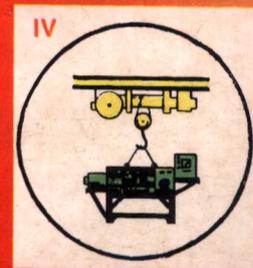
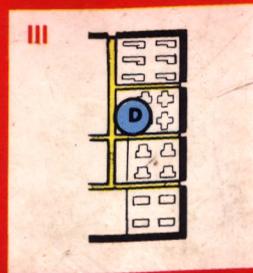
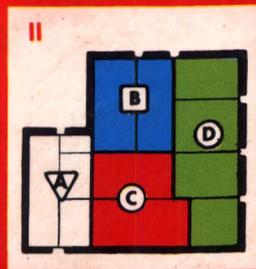
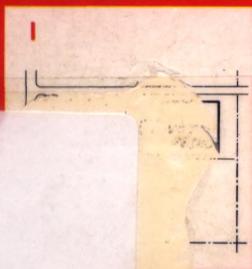


**RICHARD MUTHER**

**PLANEJAMENTO  
DO LAYOUT:  
SISTEMA  
SLP**



# CONTEÚDO

## PARTE 1

- 1 Fundamentos 1
- 2 Sistematização de projetos de arranjo físico, Sistema SLP 7

## PARTE 2

- Introdução 11
- 3 Dados de entrada 12
- 4 Fluxo de materiais 21
- 5 Inter-relações não baseadas no fluxo de materiais 33
- 6 Diagrama de fluxo e/ou inter-relações 44
- 7 Determinação dos espaços 53
- 8 Diagrama de inter-relações entre espaços 68
- 9 Ajuste do diagrama 78
- 10 Seleção das alternativas 91

## PARTE 3

- Introdução 103
- 11 Planejamento do arranjo físico detalhado 104
- 12 Plantas, *templates* e modelos 114

## PARTE 4

- Introdução 123
- 13 Localização 124
- 14 Implantação 133
- 15 Administração dos projetos de layout 142

## APÊNDICES

- I Descrição e tabelas do método MAG 152
- II Identificação de máquinas, equipamentos e bens 160
- III Classificação dos equipamentos de manuseio de materiais e containers 161
- IV Cálculo dos requerimentos de equipamentos 163
- V Uso de cores no planejamento das instalações 165
- VI Fatores ou considerações na seleção do layout 166
- VII Preparação de *templates* 170
- VIII Sistema de numeração dos desenhos e plantas 171

IX	Necessidade de espaço de acordo com o tamanho da estrutura e a relação terreno-construção	172
X	Combinando o fluxo com outros tipos de inter-relações	173
XI	Sistema SHA para manuseio de materiais	178
XII	O sistema SLP e layout por computadores	183
XIII	O sistema SLP em edifícios de mais de um andar	187
XIV	Sinopse do sistema SLP simplificado	189
	Lista de formulários de trabalho	192

## PREFÁCIO

Este livro tem por objetivo mostrar a executivos e projetistas de *layout* como planejar o arranjo físico de elementos produtivos disponíveis. Do ponto de vista acadêmico, não é um livro que se aprofunde em princípios. Ao contrário, apresenta um enfoque universal e uma seqüência específica de procedimentos a serem seguidos pelo projetista que deseja executar o projeto de *layout* de um modo sistemático, efetivo, sólido.

O arranjo de áreas de trabalho nasceu com o comércio e com o artesanato, com a execução de trabalhos produtivos. Com o desenvolvimento do sistema produtivo, maior atenção passou a ser dada à utilização do espaço. Devemos uma série de desenvolvimentos no planejamento de arranjos físicos a engenheiros químicos e de mineração alemães, a enlatadores de carne em Chicago, a produtores de vinhos canadenses, a produtores de automóveis de Detroit e a construtores de navios britânicos. Os arquitetos industriais aprenderam a relacionar suas estruturas às necessidades funcionais, adaptando-as ao espaço necessário dentro delas. E engenheiros industriais, como Taylor, os Gilbreth, Barnes, Maynard e Mogensen, nos trouxeram uma série de conceitos de eficiência e técnicas de visualização de processos que puderam ser utilizados como base para a elaboração do *layout* industrial. Porém os especialistas em *layout*, mesmo conhecedores das reduções de custo resultantes de um planejamento cuidadoso, não desenvolveram um procedimento geral para tratamento do problema.

