UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS

Professor: José Celso Contador *Organização Industrial*

CURSO DE ARRANJO - FÍSICO

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

EESC-USP Biblioteca Campus de S. Carlos

I.1. Edifício Industrial

Para o projeto de um edifício concorrem 3 fatôres principais:

- função
- estrutura
- forma

Para o edifício industrial *função* é a característica mais importante.

I.2. Objetivo do Estudo de lay-out

O estudo do arranjo físico objetiva à melhor continuação do equipamento, do material e da mão de obra no espaço disponível.

O custo de um arranjo bem feito é praticamente igual ao de um arranjo errado. Um mau L.O. significa dinheiro escoando entre os dedos do industrial, que muitas vêzes não o sente.

I.3. Principios do arranjo

1) *Integração* de todos elementos e fatores: almoxarifados, entradas e saídas para operários distintos das para os

Centro Apoio Ensino
C776a
Ex. 1
Tombo 155365

clientes, disposição dos equipamentos, etc...

2) *Mínima distância* - o transporte nada produz, portanto deve ser minimizado e se possível eliminado.

3) *Obediência do fluxo de operações* - evitar cruzamentos, retornos, interferências e congestionamentos.

4) *Uso do espaço* - aproveitar as 4 dimensões (3 geométricos + 1 temporal) - sub-solo, espaços superiores para transportar, canalizações, depósitos pouco usados.

5) *Satisfação e Segurança* do empregado.

6) *Flexibilidade* - possibilidade de mudança dos equipamentos, quando muda-se linha de produtos.

CAPÍTULO II - TIPOS DE ARRANJO - FÍSICO

As operações industriais podem ser classificadas em dois tipos:-

a) mudança de forma ou características do material -usinagem ou tratamento de uma peça.

b) adição de peças uma às outras - *montagem*.

Genericamente, temos sempre 3 elementos envolvidos: homem, material e equipamento. Para qualquer operação industrial há sempre movimento de um destes elementos.

Assim podemos mover:-

- material - montagem de automóveis
- equipamento - solda móvel.
- homem - pintura de peças grandes (edifício)
- material e homem- construções residênciais, montagem geladeira.
- material e equipamento - grandes máquinas automáticas
- homem, equipamento e material - construções de terragem(caso mais raro na industria).

Diante destas considerações, podemos classificar o L.O. em 3 tipos de arranjo puros:-

Tipo 1 - Posicional ou Posição Fixada
material - parado (o produto é parado)
homem e equipamento - movem-se :
Ex: oficina recondicionamento de máquinas; estaleiro, construção de um edifício, barragem - toda construçaõ civil convencional.

Tipo 2 - Funcional ou por processo
equipamento - parado
homem e material - movem-se :
As operações estão agrupadas de acordo com sua natureza.
Ex: seção de fundição, seção de solda, seção de usinagem. A grande maioria das industrias mecânicas.

Tipo 3 - Linear ou por produto
homem e equipamento - parado
material (produto) - movem-se:
A sequência dos setôres de trabalho coincide com a sequência de operações de produção.
Ex: montagem de automóveis.

II.2. Vantagens dos diversos tipos

Tipo 1 - Posicional
- reduz manuseio pesado
- permite mudanças de produtos (flexibilidade)
- permite demanda variável

Tipo 2 - Funcional
- facilita a utilização do equipamento
- adaptável à mudança de produtos (flexibilidade)

- aceita demanda intermitente

Tipo 3 - Linear

- melhor uso do trabalho
  * maior especialização
  * treinamento fácil
  * pessoal menor qualificado
- supervisão mais fácil
  * uma operação *empurra* a outra
  * menos contrôles intermediários
- menor manuseio
- menor espaço
- menor material em processamento

Difícil haver arranjo puro dentro de uma industria o mais frequente é haver combinações.

Para decidir qual tipo é o *melhor*, num caso particular, é necessário levar em consideração:

- o volume
- a natureza } da produção

A evolução normal de uma indústria que começa pequena é:

1) tipo posicional - peças construídas e montadas em mesmo local.

2) tipo funcional - fábrica maior - executa peças em máquinas universais.

