com a usinagem do ferro fundido;
  - boa flexibilidade (espaço adequado entre equipamentos e corredores);
  - maior proximidade dos pontos que dão início e finalizam o processo produtivo do estoque;
- Desvantagens:
  - maior dificuldade quando da troca dos 4 tornos mecânicos por 2 C.N.C.;
  - ilha com fresadoras de engrenagens não está bem caracterizada;
  - corredores internos são irregulares.

### Arranjo físico atual:

- Vantagens:
  - não sofrer alterações o que não provoca interrupções no processo produtivo;
- Desvantagens:
  - existência de equipamentos sem utilização;
  - grande espaço percorrido pelas peças em processo;
  - dispersão dos equipamentos utilizados.

Em seguida ao levantamento das vantagens e desvantagens de cada alternativa, é feita a apuração dos investimentos previstos e economias advindas da alteração.



Como já havia sido afirmado anteriormente, o problema em questão não irá requerer investimentos já que os meios auxiliares à produção, como os carros de transporte e as ferramentas, serão mantidos. O mesmo ocorre em relação à mão-de-obra direta e espaço a ser ocupado.

Em relação aos equipamentos, 4 deles (nº 30, 31, 32 e 33) serão desativados com a alteração, o que irá propiciar uma desmobilização de capital. Além desses 4 equipamentos, serão substituídos 4 tornos mecânicos por 2 tornos C.N.C.. Tal investimento, no entanto, não será considerado, tendo em vista que a decisão pela substituição é prévia ao estudo de reformulação do arranjo e obedeceu a fatores que não fazem parte do escopo deste trabalho.

Assim, os investimentos ficam restritos a eventuais despesas com manutenção dos equipamentos e edificação. Além destas, são consideradas aquelas relacionadas à fixação dos equipamentos e redistribuição da rede de serviços. Esses valores, no entanto, serão desconsiderados pois são de pequena monta.

Há a considerar os custos decorrentes da paralisação da produção. No entanto, tais custos, a princípio, não existem, já que a alteração será realizada durante as férias coletivas. Durante este período está prevista a realização da manutenção preventiva dos equipamentos de toda a empresa. O eventual custo estará embutido no dimensionamento da equipe envolvida a fim de que, ao final das férias coletivas (3 semanas), o trabalho de alteração esteja concluído, permitindo assim, a continuidade da produção. Tal valor, no entanto, não será levantado tendo em vista que os custos envolvidos serão de pequena monta sendo sobrepujados pela redução das perdas e aumento no volume produzido.

As economias advirão da redução do espaço a ser percorrido e demais ganhos gerados em consequência dessa redução (item 5.3). O valor relativo será levantado em função da expansão do volume produzido e redução do índice de refugos.

De posse destes dados pode-se partir para a 5ª fase da metodologia proposta.

## 5.6 FASE 5. ESCOLHA DA MELHOR OPÇÃO

De posse das alternativas, respectivas vantagens e desvantagens pode-se passar a pensar nos meios de apresentação do trabalho desenvolvido aos interessados.

O meio escolhido para a apresentação das alternativas geradas foi o desenho o qual foi executado em escala conveniente.

Os desenhos e a documentação que foi utilizada no estudo foram reunidos e encaminhados a cada um dos interessados, a fim de que houvesse a oportunidade de realizar uma avaliação prévia de cada uma das alternativas sugerindo eventuais alterações. Nessa oportunidade foi explicado a essas pessoas como foi desenvolvido o trabalho incluindo os critérios para a determinação das alternativas.

Dessa apreciação prévia o resultado foi a aprovação, a princípio, sem restrições ou sugestões. Resta a marcação da reunião para a apreciação final.

Após a realização de uma verificação final, a fim de verificar se foram considerados todos os pontos que influem no arranjo físico além das peculiaridades da empresa, foi feita a apresentação do projeto. Durante a apresentação foi feita uma breve descrição da maneira como foi executado o trabalho. Em seguida, foram apresentadas as vantagens e desvantagens inerentes a cada uma das alternativas além do que foi levantado relativamente aos custos e economias envolvidos.

Após a apresentação foi realizado um debate envolvendo cada uma das alternativas. Essas alternativas foram aprovadas sem que alterações se fizessem necessárias já que não surgiram sugestões que pudessem propiciar eventuais correções.

Debatidas as alternativas resultou como projeto escolhido a alternativa de número 3.

Resta agora o planejamento para a implantação da alternativa escolhida.

#### 5.7 FASE 6. PLANEJAMENTO E ACOMPANHAMENTO DA IMPLANTAÇÃO

Conforme o estipulado na metodologia proposta, a etapa derradeira está ligada à implantação da alteração.

Antes de iniciar o planejamento das tarefas a serem desenvolvidas, foi estipulado o período durante o qual a alteração se dará. Ficou decidido que a alteração se dará durante as férias coletivas período esse em que a produção é interrompida. Aproveitando esse período, as tarefas ligadas à manutenção preventiva são realizadas quando então, todos os equipamentos sofrem uma revisão geral.

Definido o período disponível, parte-se para o levantamento das tarefas envolvidas. De uma maneira geral, as tarefas a serem realizadas são:

- a. remoção de artigos estranhos ao setor produtivo (armários, por ex.);
- b. manutenção preventiva no equipamento e drenagem do óleo lubrificante;
- c. desconexão do equipamento da rede de serviços;
- d. remoção dos equipamentos desativados da área;
- e. limpeza da área;
- f. transporte do equipamento ao ponto estipulado na alteração;
- g. reposição do óleo lubrificante;
- h. nivelamento do equipamento;
- i. conexão do equipamento à rede de serviços;
- j. revisão nos dispositivos de segurança.

Para a realização das tarefas foram destacados alguns funcionários, os quais foram divididos em equipes, onde estas, seriam as responsáveis pela execução de dado conjunto de tarefas. Além dos funcionários envolvidos, foram definidos os meios auxi-

liares à realização das tarefas, o que permitiu a estimativa dos tempos necessários à execução de cada uma das tarefas.

De posse desses dados, foi realizado o planejamento global envolvendo o encadeamento das tarefas. Esse trabalho gerou um meio que permitiu aferir se as equipes designadas seriam capazes de executar todas as tarefas durante o tempo total previsto, o qual, está limitado a três semanas (férias coletivas).

Verificada a possibilidade de realização da alteração no prazo previsto e com os meios estipulados foi confirmado o planejamento onde, para tanto foi empregada a rede CPM. Em seguida, foi feito o detalhamento das tarefas de cada equipe especificando ainda o tempo para a realização de cada tarefa, a data de início e término das tarefas além dos meios que seriam utilizados para a realização.

Estando o planejamento concluído, resta o levantamento dos gastos a incorrer. No entanto, em virtude do fato de não haver parada na produção aliado ao fato de que não serão realizados investimentos em novos equipamentos e que os eventuais gastos serão de pequena monta, esse levantamento não será realizado.

## CAPÍTULO VI

### 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Realizando uma avaliação da metodologia proposta, foi comprovado terem sido atingidos os objetivos especificados ao início do trabalho.

A metodologia proposta é de fácil compreensão e rápida assimilação por parte do executor da tarefa de alteração do arranjo físico do setor produtivo tendo em vista que o sequenciamento proposto é o mais natural possível.

Quando da aplicação da metodologia, o que mais demandou tempo e chamou a atenção, foi a etapa da documentação, já que possibilitou ganhos indiretos. Em decorrência da necessidade de dados importantes para a formulação do arranjo físico foram estabelecidas as Folhas de Processo de Fabricação o que, por si só gerou uma certa padronização nas atividades que são executadas.

Esse fato possibilitou uma redução nos tempos produtivos pois, para a formulação da referida Folha foram consideradas as operações mais adequadas ou seja, aquelas que permitissem aliar velocidade de execução e qualidade do produto final sem que houvesse aumento dos refugos e troca exagerada de ferramentas em função de um desgaste prematuro. Tendo o tempo total para a produção de uma peça, composto do tempo produtivo e improdutivo, sofrido uma redução haverá liberação de parte da capacidade produtiva. Esse montante liberado poderá ser utilizado para a confecção de um volume maior de peças ou, mantido o mesmo volume, cobrar do operador uma maior atenção durante as operações produtivas. Se levada avante essa exigência haverá uma redução natural

da quantidade de material refugado já que haverá uma folga para a realização das operações o que possibilitará baixar o ritmo de produção.