Em muitos projetos sentíamos falta de um modelo a seguir. Como todos os analistas, vimo-nos muitas vezes lutando com a massa de dados, tentando resolver o problema de ter em mãos uma quantidade tão grande de fatores, considerações, elementos e objetivos relacionados a um certo projeto, que freqüentemente nos sentíamos confusos. A partir daí empenhamo-nos em desenvolver um método geral de procedimentos. Desejávamos encontrar uma abordagem lógica, técnicas aprofundadas de análise, uma linguagem e lista de convenções simplificada, e um modelo de procedimento linear e fácil de ser seguido — um modelo que integrasse as muitas técnicas existentes e em uso, porém isoladas.

Basicamente, o sistema SLP atende a esses objetivos, apesar de imperfeito e algo incompleto, não pretendendo substituir a criatividade e a inteligência dos projetistas. Por outro lado, o fato de esta segunda edição incluir uma série de novos desenvolvimentos, dar maior ênfase a certos pontos e incorporar um modelo de procedimentos revisados e o código de cores para projetos de *layout* recen-

temente aprovado indica que o sistema SLP tem sido modificado, corrigido e aperfeiçoado à medida que continua sendo utilizado.

O sistema SLP consiste de uma *estruturação de fases* através das quais passa qualquer projeto de *layout*; de um *modelo de procedimentos* para a realização do projeto, passo por passo; e de *convenções* para identificação, visualização e classificação das várias atividades, inter-relações e alternativas envolvidas em todo projeto de arranjo físico.

As fases foram originalmente identificadas e descritas em nosso livro *Practical Plant Layout* (McGraw-Hill Book Co., New York, 1955). Atualmente esta divisão parece ser bastante conhecida.

O modelo de procedimentos é um desenvolvimento mais recente e foi baseado originalmente na experiência adquirida através da realização de duzentos projetos. O sistema SLP foi aplicado pelo autor e seus colaboradores a mais de 1000 projetos e hoje não resta dúvida de que, utilizado corretamente, representa um real auxílio evitando erros, economizando tempo e produzindo melhores soluções.

Sempre que possível, as *convenções* são as adotadas por sociedades profissionais dos Estados Unidos e outras entidades reconhecidas. Mas a adoção dessas convenções não é obrigatória para a utilização da divisão de fases ou do sistema. Na realidade há muitas situações em que as convenções SLP precisarão ser alteradas para melhor utilização.

Este livro é um manual de instruções, talvez muito específico, o que foi nossa intenção. Inclui uma série de ilustrações, listas de verificação e exemplos de uma grande variedade de projetos. As fichas da última seção (incluindo as referências aos textos) objetivam dar um auxílio imediato e direto, mas é todo o volume — o sistema de planejamento completo — que poderá trazer benefícios até mesmo aos projetistas mais experientes.

Durante os doze primeiros anos a partir da data em que foi publicado pela primeira vez, este livro foi traduzido para sete idiomas\*. As técnicas então apresentadas foram adotadas por especialistas em projetos comerciais e industriais. Esperamos sinceramente que esta edição o auxilie.

Richard Muther  
Kansas City, Missouri

\* O português, tradução da segunda edição, revisada e aumentada, passa a ser o oitavo idioma (N. do R.)

Numa edição de *Factory Magazine* dos anos 30 foi publicada uma seção especial sobre *layout* na qual fomos dos primeiros a sugerir a utilização da carta de fluxo de processo como um passo essencial na elaboração de um projeto de *layout*. Desde essa ocasião vários livros sobre o assunto apareceram mas, em nossa opinião, todos deixaram muito a desejar.

Finalmente, Richard Muther, autoridade internacionalmente reconhecida em *layout*, parece ter juntado as muitas *ferramentas* utilizadas pelos engenheiros industriais num só "pacote" que ainda apresenta uma seqüência direta de procedimentos para resolver qualquer projeto de *layout*, além de uma série de novas técnicas desenvolvidas pelo próprio autor.