3) um aumento considerável no volume de produção permite usar máquinas especiais para cada operação em cada peça- tipo linear.

II.3. Recomendações para Escolha do Tipo de Arranjo

Deve-se usar:

1º Tipo - Posicional

quando - difícil mover material

- possível usar equipamento leve
- produção pequena
- necessário fixar responsabilidades

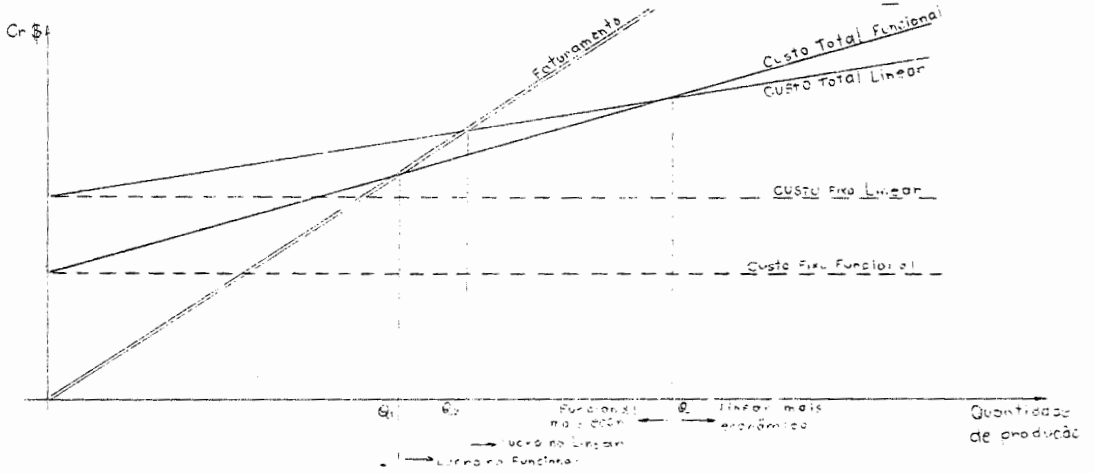
2º Tipo - Funcional

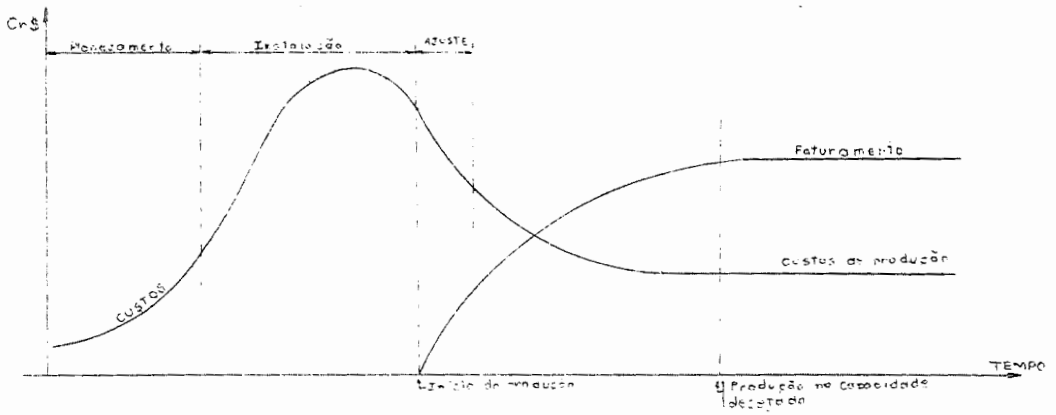
quando - equipamento é pesado
- produtos diferentes
- tempos diferentes, não balanciáveis
- demanda intermitente

3º Tipo - Linear

quando - grande volume de produção
- produtos padronizados
- demanda uniforme
- balanceamento fácil

II.4. Considerações sobre custos de instalação e operação





CAPÍTULO III - FATÔRES NO LAY-OUT

Para um resultado integrado e correto do L.O. devemos estudar:-

1) os fatôres que influenciam o L.O.

2) a técnica de planejar e projetar o L.O.