Conjugado com a implantação da Folha de Processo de Fabricação houve uma maior efetivação das tarefas desenvolvidas pelo PCP o qual passou a controlar melhor o que está planejado atenuando assim as possibilidades de ocorrerem faltas de peças. Além disso, o Controle de Qualidade passou a atuar mais decisivamente, facilitando o ataque a pontos problemáticos existentes no setor produtivo além de diminuir as possibilidades de serem mantidas em estoque peças deficientes e que provocam um aumento no custo. Apenas com a implantação desses quesitos, houve uma redução no volume de peças refugadas o qual passou da faixa de 25% para 10% do volume total produzido, decorridos 6 meses da implantação. Esse volume deverá ser ainda menor com a alteração do arranjo físico já que esse fato propiciará o desafogar do setor produtivo a partir da remoção de equipamentos e utensílios inúteis da área destinada ao setor produtivo e que estão sendo ali mantidos prejudicando e conturbando ainda mais o ambiente. Além da liberação de parte da área, a melhor distribuição dos meios de produção dentro dessa possibilitará uma melhor visualização permitindo assim, um controle mais efetivo da mão-de-obra e do que está sendo produzido.

Verifica-se assim um ganho indireto e que, a princípio, não foi considerado como objetivo principal quando da definição dos objetivos a serem atingidos (item 5.3).

Comprova-se assim que o ganho total não advém de uma atitude isolada mas sim de um conjunto de procedimentos os quais, estão interligados.

Da aplicação da metodologia, foi apurado que alguns documentos são acessórios e que, portanto, pouca influência trarão ao resultado final. Um exemplo é o Diagrama de Fluxo (anexo 4) já que o mesmo serve apenas para visualizar o deslocamento do material através do setor produtivo. Os documentos que são efetivamente importantes e que merecem maior atenção são a Folha de

Equipamentos, a Folha de Processo de Fabricação e o Quadro de Tráfego.

Uma limitação que foi apurada reside no fato de que a metodologia não deve ser aplicada a qualquer caso. Como ela se encontra desenvolvida, se presta a alteração do arranjo físico do setor produtivo de empresas que apresentem uma produção pré-definida. Assim, não é recomendado o uso por empresas que não apresentem nenhuma padronização nos processos produtivos. Esse é o caso das empresas prestadoras de serviço.

Uma recomendação está ligada ao fato da inexistência de uma metodologia específica a geração de arranjos físicos agrupados. Atualmente, tal arranjo físico está em voga tendo em vista ser esse o que possibilita a alteração do processo produtivo passando o mesmo a ser baseado na filosofia do "Just-in-time".

**ANEXOS**



## ANEXO 1

## CODIFICAÇÃO DOS COMPONENTES DO REDUTOR ROLO PLANETÁRIO

A fim de facilitar a identificação das diversas peças que compõem o redutor foi criada, pelo Setor Industrial, uma codificação para tal. Essa codificação busca associar a peça ao tipo de redutor e potência do mesmo estando nele embutidas informações como o tipo de redutor no qual a peça será utilizada, o motor ao qual o conjunto será acoplado sem se preocupar, no entanto, com a especificação da potência do motor mas sim com a especificação da sua carcaça, a espessura da engrenagem ou altura dos pinos e o valor da redução. Assim, tem-se na figura A.1 um exemplo.

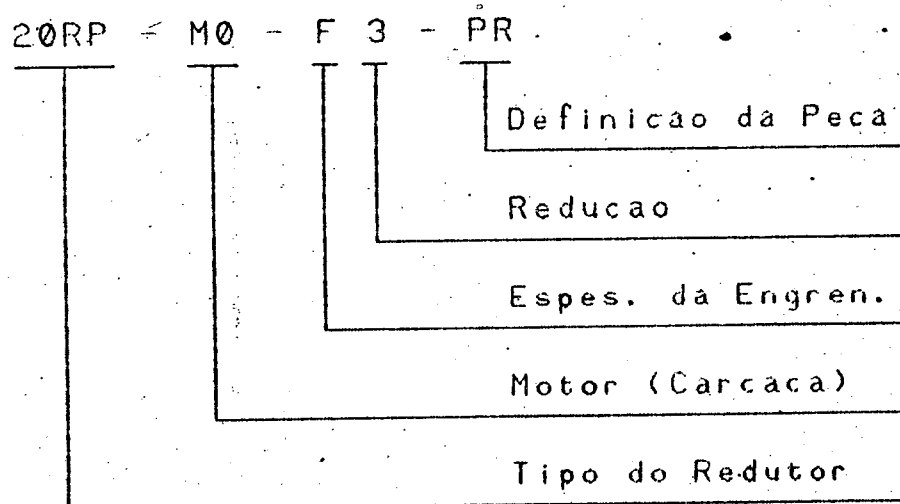


Figura A.1 - Codificação dos componentes do redutor

O primeiro conjunto de dígitos define o tipo de redutor ao qual a peça é destinada. Assim, no exemplo dado, a peça seria empregada na montagem de redutor tipo 20RP. Em tempo, o redutor pode ser do tipo 5RP, 8RP, 10RP, 20RP e 30RP.

O segundo conjunto de dígitos define o motor a ser utilizado sem se preocupar com a especificação da potência do mesmo. Busca definir o número ABNT da carcaça já que a carcaça com respectiva furação é o que importará quando da montagem. A definição da potência do motor não é tão importante porque o número da carcaça já define as limitações de potência do mesmo.

Para o redutor tipo 5 e 8RP a simbologia M5 significa que o motor utiliza carcaça ABNT 56 ao passo que M0 representa carcaça ABNT 63, 71 ou 80.

Para o redutor tipo 10RP vale o seguinte:

- M6 carcaça ABNT 63;
- M7 carcaça ABNT 71;
- M0 carcaça ABNT 80 em diante.

Para o redutor tipo 20RP vale o seguinte:

- M6 carcaça ABNT 63;
- M7 carcaça ABNT 71;
- M8 carcaça ABNT 80;
- M0 carcaça ABNT 90, 100 ou 112.

Para o redutor tipo 30RP vale o seguinte:

- M11 carcaça ABNT 112
- M12 carcaça ABNT 132
- M0 carcaça ABNT 160, 180 e 200.

Para o redutor tipo 30RP com dois ou três estágios utiliza-se a mesma definição dada ao redutor 20RP.

O terceiro dígito define a largura da engrenagem a qual é função da potência e torque a serem transmitidos. Esse valor da espessura é padronizado e pode ser igual a 10 mm (identificado pela letra F) ou 20 mm (identificado pela letra G).

O quarto dígito define em que redução a peça será empregada quando da montagem. A redução-base pode ser 3:1, 4:1 ou 5:1 sendo assim definida pois é a partir da composição de até três estágios (três conjuntos de reduções-base) que pode ser obtida a

gama de reduções onde os valores finais podem variar de 3:1 até 125:1.

Assim, se for utilizada na redução 3:1 fica identificada pelo número 3, se for utilizada na redução 4:1 é identificada pelo número 4 ao passo que, se empregada na redução 5:1 é identificada pelo número 5. No entanto, há componentes que podem ser utilizados em qualquer um dos conjuntos, independentemente da redução. Nesse caso seria especificado com o emprego do número 0.

E, por fim, os dois últimos dígitos identificam cada um dos componentes já que é uma abreviação do nome da peça. Tem-se assim, pino (PI ou PF), engrenagem primária (PR), engrenagem satélite (SA), engrenagem parada (EP), engrenagem secundária ou eixo de saída (ES), eixo de entrada (EE), semi-eixo ou eixo secundário (SE), disco de força (DF), disco traseiro (DT), trilho interno (TI), carcaça (CA), base (BA), tampa com base (TB) e tampa sem base (TA), separador de rolamentos (SR), anel espaçador (AE) e arruela (AR).