A divisão do projeto em quatro fases e o modelo detalhado para a execução da Fase II — arranjo geral — e da Fase III — arranjo detalhado — representam grandes contribuições no campo. O livro apresenta um enfoque universal para a resolução de uma série de problemas razoavelmente complexos em uma grande variedade de condições industriais.

Em outros livros sobre o assunto não é dada a ênfase necessária à análise produto-quantidade. Neste, são descritas algumas das técnicas de análise de fluxo e dadas su-

gestões para sua seleção conforme o resultado da análise produto-quantidade.

A técnica da carta de inter-relações preferenciais, classificadas e justificadas, é um modo sistemático para a preparação dos dados e serve como lista de verificação que pode assegurar que, qualquer decisão em relação a uma dada atividade, é tomada considerando-se cada uma das atividades.

O livro foi escrito visando o engenheiro especialista em projetos de *layout*, mas o enfoque, a abordagem clara e direta, e a inclusão de fichas, folhas e formulários no texto tornam-no acessível a pessoas sem formação em engenharia, que poderão ser rápida e facilmente introduzidas neste campo.

Um dos principais meios de redução de custos consiste no planejamento correto do arranjo físico dos elementos produtivos de forma a permitir a pesquisa e a aplicação correta de métodos de simplificação de trabalho antes que a fábrica ou escritório estejam construídos. Este livro representa um grande passo na consecução deste objetivo.

Allan H. Mogensen, Diretor  
Work Simplification Conferences

# PARTE 1

## capítulo 1. FUNDAMENTOS

Neste capítulo inicial, trataremos dos fundamentos básicos que regem o arranjo físico\* (planejamento das instalações ou layout). No Cap. 2 será apresentado um modelo sistematizado a ser seguido durante o planejamento de instalações.

### Objetivos do planejamento

Muitos administradores perguntam: "Afim, qual é o objetivo de um plano de arranjo físico?" Em alguns casos, o planejamento das instalações pode parecer tão fácil quanto movimentar máquinas ou equipamentos numa área, arranjando-os e rearranjando-os até se conseguir uma disposição satisfatória. Para uma dona de casa que gosta de mudar a aparência de seu lar de tempos em tempos, essa definição seria razoável. Mas, para uma indústria, esse procedimento significaria certamente perda de tempo, ociosidade de equipamento e interrupção no trabalho dos empregados. Além disso, pode acarretar sérios erros na utilização dos terrenos, altos custos em rearranjos, demolição de edifícios, paredes e estruturas que ainda poderiam ser utilizadas.

O tempo despendido no planejamento do arranjo antes de sua implantação evita que as perdas assumam grandes proporções e permite a todas as modificações se integrarem segundo um programa global e coerente, que permite o estabelecimento de uma seqüência lógica para as mudanças, além de facilitá-las.

É mais fácil movimentar modelos sobre uma folha de papel do que remover paredes ou movimentar máquinas e equipamentos diretamente. Segundo o professor Schell: "Você pode cometer quantos erros quiser durante o planejamento, mas todos eles terão valor se evitar erros na instalação real". Os custos de implantação de um bom arranjo ou de um arranjo deficiente podem ser praticamente idênticos. Mas, uma vez implantado um arranjo deficiente, os custos relativos ao rearranjo, interrupção de produção e novos investimentos tornam quase impossível transformá-lo num arranjo eficiente.

### A chave dos problemas de arranjo físico

Os problemas de arranjo físico geralmente recaem em dois elementos básicos:

1. Produto (ou material ou serviço) - o que é produzido ou feito.

2. Quantidade (ou volume) - o quanto de cada item deve ser feito.

Esses elementos, direta ou indiretamente, são responsáveis por todas as características, fatores e condições do planejamento. É necessário, portanto, coletar fatos, estimativas e informações sobre esses dois elementos.