Vejamos em primeiro lugar, quais os fatôres envolvidos no L.O. Os principais são:

Material
Equipamento
Pessoal
Movimento
Armazenagem
Serviços Auxiliares

Edificio

Mudança e flexabilidade

Na prática estes fatôres aparecem sempre ligados a interdependentes.

III.1. Fator Material

No lay-out devemos prever lugar para todos os materiais, que podem aparecer sob as diversas formas:

Materias prima	Suprimentos diversos
Material a receber	Recuperados
Material em processo	Sucatas
Material a expedir	Embalagens
Produto acabado	e outros
Material de manutenção	

Pelas dimensões, quantidade e variedades, assim como outras propriedades físicas e químicas concluímos quais os espaços que devem ser reservados no L.O. para as estocagens intermediárias e finais, quais recipientes devem ser usados, etc...

1.1. O produto desempenha papel importantíssimo no L.O.

É a quantidade e variedade de produtos, assim como a quantidade de seus compenentes, que irão determinar:

- o tipo de L.O. - se é linear ou sub-montagens, etc...
- a dimensão da indústria.
- a sequência de operações, que poderá simplificar o L.O. caso se elimine algumas etapas.

É importante proceder a um estudo sobre o projeto e especificações do produto e ao processo de fabricação, antes de se projetar o L.O. definido.

Modificações no projeto, alterações nas especificações podem levar a um processo mais simples de fabricação, o que consequentemente poderá simplificar o L.O.

O projetista de L.O. deve estudar ainda com a Engenharia de Processo, possíveis modificações neste - eliminar, dividir, combinar e simplificar etapas e ainda fomentar as padronizações dos componentes, o que levará a redução de estoques e do material em processo.

III.2. Fator Equipamento

Sem dúvida, o equipamento é um dos fatôres mais importantes no L.O. O objetivo de um projeto de L.O. é localizar, de maneira mais conveniente, os equipamentos de uma indústria.

Entendemos equipamento, no seu sentido lato: São:

Máquinas de produção
Máquinas portáteis
Ferramentas e dispositivos
Painéis de contrôle
Equipamento de processamento ou tratamento
Equipamento de medida e verificação
Equipamento fora de uso
Equipamento de manutenção
EQuipamentos especiais
Equipamentos de escritório
e outros.

1) Processos e Equipamentos

*O pro*jeto de L.O. possui hoje um conceito bastante amplo. Não corresponde só a localizar estes equipamentos. O projetista de L.O. deve estudar junto com os demais departamentos todas as influências que podem aparecer. E uma das relações mais frequentes e importantes é com a Engenharia de Processo, pois o processo influi poderosamente no L.O. e a cooperação deste departamento é indispensável.

Ao projetar em L.O. deve-se estudar com o engenheiro de

processo, os seguintes tópicos:

Capacidade de produção (volume)
Qualidade
Custos de instalação, manutenção e operação
Espaço necessário - altura, pêso.
Disponibilidade de equipamento
Tipo e quantidade de operadores
Periculosidade e Inconvenientes
Obsolescência e Reposição
Serviços auxiliares necessários (ar comprimido, vapor)
Conexão com outros equipamentos
E também balancear os recursos

2) Balanceamentos dos Equipamentos

O balanceamento consiste em utilizar a capacidade dos diversos equipamentos de forma equilibrada e homogênea, evitando gargalos e desperdícios. Do balanceamento eficiente tiramos conclusões sobre o tipo e quantidade de máquinas a instalar e consequentemente, as áreas necessárias.

Para obter um bom balanceamento, devemos utilizar os recursos:

a) Melhorar o método de operação
   Evitar gargalos
   Melhorar alimentação e saída das máquinas
   Aumentar a capacidade modificando a máquina
   Fazer mais de uma peça por vêz (2 máquina por homem)
b) Mudar as velocidades das máquinas
c) Usar dois ou três turnos ou horas extras.
d) Mandar exesso para outro departamento
e) Combinar linhas de produção
f) Ao balancear homens-máquinas, adotar rítmo da máquina que mais se coadune com o rítmo e habilidade do operador.