Afora esses componentes, que são produzidos internamente, são empregadas na montagem dos redutores peças outras que são adquiridas de terceiros. Esse é o caso dos motores elétricos, rolamentos, retentores, parafusos, etc. Nesse caso, as peças são identificadas conforme a sua correspondente especificação técnica já que são produtos de consumo universal. Assim, um parafuso sextavado com rosca M16 e comprimento 60 mm é identificado como parafuso M16x60.

## ANEXO 2

## FOLHA DE EQUIPAMENTOS

Tal Folha foi criada com base em um documento proposto por Richard Muther (22). Tem por objetivo a apresentação de cada um dos equipamentos que são utilizados pelo setor produtivo onde estão explicitadas ainda, as respectivas áreas necessárias para a instalação de cada um desses equipamentos além da ligação às redes de serviço.

Como pode ser visto na figura A.2, essa Folha está dividida em quatro grandes colunas onde a primeira está reservada à identificação do equipamento, a segunda à definição do espaço necessário à instalação do equipamento, a terceira define a que rede de serviços o equipamento estará ligado e a quarta está reservada à alocação de informações que não tenham sido consideradas.

A rigor, para a definição da área total necessária, deveria ser conhecido a fundo o equipamento e demais acessórios que compõem o posto de operação já que a área total inclui não somente a que é necessária para a instalação do equipamento como também a que é ocupada pelo operador e outros elementos empregados ou utilizados durante a operação. Para a definição da área total deveriam ser considerados os seguintes itens:

- espaço relativo a projeção dos diversos elementos de uma máquina na sua situação mais desfavorável;
- espaço para acesso fácil do operador a todas as partes do equipamento e que requerem ajustes durante as operações;
- espaço para o manuseio de matéria-prima e peças em processo;



- espaço relativo a projeção do material em processo;
- espaço para o manuseio de ferramentas, dispositivos ou utensílios que se façam necessários;
- espaço requerido para o equipamento de transporte e ponto de estoque;
- espaço necessário à instalação da rede de serviços e suprimentos;
- espaço requerido para a execução da manutenção no equipamento.

O valor levantado é o que deveria ser considerado como o necessário ao funcionamento do posto de serviço. No entanto, tal valor poderá ser reduzido se for verificado que poderá haver superposição. Essa superposição de áreas se dá ao constatar que há pequena possibilidade de quebra concomitante de equipamentos vizinhos e que necessitam da mesma área para a execução do reparo. Há ainda os casos em que um único operador possa operar dois ou mais equipamentos ao mesmo tempo. Esse é o caso quando uma máquina é automática ou apresenta um ciclo de operações demasiado longo e não necessita de um operador exclusivo quando então, a tarefa fica reduzida a ajustes, alimentação e acionamento. Nesse caso, os equipamentos devem estar o mais próximo possível um do outro de tal modo a reduzir a um mínimo o esforço gasto com o deslocamento.

Esse levantamento e definição das áreas necessárias poderá ser feito "in loco" ou seja, será feito levantando as dimensões efetivamente necessárias junto a cada um dos postos. Tal procedimento permite a obtenção de dados realísticos e que refletem com bastante fidelidade as necessidades atuais e/ou futuras de áreas para cada um dos equipamentos. Em contrapartida, ele é um pouco trabalhoso, já que necessita de uma certa acuidade para a execução do mesmo. Em decorrência desses fatos, e de que nem sempre é possível levantar os dados "in loco", foi que surgiram alguns métodos para a definição das áreas. Essa determinação se dará a partir do emprego de fórmulas empíricas ou da utilização de padrões pré-estabelecidos, o que fornecerá uma estimativa da área necessária.

O método de levantamento e definição de áreas utilizado poderia ser substituído pelo método analítico apresentado por Guerchet através da revista francesa Travail et Méthodes (1956) (29). Esse método sugere que a área requerida por um posto pode ser obtido a partir do emprego da seguinte fórmula:

$$A = A_p + A_g + A_e$$

onde: A é a área necessária;

$A_p$  é a área ocupada pela projeção do equipamento na sua situação mais desfavorável;

$A_g$  é a área de gravitação expressa pelo produto do número de lados do posto ao qual o operador tem acesso pela área própria;

$A_e$  é a área de evolução para circulação de pessoas e transporte interno sendo obtido pelo produto de um fator K pela soma da área de gravitação e área própria. É definida pela seguinte fórmula:

$$A_e = (A_p + A_g) * K$$

onde: K é um fator dado em função do tipo e finalidade da instalação.

Um outro método de determinação de áreas é o trabalho com padrões. Esses padrões podem ter sido definidos por outras empresas, estudiosos do assunto ou pelo próprio executor da alteração do arranjo físico, sendo que esses valores são definidos a partir de experiências acadêmicas ou não. Por ser um método que trabalha com padrões, ele possibilita a formulação de uma estimativa da área necessária a qual pode ser empregada em um estudo preliminar.

Os métodos estimativos são bastante utilizados quando de uma pré-definição da área necessária gerando assim, valores pouco precisos. Quando da utilização desses métodos, não se deve esquecer que os mesmos foram propostos para épocas e condições específicas, o que nem sempre se repetirá indefinidamente. O que hoje pode ser considerado como válido poderá não o ser amanhã. Assim, esses valores deverão ser aferidos posteriormente confrontando-os

com os números reais.

No caso em questão, há meios de executar o levantamento dos valores reais necessários. Por esse motivo será realizado o levantamento "in loco" e os valores anotados na Folha de Equipamentos.

Na Folha proposta, a segunda coluna está reservada ao preenchimento com os valores relativos à área necessária à instalação de cada equipamento. Para a definição desses valores foram consideradas duas parcelas:

1. dimensões de cada um dos equipamentos com respectivas dimensões projetadas;
2. área de trabalho e manutenção com respectivas dimensões projetadas.

Compondo a parcela relativa à área de trabalho e manutenção, foram consideradas as áreas necessárias ao acesso do operador, a preparação, alimentação e operação do equipamento, a manutenção do mesmo, ao estoque de peças em processo e/ou aguardando e a área necessária à ligação da rede de serviços ao equipamento. Esses itens foram considerados como componentes da área de trabalho e manutenção, sem que houvesse a preocupação com a identificação de cada um deles, já que muitos deles são sobrepostos e não acrescentariam qualidade às informações levantadas.

Foram considerados como suprimentos necessários a energia elétrica, a água, vapor, drenos, óleo de corte, ar comprimido, exaustão de gases e o espaço para algum outro serviço que não tenha sido considerado. Dentre as características específicas foram consideradas aquelas ligadas a fundações, isolamento, etc.

Quando do preenchimento da Folha foi considerada, quanto a necessidade de espaço físico, a pior hipótese a qual foi estipulada pelo bom senso. Foi verificado que qualquer um dos equipamentos está ligado apenas à rede de energia elétrica e, eventualmente, à rede de ar comprimido.



O resultado do preenchimento da Folha de Equipamentos para o caso em questão está representado na figura A.3.



IDENTIFICACAO		ESPACO REPERICAO										REDE DE SERVICOS								COMPLEMENTOS		
NUMERO DE IDENTIFICACAO DO EQUIPAMENTO OU MAQUINA	DESIGNACAO DO EQUIPAMENTO	COMPRIMENTO (M)	LARGURA (M)	AREA DO EQUIPAMENTO (M <sup>2</sup> )	AREA DE TRABALHO	MANUTENCAO (R\$)	COMPRIMENTO (M)	TOTAL (M)	LARGURA TOTAL (M)	AREA NECESSARIA (M <sup>2</sup> )	R20 C.A.	300 C.A.	APERTAGEM	OLEO DE CORTE	AGUA	VAPOR	DENEGOS	AR COMPRIMIDO	EXAUSTOR	FUNDACOES	OUTRAS TUBULACOES	
24	TORNO REVOLVER TRAMB TB-25	4.00	1.00	4.00	2.75	4.50	4.50	1.50	6.75		X	X	X					X				
25	TORNO REVOLVER TRAMB TB-50	4.00	1.50	6.00	3.00	4.50	4.50	2.00	9.00		X	X	X					X				
26	TORNO REVOLVER XERVITT	4.00	1.50	6.00	3.00	4.50	4.50	2.00	9.00		X	X	X					X				
27	TORNO REVOLVER XERVITT	4.00	1.50	6.00	3.00	4.50	4.50	2.00	9.00		X	X	X					X				
28	TORNO REVOLVER XERVITT	3.50	2.31	8.05	2.71	2.20	2.60	6.15			X	X	X					X				
29	LAPINADORA DE ENGRANAGENS	3.00	1.25	3.75	0.60	1.20	1.50	1.00			X	X	X					X				
30	FRESADORA FOMI U-30	2.10	2.71	5.67	4.03	3.00	3.50	10.5			X	X	X					X				
31	FRESADORA NATAL HBVR-55	3.50	2.13	7.45	3.30	2.70	2.70	7.20			X	X	X					X				
32	FRESADORA JOINVILLE	3.50	1.80	6.30	3.54	2.40	2.40	5.50	6.24		X	X	X					X				
33	PRESSA HIDRAULICA (50)	3.00	1.20	3.60	0.69	1.50	1.50	2.25														