Por produto (ou material ou serviço) devemos entender aquilo que é produzido pela empresa ou área em questão, a matéria-prima ou peças compradas, peças montadas ou tratadas, mercadorias acabadas e/ou serviços prestados ou processados. Os produtos podem ser expressos em itens, variedades, modelos, estilos, formas, classes de material, número de peças, grupos etc.

Por quantidade (ou volume) entendemos o montante do produto ou material produzido, fornecido ou utilizado.

A quantidade pode ser expressa em número de peças, peso, volume ou valor do montante produzido ou vendido.

Esses dois elementos representam a chave da resolução dos problemas de layout (ver Fig. 1-1), pois o planejamento do arranjo físico de uma fábrica ou departamento deve atender à produção de determinados produtos em determinadas quantidades.

De posse das informações acerca do produto e da quantidade, devemos obter informações sobre o roteiro (ou processo) segundo o qual o produto ou material será fabricado.

Por roteiro entendemos o processo, suas operações, equipamentos e seqüência.

O roteiro pode ser definido por listas de operação e equipamentos, cartas de processo, gráficos de fluxo etc.

As máquinas e os equipamentos a serem utilizados dependem das operações de transformação. Também a movimentação de materiais através das áreas depende da seqüência das operações. Logo, as operações envolvidas no processo e sua seqüência tornam-se a chave do nosso problema.

O conjunto de operações produtivas necessita de um certo número de serviços de suporte para sustentá-las. Sem uma infra-estrutura adequada, homens e máquinas não funcionariam satisfatoriamente.

\* Neste livro serão usadas três denominações, arranjo físico, planejamento das instalações e layout, para indicar o estudo do posicionamento relativo dos recursos produtivos - homens, máquinas e materiais - no espaço (N. do T.)

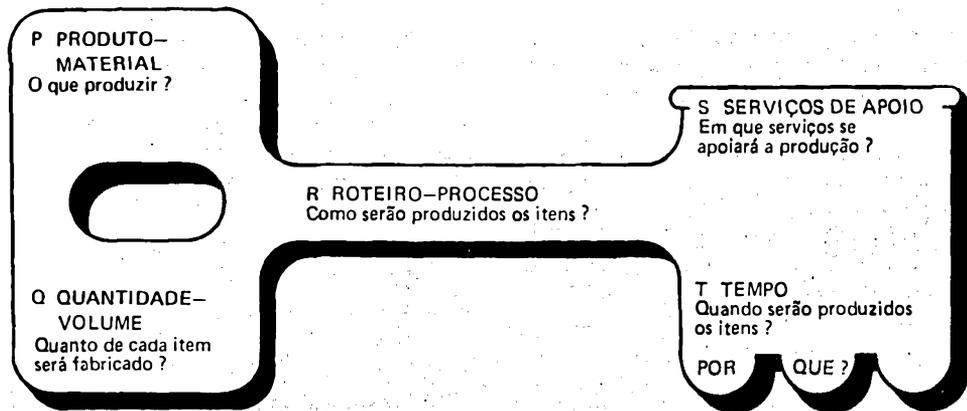


Figura 1-1 A chave PQRST para abrir as soluções do layout

Por serviços de suporte entendemos recursos, atividades ou funções auxiliares que devem suprir a área em questão e que lhe darão condições de funcionamento efetivo.

Os serviços de suporte incluem manutenção, reparo de máquinas, ferramentaria, sanitários, alimentação, atendimento de primeiros socorros, setores de expedição e recebimento, escritórios da fábrica, plataformas de descarga, áreas de armazenamento etc.

Tomados em conjunto, os serviços de suporte muitas vezes ocupam uma área de terreno maior que a dos próprios departamentos produtivos. Daí a grande atenção que devem receber.

Outro elemento básico no planejamento das instalações é a medida do tempo.

Por tempo entendemos quando, por quanto tempo, com que frequência e com que prazo.

O dimensionamento do tempo envolve questões como quando produzir ou quando o projeto será colocado em operação (durante a época do Natal, durante o período de colheita). Os tempos de operação para as funções produtivas determinam quantas máquinas são necessárias, o que levará ao dimensionamento do espaço, da mão-de-obra e ao balanceamento das operações. Urgência de uma ação ou de uma entrega também faz parte da medi-

da do tempo, assim como o ritmo de produção e as respostas dos serviços de suporte.