Para fazer o balanceamento, lançamos mão de:

1) Gráfico de carga de máquina, para todas as peças que deverão ser produzidas.

2) Carta de atividades múltiplas - homens-máquina, para evitar as paradas do operador.

No capítulo seguinte veremos com maiores detalhes como obter todos os dados para o L.O.

O número de máquinas pode ser obtido da seguinte forma:

$$\text{número de máquinas} = \frac{\text{quantidade de peças necessárias por hora}}{\text{capacidade horária da máquina}}$$

$$= \frac{\text{tempo de operação por peças por máquina}}{\text{tempo por peça para atender a produção necessária}}$$

Numa primeira aproximação e em alguns casos particulares de dimensionamento, como máquinas de mesmo tipo e universais (tornos) , homens para montagem, etc.., podemos fazer um cálculo global.

Exemplo - Determinar a quantidade de montadores necessária para a montagem dos quatro produtos abaixo :-

PRODUTO	TP MONTAGEM (homens-hora)	PRODUÇÃO MENSAL unidades	T.P. x PRODUÇÃO volume de trabalho
A	30 h - h	10	300 h - h
B	50 h - h	30	1500 h - h
C	80 h - h	20	1600 h - h
D	40 h - h	15	600 h - h
			4000 h - h

$$\text{Nº de Operários} = \frac{4000 \text{ h - h}}{200 \text{ h - h/mes}} = 20 \text{ operários}$$

III.3. Fator Pessoal

O pessoal é o elemento mais flexível no L.O. No entanto é o que exige maior e permanente cuidado, devido as sensibilidades variadas e outras diferenças individuais. Deve-se sempre evitar mudá-lo - em excesso e só fazê-lo após um estudo criterioso e seguro.

3.1. Tipos de Pessoal

Vários são os tipos de pessoal numa emprêsa. Temos mais frequentemente:

MOD
Supervisores e mestres
Chefes executivos
Chefes de órgãos de *staff*
Pessoal de escritório
MOI - transportadores, instaladores, almoxarifes, apontadores, faxineiros, guardas, ferramenteiros, ajudantes, instrutores, bombeiros, enfermeiros, etc...

3.2. Considerações para o Projeto

O L.O. deve levar em conta:

1) Segurança em todos os trabalhos
2) Boas condições ambientais de trabalho
3) Tipos, quantidades da MO

Influe no espaço para estocagem intermediárias, na iluminação.

4) Horário de trabalho
5) Mulheres e menores - áreas separadas para sanitários e outras proteções.
6) Balanceamento da MO na montagem e estudo dos movimentos e aplicação dos Princípios de Economia de Movimento.
7) Considerações pessoais e psicológicas - monotonia (operários isolados), moças em passagens suspensas e em frente a sanitários.

8) Supervisão e organização - agrupar os operarios, mas não em demasia, para facilitar supervisão.

III.4. Fator Movimento

O movimento não produz nada ... mas é inevitável ! E é responsável pela grande maioria (70 - 80%) dos acidentes numa fábrica.

Devido a sua importância, necessidade e periculosidade, tem sido objeto de inúmeros estudos, que visam principalmente aumentar a sua eficiência e diminuir a M.O. empregado.

Equipamentos de diversos tipos, tem sido construídos para fazer o transporte.

- transportadores contínuos - correias, correntes.
- guindastes, elevadores, talhas, pontes rolantes.
- veículos ferroviários, rodoviários, aéreos.
- posicionadores, empilhadeiras.
- recepientes e suportes.

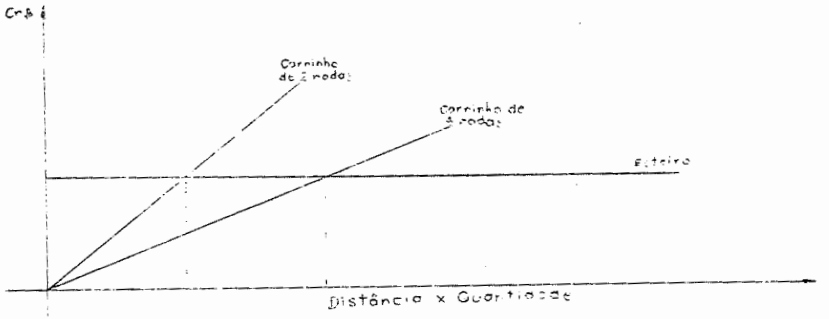
  etc...