Figura A.3 - Folha de equipamentos da Empresa

## ANEXO 3

## FOLHA DE PROCESSO DE FABRICAÇÃO

A Folha de Processo de Fabricação, em sua concepção original, visa uma padronização nas operações produtivas além de vir a tornar-se um meio físico indicativo das diversas operações envolvidas no processo produtivo. Nela deverão constar dados acerca da peça - matéria-prima a empregar, dimensões iniciais e finais, características físicas, químicas e mecânicas iniciais e finais, acabamento final - e do processo produtivo - operações a executar, em que equipamentos executar cada uma das diversas operações com a respectiva definição prévia e racional dos valores de cada uma das variáveis envolvidas (ferramenta, velocidade de corte e avanço, fluido refrigerante a utilizar, etc), com que instrumentos ou gabaritos aferir, tempos esperados para a execução de cada uma das tarefas além de algum outro dado relevante ao operador.

Conforme pode ser visualizado na figura A.4, na Folha de Processo de Fabricação proposta são consideradas as informações mais relevantes ao operador. No cabeçalho constam dados que propiciam a identificação da peça (respectivo nome e código) além da especificação da matéria-prima a ser utilizada com correspondente dimensões iniciais e finais. Afóra esses dados estão nessa folha indicados os locais nos quais as operações serão realizadas. Estão indicados ainda a ferramenta a ser utilizada e máquina ou equipamento a ser empregado para a execução da respectiva operação. A fim de padronizar a inspeção, já está definida a inspeção que deverá ser realizada. Assim, tem-se definido o dispositivo a ser empregado pelo operador durante a inspeção além da inspeção a ser realizada. Também está definido o número de amostras que deverá ser inspecionado em cada lote produzido ou após a execução



de determinadas operações. Eventualmente, alguma informação adicional pode se fazer necessária e, para tal, foi considerado um espaço no corpo do documento além do próprio espaço reservado ao desenho da peça com dimensões finais e respectivas tolerâncias.

No espaço definido como Centro de Custo (C.C.), encontra-se definido o local no qual será realizada a operação, incluindo aí o caso em que a operação é executada por fornecedores os quais passam a ser identificados como "terceiros (3º)". Nos casos em que a operação é executada internamente, o centro de custo define o local no qual será realizada sem, no entanto, especificar em que equipamento será executada a operação, já que o mesmo estará definido no local identificado como "Máquina".

A operação a ser realizada acompanhada do respectivo croquis estão anotados na coluna identificada como "Descrição da Operação" e "Croquis". Nessas colunas são encontradas, para cada passo, as respectivas operações a serem realizadas acompanhadas da especificação das dimensões e correspondentes tolerâncias a serem atingidas ao final da execução das mesmas além do acabamento superficial. As dimensões finais de um passo do processo produtivo correspondem as dimensões iniciais de um passo posterior desse mesmo processo.

No espaço reservado à especificação da ferramenta a ser utilizada serão encontradas informações apenas quando a ferramenta a ser utilizada não for de uso corrente. Assim, para as diversas operações no torno mecânico são empregadas as pastilhas intercambiáveis as quais propiciam menor tempo na troca da ferramenta, maior durabilidade e melhor acabamento além de uma maior padronização na utilização das ferramentas. Caberia uma especificação quando da utilização de alguma ferramenta experimental ou específica para a operação, como é o caso da estampagem a ser realizada empregando a prensa. Nesse caso, há uma ferramenta específica para a produção de determinada peça. No caso do frezamento de engrenagens, a ferramenta é especificada pelo número de dentes e vão entre dentes. Ao lado da fresadora de engrenagens encontra-se um depósito de ferramentas no qual estão acondicionadas todas elas estando as mesmas devidamente identificadas, o que

evita o uso de ferramentas inadequadas.

No espaço definido como "Máquina", é definida a máquina ou equipamento que será utilizado para a consecução da operação. Não é definido o posto operativo já que ele se confunde com a máquina operatriz a ser empregada para a realização da referida operação. Nesse item está definida a gama de máquinas que poderão ser utilizadas já que, por serem máquinas universais, propiciam um diversificado número de operações. No entanto, não é por serem máquinas universais que poderão ser empregadas indiscriminadamente. Para definir as possíveis máquinas a utilizar, foram consideradas a velocidade de operação da máquina, sua capacidade dimensional, precisão fornecida e capacidade de remoção de material.

Uma mesma operação poderá ser realizada em dois ou mais equipamentos tendo em vista o carácter universal dos diversos equipamentos e, o número de equipamentos semelhantes. Assim, para a consecução de dada operação poderá ser empregado tanto um como outro equipamento. Na coluna identificada como "Máquina" poderá ser encontrado mais de um equipamento capaz de executar a operação. Nesse caso, o primeiro equipamento apresenta prioridade para a execução da operação porém, caso esse equipamento esteja ocupado no momento em que a peça vá entrar em processo produtivo a mesma será enviada ao equipamento alternativo ou substituto.

No espaço definido como "Dispositivo de Inspeção" encontram-se anotados os dispositivos a serem utilizados durante a operação de inspeção. A inspeção, que antes era executada apenas ao final do processo produtivo do lote, passou a ser realizada entre operações. O procedimento a ser seguido está descrito no plano de inspeção, em poder do departamento de Controle de Qualidade.

Existe ainda na Folha de Processo de Fabricação um espaço destinado ao fornecimento de informações adicionais e que sejam importantes à consecução da operação, transporte, manuseio ou até mesmo da fixação da peça em processo. Assim, podem, ser encontradas informações como "verificar a posição dos furos em relação ao centro da peça" ou "após a operação 3, as engrenagens devem ser

acondicionadas em caixa de madeira para o manuseio e transporte das mesmas a fim de evitar danos nos dentes das engrenagens".

O resultado do preenchimento de uma Folha de Processo de Fabricação pode ser visualizado na figura A.5. Tal Folha está ligada ao processo produtivo do Pino (10RP - 00 - G0 - PF).



NOME DA PEÇA: PINO		MATERIAL: P.I.P.I.N.I.		MATERIA PRIMA: SAE 1020 (SABIA 07/16 x 1000)		FLOI 001	
DIMENSOES ACABADAS		TOLERANÇAS: ISO-GO-GO-IT		DESCRICAES DA OPERAÇÃO		MÁQUINA	
OP	C.	CRISOLIS	FEPRAMENTO	DISP.	INSP.	DISP.	INSP.
1	Usinagem		<p>1.1 Torçõeiras dos dois rebordos das extremidades.</p> <p>1.2 Fazer o furo em uma das extremidades.</p> <p>1.3 Sangrar.</p>	Torno Revolver	Paquímetro (5/1) Micrometro Externo (100%)		
2	Usinagem		Furar o outro extremo da peça.	Torno Mecânico	Paquímetro (20/1)		Tomar cuidado de não furar fora do centro.
3	Mont.		Aplicar isolamento nas pontas.	Manual	Visual (100%)		
4	Mont.		Cementar.				
5	Inspeção		Inspeção da dureza: - dureza: 54 a 53 HRC - profund. min. 2.5mm		Duremetro (ametragem)		
6	Preparação		Limpeza do isolante através de arilho.	Tarbor Circtorio	Visual (ametragem)		
7	Usinagem		Limpeza do rebordo de isolamento nos furos de extremidades.	Furadeira	Visual (100%)		Verificar se não ficou sujeira nos rebordos de rebordo.
8	Usinagem		Retificar o diâmetro externo (Ø11mm).	Retificadora Cilíndrica	Micrometro (10/1)		Verificar se houve o processo de deformação do.
9	Inspeção		Re-inspeção da dureza: - dureza: 54 a 53 HRC - profund. min. 0.6mm		Duremetro (ametragem)		

NOTAS GERAIS:  
O operador deverá conferir o comprimento de 28.5 em 100% do lote devido as rebarbas provenientes da retificação. Conferência após esta operação fica dificultada.