Talvez a devida consideração do tempo seja o fator mais importante para os projetistas de layout. Todo projeto de layout levará um certo tempo para ser executado e geralmente terá um objetivo a alcançar. A Fig. 1-1 coloca isto sob a forma de chave para facilitar a memorização. Observe o por quê no final da chave, que representa um lembrete essencial para o projetista a fim de este não se esquecer de questionar, a cada instante, os princípios nos quais se baseou.

Alguns "por quês" de alerta são necessários a fim de que se esteja certo de que os princípios básicos, estão sendo atendidos.

Os cinco elementos - P (produto), Q (quantidade), R (roteiro), S (serviços de suporte) e T (tempo) - formam as bases para o planejamento das instalações.

Baseado nesta seqüência de letras, o projetista terá um ponto de partida seguro, que é muito importante, pois algumas vezes este início é a parte mais difícil do projeto.

#### Produto e quantidade

Os dados iniciais básicos para o desenvolvimento do projeto são fornecidos, de um lado, pela equipe de engenharia do produto e, por outro, pelo departamento de vendas, mercadologia ou de pes-

P	Produto (material)
Q	Quantidade (volume)
R	Roteiro (seqüência do processo de fabricação)
S	Serviços de suporte
T	Tempo

Figura 1-2 O alfabeto do engenheiro de arranjo físico, incluindo os elementos básicos para um projeto de planejamento de instalações

quisa de mercado. Isso significa que devemos iniciar o planejamento do arranjo pesquisando amplamente as informações sobre P (produto) e Q (quantidade).

Para o registro desses dados sugerimos a Folha Produto-Quantidade (ver Fig. 1-3). Esta folha reúne de forma organizada as informações P e Q. O lado esquerdo é reservado para informações acerca do produto e o lado direito, para as quantidades. A metade superior da folha será utilizada para um único produto e a metade inferior, para vários produtos. Para empresas com uma linha diversificada de produtos, utilizamos a parte inferior e, no caso de um único produto, somente a metade superior.\*

Depois de organizados, esses dados deverão receber a aprovação da alta administração e dos encarregados pelas operações e atividades envolvidas. Além disso devem constar da folha estimativas das tendências de desenvolvimento de produtos e quantidades, flutuações sazonais, picos de produção e número de turnos de trabalho.

Esse formulário, sozinho, é insuficiente para uma análise completa das informações sobre o produto e a quantidade, mas servirá como ponto de partida para um projetista de arranjo físico inexperiente. Essa folha permitirá que se inicie o projeto rapidamente — embora logo sejam necessárias mais informações específicas.

O arranjo físico como produto

Do ponto de vista do responsável pelo planejamento das instalações, o resultado de seu trabalho é o projeto formulado por ele. Logo, ele é o "criador" de um produto — seu projeto mostra as plantas e as especificações desse produto, que é o arranjo implantado.

A diferença entre o engenheiro de produto e o projetista de arranjo físico é que o primeiro em geral planeja produtos para serem fabricados em lotes, enquanto o segundo projeta um produto que será único — fundamentalmente, cada arranjo é completamente diferente do outro. Neste sentido, o engenheiro responsável pelo layout se aproxima mais de um arquiteto.