4.1. Princípio de Manuseio

1) Evitar ou reduzir o manuseio desnecessário ou anti-econô mico.
2) Manter equipamento sempre em movimento, operando em movimento.
3) Mecanizar sempre que possível o transporte, levando em conta os custos.
4) Procurar usar equipamento flexível, padronizado, resistente e de manutenção fácil.
5) Procurar utilizar recursos existentes: gravidade, 3ª dimensão, aproveitar equipamento existente ao máximo.
6) Ter todos os dados sobre transporte.
   - o que, quanto, e quando vai ser movido
   - de onde, por onde, até onde vai ser transportado
   - forma física do que será transportado

Bibli CAMPUS

7) Selecionar criteriosamente o equipamento, escolhendo o mais conveniente.



4.2. Recomendações para o Traçado.

1) Utilizar sempre retas e evitar cantos e cotovelos.
2) Passagens completamente desempedidas de cestos de lixo, bebedouro, protuberâncias de máquinas, etc...
3) Marcar no chão, limites de trânsitos.
4) Menor distância possível.
5) Dimensionar passagens principais para o tráfego pesado e secundárias para leve.
6) Duas direções de tráfego - econômiza largura mas diminue velocidade de transporte.

III.5. Fator ARmazenagem

Devemos considerar aqui não só os depósitos controlados (almoxarifado), como também as esperas intermediárias, necessárias ao

balanceamento das operações.

Prevendo estas estocagens, devemos reservar lugar para:

- Material recebido
- Esperas no processo e armazenagens intermediárias
- Equipamento de transporte
- Ferramentas, dispositivos, máquinas inativas
- Devoluções, embalagens, refugo, sucata, lixo
- Material de manutenção

5.1. Dimensionamento das Áreas

Para o dimensionamento das áreas de armazenagens, devemos levar em consideração:-

1) Quantidade de armazenagem: quantidade de produto vêzes o tempo de armazenagem. Muito utilizado no caso de máquinas que trabalham mais turnos que outras e precisam de local para as esperas.

2) Frequência ou período de utilização ou consumo de cada lado da espera.

3) Dimensões, estado físico do material e método de empilhamento do material.

5.2. Métodos de Guarda nas Esperas

1) Empilhar, pendurar, utilizar sobrelojas e espaços externos, etc...

2) Usar dimensões múltiplas das dos ítens e guardar.

3) Classificar materiais conforme dimensões, pesos ou frequência de movimentos.

4) Não esquecer das chaves, extintores e outras obtenções.

5) Ajustar as dimensões das passagens ao movimento de entrada e saída.

6) Não esquecer da segurança, em todos os sentidos durante a armazenagem - fogo, danos, desmontagens de pilhas, roubo, oxidação, etc...

III. 6. Fator Mudança e Ampliações - Flexibilidade

Quando se prevê mudanças ou ampliações a curto e médio prazo, o L.O. não deve ser definitivo, mas o mais flexível possível.

Então é necessário identificar todas as partes que serão afetadas e considerá-las no L.O. sob este aspecto.

Um tipo de mudança muito frequente é o da quantidade produzida que varia com a demanda do mercado. Esta contingência não afeta muito o L.O., pois na maioria das vêzes é resolvida com horas extras e mais de um turno de trabalho.

6.1. Formas de Obter Flexibilidade

Entende-se por flexibilidade, a possibilidade de adaptar a produção às várias alternativas e a ampliações.

Para obtê-la, devemos ter:-

1) Máquinas móveis com rodas e facilmente fixados.

2) Sistema de distribuição de força, ar comprimido, vapor , etc., bem planejado, com diversas tomadas.

3) Equipamento padronizado, bancadas e prateleiras desmontáveis.

4) Mudanças previamente planejadas em todos os detalhes.