Figura A.5 - Folha de Processo de Fabricação do Pino

## ANEXO 4

## DIAGRAMA DE FLUXO

A utilização do Diagrama de Fluxo capacitará o executor a visualizar o fluxo dos materiais em processo através dos diversos postos produtivos como um todo a fim de averiguar se a localização das várias seções ou departamentos produtivos, estações produtivas, áreas de estocagem, pontos de inspeção e outros pontos estão logicamente arranjados, ou se estão arranjados de tal modo a possibilitar um mínimo manuseio de materiais.

Uma análise do Diagrama de Fluxo irá ressaltar onde longas linhas de transporte, retorno, cruzamento, saturação existem no arranjo físico presente e, onde, operações de produção e atividades auxiliares estão localizadas. Em resumo, o Diagrama de Fluxo avalia a eficiência do arranjo como um todo, considerando para tanto, o transporte de materiais e sugere onde as revisões deverão ser realizadas. A partir de tais análises, o executor poderá determinar quais postos operativos, pontos de estocagem e inspeção e outros pontos deverão ser relocados a fim de possibilitar economia no manuseio de materiais. Definidas algumas propostas de arranjo físico poderá compará-las e verificar aquela ou aquelas que possibilitam o menor espaço percorrido, o menor cruzamento de peças, retorno das peças além de permitir uma avaliação daquela(s) que melhor aproveitamento de espaço possibilitam.

Tal diagrama é feito baseado no desenho do arranjo físico onde, de acordo com o deslocamento de cada peça dentro do setor produtivo, são assinaladas as linhas representativas desse deslocamento. Para a representação do fluxo de trabalho de cada uma das peças através dos postos de trabalho, podem ser utilizadas

linhas coloridas, tomando o cuidado em evitar a saturação do desenho com a sobreposição excessiva de linhas.

Consultando a Folha de Processo de Fabricação é obtida a definição das máquinas que participam do processo produtivo. Estando tais máquinas estabelecidas e identificadas em um desenho representativo do setor produtivo, resta a tarefa de ligação das mesmas, conforme sequência seguida pelo lote em processo, considerando-se as limitações físicas do ambiente como paredes, colunas, corredores, máquinas, espaço disponível, etc.

Desse diagrama nenhuma informação ligada ao espaço percorrido pelo lote em processo pode ser extraída a não ser que o desenho esteja em escala o que permitiria a obtenção aproximada desse valor.

Para a visualização de um exemplo de aplicação desse Diagrama, foi utilizado o processo produtivo do Pino (anexo 3). O resultado desse trabalho pode ser visualizado através da figura A.6.

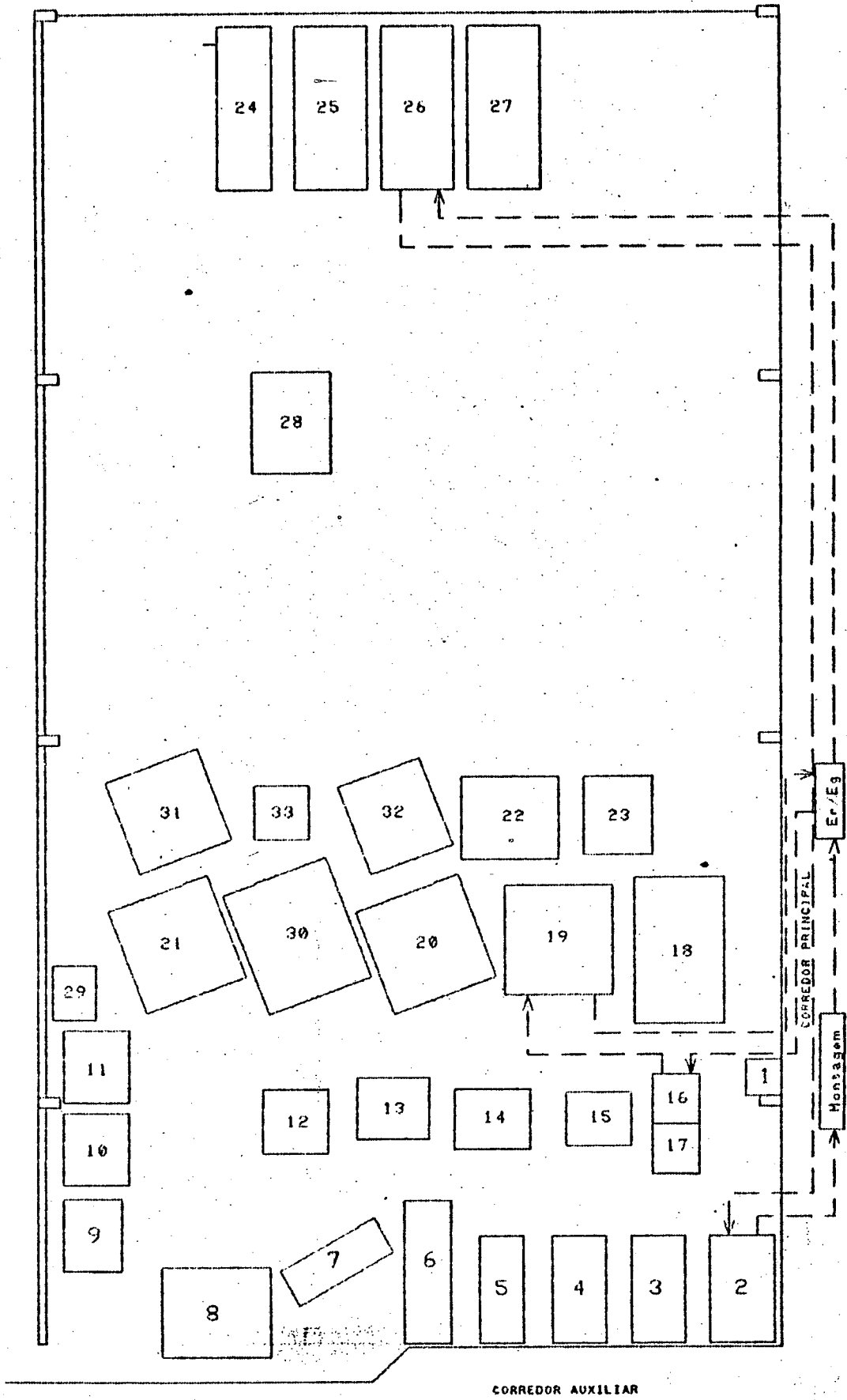


Figura A.6 - Diagrama de Fluxo do Pino

## ANEXO 5

## DIAGRAMA DE FLUXO PRODUTIVO

Um Diagrama do Fluxo Produtivo aponta todas as atividades que são executadas desde o recebimento da matéria-prima até a obtenção do produto final. Esse Diagrama classifica e aponta sumariamente as várias espécies de atividades que ocorrem durante uma série de operações. Símbolos padronizados designam as atividades produtivas como as operações de produção, transporte, estoque e inspeção. Nele, além das informações acerca das diversas operações realizadas sobre a matéria-prima bruta até a conclusão das operações são encontradas informações acerca do espaço percorrido entre postos produtivos e de e para pontos de estocagem.

Esse método de classificação e agrupamento dos fatos junto com o tempo necessário para cada atividade e a distância entre postos de operação contém os dados importantes e que são necessários a compreensão e análise do processo produtivo vigente e o arranjo físico. Esse diagrama é obtido a partir do acompanhamento, passo a passo, de cada uma das inúmeras peças através do processo produtivo. Após a execução do diagrama o executor terá um conhecimento profundo do processo e arranjo físico atuais.

Por ser uma representação gráfica, necessitará de uma simbologia que represente e identifique as diversas operações. A simbologia empregada e que é aceita universalmente está expressa na figura A.7.

A atividade classificada como "Operação" é bastante ampla, o que permite incluir todo o trabalho que é empregado com tarefas de carga, descarga, montagem ou desmontagem de componentes, quan-

do ocorre algum ajuste ou até mesmo quando ocorre alguma atividade de preparação da peça para que seja executada alguma operação, transporte, inspeção ou armazenagem além da própria operação que visa modificar, de modo intencional, qualquer uma das características da peça. Esses dados são extraídos diretamente da Folha de Processo de Fabricação na qual encontra-se explicitada a tarefa a ser realizada. Esse dado é encontrado facilmente no espaço definido como "Descrição da Operação".

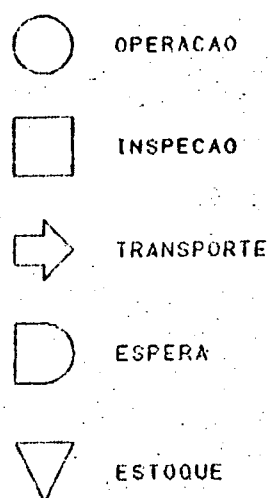


Figura A.7 - Simbologia do diagrama de fluxo produtivo

A atividade classificada como "Inspeção" é entendida como tal, quando algum objeto sofre um exame a fim de verificar algumas de suas variáveis e que definem as suas características qualitativas ou quantitativas além de poder servir para a identificação da peça ou lote de peças. Esses dados serão extraídos da Folha de Processo de Fabricação na qual estão definidos o que, com que meios e quando inspecionar certo lote sendo que, esses dados podem ser encontrados facilmente no espaço definido como "Dispositivo de Inspeção".

A atividade classificada como "Transporte" se refere ao movimento do material de e para pontos de estocagem e entre postos produtivos. Aqui não é incluída a movimentação de materiais realizada pelo operador durante a sequência de operações que ocorrem no posto produtivo ou operações desenvolvidas pelo inspe-

tor aferindo o serviço executado. Essa operação é identificada através da Folha de Processo de Fabricação ao verificar no espaço definido como "Máquina" o momento, entre duas operações sequenciais, em que houve alguma mudança de equipamento. Se, em uma mesma operação houverem duas ou mais máquinas que poderiam executar a operação considerar-se-á, para efeito de espaço percorrido, aquela máquina ou equipamento cuja utilização é a mais corriqueira (sempre o que estiver em primeiro lugar na lista). Nesse mesmo caso, se uma sequência de operações em um lote de peças for iniciada em uma máquina alternativa, ela será concluída nessa mesma máquina só sendo transportada para uma outra máquina quando as características tecnológicas assim o exigirem. Como meio alternativo para a obtenção dos dados ligados ao transporte poder-se-ia recorrer ao Diagrama de Fluxo obtendo-se, de modo direto, todos os dados pertinentes.

É nesse item que é incorporado o valor relativo ao espaço percorrido pelo material em processo, espaço esse definido entre postos operativos ou de e para pontos de estocagem. Há dois modos de executar esse levantamento:

1. "in loco";
2. através do Diagrama de Fluxo.

O levantamento "in loco" é realizado empregando uma trena e medindo a distância percorrida pelo material durante o processo produtivo considerando para tanto o trajeto real seguido pelo material.

O levantamento através do Diagrama de Fluxo é feito a partir da verificação da medida levantada junto ao desenho em escala, a partir do emprego do Diagrama de Fluxo. Como pré-requisito a essa segunda opção deve-se ter que o desenho representativo do Diagrama de Fluxo seja feito em escala e que sejam obedecidas todas as condições reais da situação ou seja, retrate fielmente a disposição atual dos equipamentos e máquinas e o caminho percorrido pelas diversas peças em processo.

A diferença entre os valores levantados com o emprego do primeiro e do segundo método é praticamente desprezível. Assim,

os resultados obtidos independem do método empregado.

Para a obtenção do valor em questão foi empregado o segundo método, já que é um trabalho que pode ser executado no escritório, o que possibilita maior confiabilidade nos resultados levantados além de poder ser realizado com muito mais conforto e recursos materiais. Evita-se ainda o incômodo causado no setor produtivo com o deslocamento de pessoas estranhas ao ambiente além de favorecer o treinamento para o futuro já que as distâncias, em cada uma das diversas alternativas a serem propostas, só podem ser obtidas a partir do emprego desse segundo método. A opção de realizar o levantamento "in loco" implica no deslocamento através do setor produtivo o que pode provocar certos incômodos além de se tornar inconveniente, principalmente se realizado durante o expediente.

No entanto, a fim de verificar a veracidade e confiabilidade nos valores levantados através do emprego do Diagrama de Fluxo foram obtidos alguns valores junto ao setor produtivo. A diferença entre valores foi desprezível o que permitiu o uso indiscriminado do levantamento dos valores através do Diagrama de Fluxo.

A atividade classificada como "Espera" refere-se ao período de tempo no qual o serviço é retardado ou impedido pelas condições do posto operativo ou até do próprio setor produtivo como um todo e que não permitem a execução da operação seguinte planejada. Essa é uma atividade que pode ocorrer aleatoriamente já que pode ocorrer antes, durante ou após a realização da operação indicada. Poder-se-ia considerar que, já que um operador produzirá um lote de peças e que essas não serão executadas concomitantemente, toda a vez em que uma peça estiver aguardando a sua vez de entrar em processo ou quando já tiver sofrido as operações devidas e esteja aguardando o momento de ser transportada para o próximo posto operativo ou ponto de estocagem, essa atividade seja enquadrada como "Espera". No entanto, é preferível enquadrá-la como "estoque" haja visto que essa peça única não irá seguir sozinha, sem as demais peças componentes do lote, o fluxo produtivo. Assim, para simplificar o Diagrama de Fluxo Produtivo consi-



deraremos a atividade "Espera" como sendo "Estoque" já que a mesma poderá ocorrer de modo aleatório ou, quando previsto, será encarado como se aquele ponto no qual a peça se encontra fosse um ponto de estoque e do qual não pode ser removida sem autorização expressa. Conforme Ralph M. Barnes (04), as quatro atividades (operação, transporte, inspeção e estoque) satisfazem as necessidades dos mais variados tipos de trabalho.

A atividade é classificada como "Estoque" quando um objeto é mantido e protegido contra um transporte não autorizado. Essa atividade será assim descrita quando a peça estiver aguardando a vez de entrar em processo produtivo ou quando já tiver sofrido as operações devidas e esteja aguardando o momento de ser transportada para o próximo posto operativo ou ponto de estocagem. Assim foi considerado tendo em vista que a peça será produzida em lotes e, como tal, deverá ser transportada e processada já que não há o objetivo imediato de formação de uma linha de produção, o que poderia reduzir bastante o tempo de espera. Essa intenção não é imediata tendo em vista o baixo volume de peças que são produzidas em cada lote, o que inviabilizaria completamente o investimento.

Um exemplo de aplicação desse Diagrama está apresentado na figura A.8. Este Diagrama foi confeccionado baseado no processo produtivo do Pino (anexo 3).