5) Prédio bem adaptável às mudanças.

6) Manter a produção em andamento durante a mudança utilizando os fins de semana para tal ou manter uma área livre para possibilitar manejos.

NOTA:- Os Fatores Edificio e Serviços Auxiliares não Serão abordados pois já são vistos na Disciplina Arquitetura e Planejamento Industrial.

CAPÍTULO IV

ROTEIRO PARA O PROJETO DO LAY-OUT

O projeto do L.O. deve partir do processo e do equipamento, levando em consideração os fatôres: homem, movimento, material, armazenagens, serviços, edifício e flexibilidade.

Todo projeto envolve um raciocínio lógico que deve seguir determinadas etapas:

a) motivação e definição do problema - fixação do objetivo

b) levantamento de dados

c) análise de dados

d) elaboração das idéias e do plano geral

e) detalhe do plano

f) obtenção dos resultados

g) verificação dos resultados

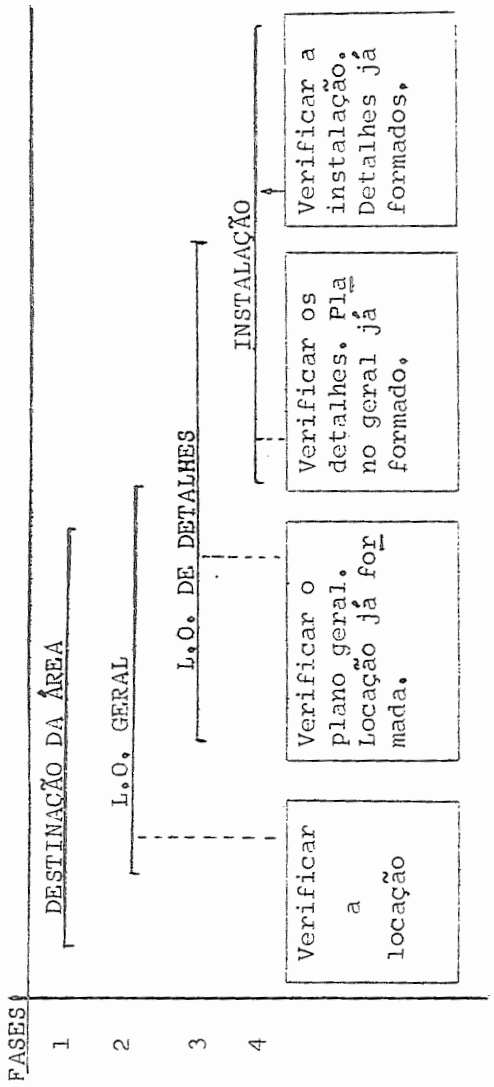
h) adaptação e correção finais

Este roteiro geral é perfeitamente válido para o projeto do L.O. mas algumas recomendações específicas devem ser feitas:-

1º) Planejar o todo e depois os detalhes

2º) Planejar o ideal e adaptá-lo ao caso prático, Não se prender a *limitações conhecidas* e a preconceitos.

3º) Seguir as etapas lógicas do desenvolvimento



Não ultrapassar as etapas sem firmar as anteriores.

4º) Planejar o processo e o equipamento a partir do produto. Apesar de ser tarefa do projetista de processo, o *Lay-out man* pode auxiliar.

5º) Projetar o edifíco, em torno de L.O. No caso edifício já existente, dispa-o de todos elementos não estruturais passíveis de modificações para dar liberdade ao projeto de L.O.

6º) Ajudar a compreensão e o estudo com *visualizações* do projeto-desenhos, cartões, modelos, mapa, fluxograma, etc...

7º) Procurar o auxílio, em forma de sugestões e idéias ou todos departamentos, principalmente no que diz respeito às necessidades de cada um.

8º) Acompanhar de perto a instalação e estar pronto para resolver certas situações que aparecem durante esta fase.

CAPÍTULO V

DADOS PARA O PROJETO DO LAY-OUT

Há dois tipos básicos de dados que necessitam para fazer o estudo do L.O. de uma fábrica:

1) Dados para dimensionamento, que irão nos dar os espaços - físicos necessários: materiais para produção, em produção produzidas, que sobram de produção; equipamentos, pessoal, serviços.