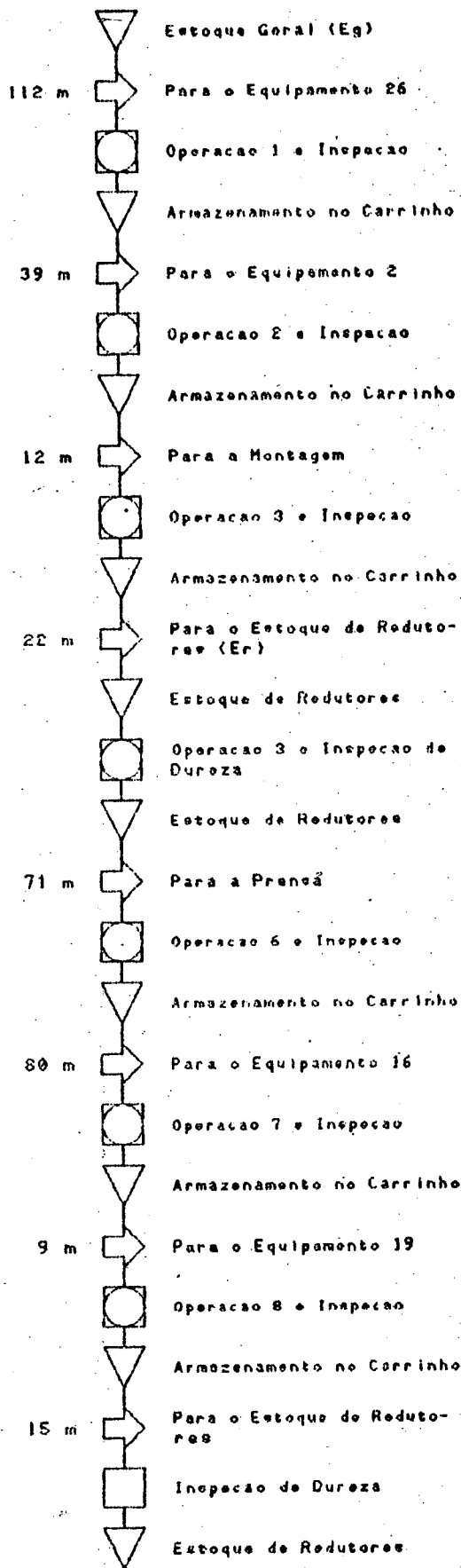


Figura A.8 - Diagrama de Fluxo Produtivo do Pino

## ANEXO 6

## QUADRO DE TRÁFEGO

Esse quadro servirá para explicitar a intensidade de tráfego entre os diversos postos operativos ou de e para os pontos de estocagem. Nele estarão dispostos, tanto nas linhas (origem), como nas colunas (destino), os postos operativos onde, na interseção desta com aquela, será aposto o valor relativo a quantidade de peças transportadas entre os postos.

A inscrição dos diversos postos nas linhas e colunas, apenas por questões de ordem deverá seguir o mesmo sequenciamento.

Os dados relativos aos postos serão obtidos junto a Folha de Equipamentos. Dessa Folha serão extraídos apenas os dados que permitem identificar cada um dos postos.

Para o preenchimento desse quadro deve ser considerado o número de peças transportadas entre os diversos postos operativos e a origem e destino de transporte de cada uma das peças. A fim de levantar esse valor deve-se estar de posse do volume mensal de produção de cada peça - obtido a partir da estimativa de produção mensal - e, do correspondente Diagrama de Fluxo Produtivo ou do Diagrama de Fluxo.

Para o completo e correto preenchimento desse quadro deve ser considerado o grau de dificuldade de execução do transporte. Esse grau pode ser materializado na forma de peças mais pesadas, peças que são transportadas a uma temperatura superior a do ambiente ou, até mesmo na forma de peças mais delicadas ou sensíveis e que requerem maiores cuidados quando do transporte. O va-

lor atribuído ao grau de dificuldade relativo deverá ser considerado na forma de uma média ponderada. Esse fato penalizaria ligações cujo transporte possa ser considerado corriqueiro se comparado a um outro transporte que exija extremos cuidados para a execução do mesmo. Assim, favoreceria a proximidade de postos operativos em detrimento de outros cuja proximidade não seja fundamental ou tão importante quanto. Um exemplo de maior grau de dificuldade é o transporte de peças que estejam passando por um processo de cromeação. É absolutamente fundamental que os diversos tanques estejam próximos entre si a fim de reduzir o consumo de material e as possibilidades de ataque de agentes atmosféricos às peças em processo quando em contato com o ar atmosférico.

Estando o quadro preenchido tem-se uma visão do relacionamento entre os diversos postos operativos. A fim de aferir a precisão dos valores anotados soma-se todos os valores de uma linha e compara-se esse valor com aquele levantado a partir da soma de todos os valores da correspondente coluna. Os valores deverão ser iguais já que toda peça que chega ao posto operativo deve sair do mesmo. Caso a coincidência de valores não seja verificada, há um erro e os valores devem ser conferidos. No entanto, há casos em que o somatório da linha será diferente do correspondente somatório da coluna. Isso se dará nos casos em que forem arbitrados para cada transporte valores diferentes ao grau de dificuldade.

Verificando-se os números que compõem o quadro tem-se uma idéia do grau de relacionamento entre dois postos operativos. Esse grau definirá a maior ou menor importância na proximidade dos mesmos. A observação pura e simples do quadro nos fornece uma série de valores, os quais indicam a intensidade de fluxo de um posto operativo para outro. Para que possa ser priorizada a distribuição dos diversos postos deve ser realizada uma ordenação partindo da ligação que apresenta a maior intensidade de tráfego até aquela que apresenta a menor intensidade. Esse ordenamento deverá obedecer uma ordem decrescente. Isso posto, ter-se-á, de modo saliente, as ligações mais importantes e as menos relevantes passando pelas ligações de importância intermediária.

A figura 5.4 é um exemplo de utilização desse Quadro onde os dados que nele constam são os relativos ao caso em estudo.

## ANEXO 7

## EXPANSÃO DA ÁREA DISPONÍVEL

Por vezes se fará necessária a expansão da área a ser ocupada em virtude do incremento na capacidade produtiva instalada. Antes de partir para a expansão convencional através da edificação de uma nova unidade pode-se pensar em soluções mais simples, rápidas e menos dispendiosas.

A primeira solução seria a construção de mezzaninos, o que possibilitaria a expansão da área destinada à produção, à sua supervisão e controle ou ainda, a área destinada ao armazenamento. Possibilitam o aumento da área útil com um investimento relativamente pequeno além do que, a construção está sujeita a poucas limitações estruturais quando comparada às edificações tradicionais.

Tais mezzaninos podem ser construídos utilizando estruturas metálicas, o que provoca uma pequena ocupação do espaço ao nível do piso tendo em vista a grande esbeltez dessas estruturas. Além dessa vantagem, apresenta outras, como a facilidade em construí-las, a possibilidade de remoção da mesma para um outro local, etc.

Apresenta como desvantagem o alto investimento necessário para a sua construção e a necessidade de cuidados com a pintura se for disposta em local sujeito a ataques.

Uma segunda maneira de promover uma expansão interna é a construção de um segundo piso em uma estrutura térrea. As edificações industriais costumam ter um pé direito médio de 6,0m, o

que possibilita e facilita tal expansão. Ainda que a possibilidade de adicionar um segundo piso, dobrando com isso o espaço disponível, seja dependente da estrutura da edificação e dos códigos locais de edificação, tal alternativa pode ser bastante vantajosa. Além de expandir o espaço útil pode possibilitar a redução do caminho a ser percorrido pelos produtos em processo e incorporar sistemas de transporte por gravidade, reduzindo assim o custo decorrente do emprego de sistemas sofisticados de transporte.

## ANEXO 8

## MODELOS PARA A VISUALIZAÇÃO DO ARRANJO FÍSICO

Para que se chegue a conclusão de que determinado arranjo físico é adequado, são utilizados meios que possibilitam a visualização do mesmo. Para tanto, são utilizados os modelos os quais, tem a propriedade de possibilitar a movimentação dos diversos postos dentro da área disponível facilitando a definição da opção que melhor se adequa à situação em questão.

Como forma de facilitar essa movimentação pode-se utilizar modelos em escala de cada um dos equipamentos. Esses modelos podem ser obtidos a partir do recorte da projeção da área necessária sobre um papel ou material semi-rígido. Esse recorte deve ser identificado devendo ainda, ser indicado o lado no qual o operador se localizará além do ponto de abastecimento do equipamento. Como ressalva, é importante que esses recortes representativos estejam na mesma escala do desenho da área disponível.

Outros meios alternativos podem ser empregados e, dentre esses meios destacam-se os modelos bi e tri-dimensionais. Esses modelos podem ser feitos de madeira, plástico, borracha ou, até mesmo algum metal mole (alumínio, cobre, bronze ou latão). Representam, em escala, cada um dos diversos equipamentos e podem ser realocados facilmente. A grande vantagem é a possibilidade de visualizar a distribuição como um todo, apresentando, no entanto, como desvantagem, o alto investimento.



## ANEXO 9

## BREVE COMENTÁRIO SOBRE OS MÉTODOS COMPUTACIONAIS

Uma forma de facilitar e agilizar o processo de geração das alternativas é se fazer valer do emprego dos métodos computacionais.

Após a coleta, organização e substituição dos dados numéricos no modelo escolhido poder-se-á, conforme o modelo, obter uma série de possíveis soluções. Essas diversas alternativas poderão ser obtidas em um tempo infinitamente menor do que se empregados os métodos manuais convencionais.

Buscando uma maior agilização e rapidez na obtenção das diversas alternativas de arranjos poderiam ser empregados algoritmos que permitissem a elaboração e desenho, com o emprego de um "plotter" ou uma impressora, das respectivas plantas. Esses algoritmos facilitam e propiciam a rápida atualização das plantas, a rápida visualização das diversas alternativas propostas o que permite uma análise também mais rápida das mesmas além de propiciar o registro imediato da solução escolhida. Bastaria para tal, a definição da área disponível e dados outros acerca dos equipamentos com respectivas áreas necessárias e que ocupariam a área disponível além do modo como os equipamentos estariam nessa área distribuídos.

Com tantas vantagens aparentes seria de se supor o uso bastante disseminado dos diversos algoritmos computacionais. No entanto, o emprego desses recursos ainda não se encontra suficientemente difundido dentre aqueles que executam o serviço de planejamento do arranjo físico. Esse fato é ainda mais marcante

dentre aqueles que trabalham em pequenas e médias empresas.

Buscando a causa desse aparente desinteresse, atinge-se fatores como a falta de informações acerca da existência dos mesmos. Porém, esse não é o principal motivo. Atualmente, o emprego de computadores ou, pelo menos, de micro-computadores não é algo corriqueiro nas empresas. Ainda hoje muitas empresas sequer pensam em utilizá-los, alegando o alto custo de aquisição dos mesmos além do custo de aquisição do "software", não esquecendo da dificuldade encontrada para a formulação de algoritmos e correspondente programa.

Verificando o caso específico da formulação de um novo arranjo físico observa-se um certo número de algoritmos existentes. No entanto, são algoritmos que exigem um grande número de dados além de ser extremamente trabalhosa a substituição dos dados numéricos no algoritmo escolhido. Esses algoritmos, por vezes, exigem grande capacidade dos equipamentos empregados o que, por si só, já inviabilizaria um emprego indiscriminado por um grande número de usuários. Além disso, ocorre uma certa dificuldade quando da substituição dos dados no modo escolhido. Afóra esses empecilhos, um outro se notabiliza. Para todo aquele que não está familiarizado com o algoritmo haverá uma dificuldade maior no emprego do mesmo. Até que o executor da tarefa se familiarize com todos os requisitos necessários - compreensão da simbologia empregada, dados a serem levantados, etc - para a alimentação do algoritmo além da sua operacionalização muito tempo teria decorrido. Afóra o tempo em si há o investimento na aquisição do "software" correspondente ao algoritmo escolhido o qual, por vezes, pode ser relativamente alto. Assim, esse tempo e o investimento só serão justificados caso ocorra o emprego do algoritmo de modo mais ou menos regular. Só assim seria justificado o emprego econômico do mesmo. Porém, como as alterações do arranjo físico não tem ocorrido frequentemente, não se justificaria a sua utilização.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. ALBERTONI, Júlio Ivo. Lay-out pelo Método dos Elos. Engenheiro Moderno. São Paulo, 29 - 32, Set. 1967.
02. APPLE, James M. Plant Layout and Materials Handling. New York, The Ronald Press Company, 1963.
03. ARN, E. A. Group Technology: an Integrated Planning and Implementation Concept for Small and Medium Batch Production. Berlin, Springer - Verlag, 1975.
04. BARNES, Ralph M. Estudo de Movimentos e de Tempos: Projeto e Medida do Trabalho. Tradução da 6ª edição. São Paulo, Edgard Blucher, 1977.
05. BUFFA, Elwood S. Administração da Produção, vol.1. Tradução. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1975.
06. BURBIDGE, John L. Planejamento e Controle da Produção. São Paulo, Atlas, 1981.
07. CATHÓLICO, Roberval A. R. e BRANQUINHO, Ulisses Filho. Tecnologia de Grupo - Análise do Fluxo de Produção. Mundo Mecânico. São Paulo, 34 - 39, Agosto 1987.
08. CATHÓLICO, Roberval A. R. e BRANQUINHO, Ulisses Filho. Tecnologia de Grupo - Análise do Fluxo de Produção II. Mundo Mecânico. São Paulo, 18 - 21, Setembro 1987.
09. CATHÓLICO, Roberval A. R. e BRANQUINHO, Ulisses Filho. Tecnologia de Grupo - Análise do Fluxo de Produção (Conclusão). Mundo Mecânico. São Paulo, 28 - 32, Outubro 1987.

10. FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. Novo Dicionário Aurélio. 1ª edição. Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 1975.
11. FRANCIS, Richard L. & WHITE, John A. Facility Layout and Location: an Analytical Approach. New Jersey, Prentice Hall, 1974.
12. FRANCIS, Richard L. Don't Move - Upgrade You Existing Plant Instead. Modern Materials, 28 - 31, Outono de 1986.
13. FRANCIS, Richard L. Layout Principles that Upgrade Materials Flow. Modern Materials, 25 - 27, Outono de 1986.
14. IMMER, J. R. Layout Planning Techniques. New York, McGraw Hill, 1974.
15. JOHNSTONE, Jim and KOENIG, Jim. Flow Reviews Systematically Improve Manufacturing Process Logistics. Industrial Engineering. Atlanta, 40 - 44, Dez. 1987.
16. KALPAKJIAN, Serope. Manufacturing Process for Engineering Materials. Illinois, Addison-Wesley Publishing Company, 1985.
17. KEPNER, Charles H. e TREGOE, Benjamin B. O Administrador Racional. 2ª edição. São Paulo, Atlas, 1981.
18. LEONARD, R. & KOENIGSBERGER, F. Conditions for the Introduction of Group Technology. Proceedings of the Thirteenth International Machine Tool Designs and Research Conference, pág. 135 - 139, Set. 1972.
19. LIRANI, João, VILA, Eduardo G. Filho e TSUJI, Marcos. Fabricação em Famílias de Peças: um Novo Conceito em Sistemas de Produção. Máquinas e Ferramentas. São Paulo, 36 - 40, Ag. 1982.
20. MACHLINE, Claude et alii. Manual de Administração da Produção, vol.1. 6ª edição. Rio de Janeiro, FGV, 1985.

21. MOORE, James M. Plant Layout and Design. The Macmillan Company, New York, 1962.
22. MUTHER, Richard. Planejamento do Lay-out: Sistema SLP. Tradução. São Paulo, Edgard Blücher, 1978.
23. MUTHER, Richard. Practical Plant Layout. New York, McGraw Hill, 1975.
24. PEMBERTON, A. W. Arranjo Físico Industrial e Movimentação de Materiais. Tradução. Rio de Janeiro, Interciência, 1977.
25. PHILLIPS, Nicholas R. Old Manufacturing Facility Sheds Inefficient Practices and Implements Structured Management Procedures Without Capital Equipment Expenditure. Industrial Engineering. Atlanta, 26 - 29, Jan. 1987.
26. RENAUX, Norberto. Uma Análise dos Modelos Computacionais Aplicados no Projeto do Arranjo Físico de uma Instalação Industrial. Dissertação de Mestrado. São Paulo. Administração, Faculdade de Economia e Administração - USP. São Paulo, 1979.
27. RUIZ, João Alvaro. Metodologia Científica: Guia para Eficiência nos Estudos. São Paulo, Atlas, 1982.
28. RUSSOMANO, Victor Henrique. Planejamento e Acompanhamento da Produção. São Paulo, Pioneira, 1986.
29. VALE, Cyro Eyer do. Implantação de Indústrias. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1975.
30. ZACARELLI, Sérgio B. Programação e Controle da Produção. 7ª edição. São Paulo, Pioneira, 1986.
31. WISE, Mark J. How to Sell an expansion Plant. Industrial Engineering. Atlanta, 79, Feb. 1987.