2) Dados para o arranjo, que irão nos dar a interligação que deve existir em todo o conjunto de fábrica fluxo de produção, de transporte e a outras utilizações preferenciais .

V.1. Dados Para Dimensionamento

Daremos a seguir uma idéia de quais dados e onde obtê-los.

1.1. Origem dos Dados

Especificações dos produtos	Eng. de Produtos
Variedades de produtos	Pesquisa de mercado e alta administração.
Quantidades de produtos	Previsão de vendas, vendas, programações.
Processo de fabricação e montagem	Engenharia de Processo.
Métodos e Tempos das Operações	Engenharia de Produção.

1.2. Dados Referentes ao Material

Após esta idéia inicial de onde obter os dados necessários , passamos a detalhar quais os dados necessários e a forma de obtê-los.

Para podermos projetar o L.O. devemos ter os seguintes dados sobre o material.

- Previsão de produção
- Componentes e materiais necessários - quantidades
- Áreas para recebimento, depósito e expedição
- Material de embalagens
- Material em processo
- Produto acabado

1.3. Dados Referentes ao Equipamento para Dimensionamento

Já vimos como se determina a quantidade de máquinas e como

se faz o seu balanceamento.

Para projetar o L:O. necessitamos ainda conhecer:

- Tipos e quantidade de equipamento
- Fator de utilização
- Tempo de operação - turnos
- Tempo de permissão para operários

destes quatro ítens tiramos:

1) Número de máquinas necessárias
2) Máquinas a comprar ou alugar
3) Área por unidade mais área de trabalho e acesso
4) Área total necessária, incluíndo circulação
5) Altura e pêso

V.2. Dados Para o Arranjo

Para determinar o arranjo, necessitamos conhecer o fluxo de produção e as utilizações preferenciais.

2.1. Determinação do Fluxo de Produção

O processo de manufatura determina o equipamento e este mais o fluxo determina o L.O.

Deve-se sempre procurar tomar o fluxo geral o mais linear possível, evitando voltas, zig-zag e cruzamento com as ruas para transporte.

O fluxo é determinado pela carta de processo (fluxograma)

Quando existe um único processo por seção ou departamento o L.O. sai diretamente da carta.

No caso de vários processos por seção ou departamento, devemos fazer uma carta múltipla, onde na coluna a esquerda enumerem-se

se as operações e nas colunas a direita todos o produtos.

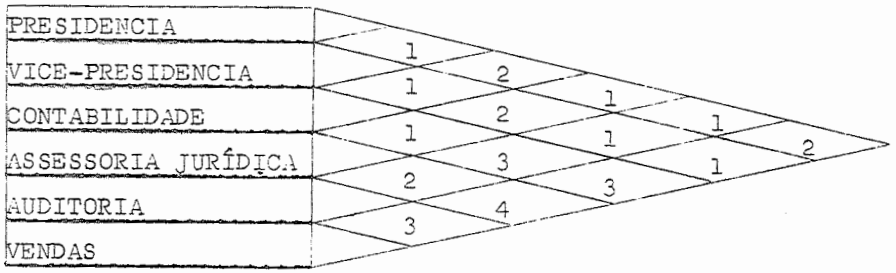
	PRODUTOS		
OPERAÇÕES	A	B	C
Cortar	1	1	2
Polir		2	1
Soldar	2		3
Niquelar	4	3	5
Imprimir	3	4	4
Furar		5	
Rebitar	5		6

Estas cartas de processo múltiplo e paralelas nos dão idéia do fluxo predominante e devem ser feitos só com os principais produtos, determinados num gráfico ABC.

Quando não existe predominância de alguns produtos e estes são em número ou tipos muito grande, utilizamos o L.O. tipo funcional.

2.2. Determinação das Interligações Preferenciais

Quando não há fluxo propriamente dito, determinamos só as ligações preferenciais, fazendo uma matriz triangular.



1) ligação essencial

2) ligação importante

3) ligação não importante

4) ligação indispensável

CAPÍTULO VI

ESQUEMATIZAÇÃO DO ARRANJO

Nesta altura já temos os dados para a determinação do arranjo; todos os fatores estudados e quantificados, escolhidos os tipos de L.O. em cada seção, os fluxos e as ligações já estabelecidas.

Só falta desenhar o L.O., com o objetivo de minimizar as distâncias para os maiores volumes transportados e respeitar os fluxos e as interligações.

As formas de fluxo mais comuns são:

- reto
- zig-zag
- U
- circular
- angular

sendo que cada forma se adapta a uns e outros casos.

Algumas recomendações são importantes para se chegar ao melhor L.O.

1) Se uma operação ou produto foge ao fluxo geral, colocá-la em posição lateral ao fluxo geral.

2) Quando temos vários produtos, procurar sempre ter uma visão conjunta e global do fluxo.

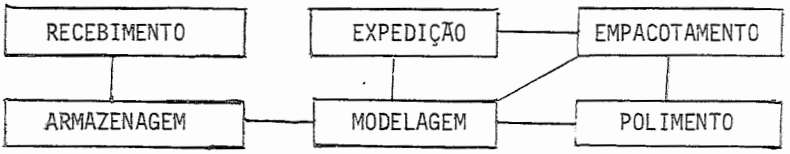
VI.1. O Desenho do Fluxo Principal

Para o desenho, devem lembrar sempre que se deve partir do ideal e chegar ao prático, do geral para os detalhes.

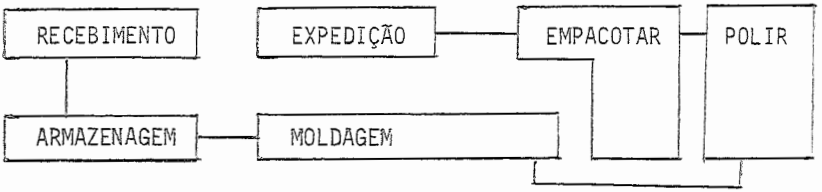
1) Devem começar pelas posições chaves e fixas: recebimento e expedição, operações críticas ou inamovíveis.

2) Depois determinar os grupos de operações adjacentes, consecutivas ou anteriores.

3) Fazer o esquema de relações entre atividades. Usa-se para isto cartões do mesmo tamanho, onde se escreve o nome das seções e procura-se ordenã-las de modo a satisfazer o fluxo. É a arrumação ideal teóricas.



4) Fazer o esquema de relações entre espaços.
Corta-se os cartões em escala de dimensões e formas e procura-se ajeitá-los de maneira mais semelhante ao teórico.



Com isto a configuração e as dimensões se esboçam.

5) O passo seguinte é desenhar o fluxo em escala, que permite fixar a planta geral ao local. Já se prevê todas as limitações do edifício ou do terreno.

CAPÍTULO VIII

VISUALIZAÇÃO DO ARRANJO

A visualização é muito importante durante o estudo e no debate final para a aprovação do L.O. Todos devem ver e compreender o problema e suas soluções.

Temos fundamentalmente três tipos de apresentação:

- desenhos e esquemas
- modelos bidimensionais
- modelos tridimensionais

Os modelos são muito úteis para mostrar o L.O. final, mas para o estudo do L.O. necessitam ser acompanhados de desenhos e esquemas das áreas e dos fluxos.

1) Desenhos e Esquemas

Para planos gerais devemos usar escalas reduzidas para sentir melhor a noção de conjunto (Escala 1:500 ou 1:250). Aumentar a escala, quando mais detalhes vão entrando.

Utilizar papel vegetal, que é útil para se sobrepor alternativas.

No caso de edifício, já existente, desenhá-lo com o mínimo de detalhes, só os necessários, tirar várias cópias para permitir análise comparativa. Utilizar cartões neste estudo.

- Papel quadriculado auxilia noção de distância.
- Cores ajudam a visualização de áreas críticas, fluxos diferentes, etc...
- Quando o L.O. desenvolve em diversos planos, uma perspectiva do conjunto é muito útil.