FOLHA DE DADOS PRODUTO/QUANTIDADE				Fábrica <u>Santo André</u>		Projeto <u>472-C3</u>																																																																																									
Preencha quando possível <span style="float: right;">INFORMAÇÕES SOBRE O PRODUTO</span> Para UM PRODUTO Apenas para estampagem e/ou tratamento Nome do produto e descrição <u>Lamina forjada</u> Condições finais (fluido, delicado etc.) <u>Entalhe</u> Tamanho/forma <u>comp. de 5 a 20 cm; espessura de 2,5 a 9,4 mm; larg. 1,2 a 6,3 cm</u> Unidade <u>pedaço</u> <span style="float: right;">Peso por unidade <u>200 a 900 g</u></span> Condição inicial do material <u>Extrusão</u> Tamanho/forma: <u>comp. 10-20 cm, diam. 2,55</u> <span style="float: right;">Peso por unidade <u>200 a 900 g</u></span> Como foi trazido <u>Caminho</u> <span style="float: right;">Como foi enviado _____</span>				EXIGÊNCIAS DE PRODUÇÃO Quantidade produzida este ano <u>15000</u> <span style="float: right;">Fonte <u>Vendas</u></span> Quantidade esperada para o próximo ano <u>15000</u> <span style="float: right;">Aprovado: <u>M. Couto</u></span> Quantidade esperada para 5 anos <u>25000</u> <span style="float: right;">Estimada por <u>N. Messias</u></span> Tempo de produção do produto <u>Indefinidamente</u> Variação sazonal <u>Desprezível</u> Planos de expansão <u>Próxima expansão em outro local</u>																																																																																											
Para UM PRODUTO Montagem e/ou desmontagem Nome do produto e descrição _____ Condições finais _____ Tamanho/forma _____ <span style="float: right;">Peso por unidade _____</span> Principais componentes <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Condição do material</th> <th>Tamanho/forma</th> <th>Peso por unidade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>a. _____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>b. _____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>c. _____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>d. _____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>e. _____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr> </tbody> </table>				Condição do material	Tamanho/forma	Peso por unidade	a. _____	_____	_____	b. _____	_____	_____	c. _____	_____	_____	d. _____	_____	_____	e. _____	_____	_____	Tendências do produto (modificações) Tamanho <u>Nenhuma</u> <span style="float: right;">Diversificação <u>Nenhuma</u></span> Peso <u>Nenhuma</u> <span style="float: right;">Simplificação <u>Nenhuma</u></span> Materiais <u>Resistência a altas temperaturas</u> Quant. e frequência de receb. e despacho <u>Quadr e mais frequentes</u> Refinamentos <u>Melhor acabamento</u> Outros _____																																																																									
Condição do material	Tamanho/forma	Peso por unidade																																																																																													
a. _____	_____	_____																																																																																													
b. _____	_____	_____																																																																																													
c. _____	_____	_____																																																																																													
d. _____	_____	_____																																																																																													
e. _____	_____	_____																																																																																													
Para VÁRIOS PRODUTOS <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nome do produto ou grupo</th> <th>Condições</th> <th>Tamanho/forma</th> <th>Peso por unidade</th> <th>Quantidade Este ano</th> <th>Ano passado</th> <th>Próximo ano</th> <th>5 anos</th> <th>Por lote ou pedido</th> <th>% de produção</th> <th>"Layout" para</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A. _____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>B. _____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>C. _____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>D. _____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>E. _____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>F. _____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>G. _____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr> </tbody> </table>				Nome do produto ou grupo	Condições	Tamanho/forma	Peso por unidade	Quantidade Este ano	Ano passado	Próximo ano	5 anos	Por lote ou pedido	% de produção	"Layout" para	A. _____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	B. _____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	C. _____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	D. _____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	E. _____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	F. _____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	G. _____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	Horas de operação _____ por turno _____ por dia _____ por semana "Layout" para (no. de unidades) <u>25.000 por semana</u>			
Nome do produto ou grupo	Condições	Tamanho/forma	Peso por unidade	Quantidade Este ano	Ano passado	Próximo ano	5 anos	Por lote ou pedido	% de produção	"Layout" para																																																																																					
A. _____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____																																																																																					
B. _____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____																																																																																					
C. _____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____																																																																																					
D. _____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____																																																																																					
E. _____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____																																																																																					
F. _____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____																																																																																					
G. _____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____																																																																																					
Tendências do produto _____ Variação sazonal _____ Planos de expansão _____ NOTAS _____																																																																																															

Figura 1-3 Coleta de dados sobre produto e quantidade. À esquerda, na figura, vemos as informações mais importantes sobre o produto em questão — o forjamento de lâminas para turbinas a gás para aviação. À direita, vemos as informações básicas sobre a quantidade, juntamente com os dados de tendência do projeto. Este formulário é um ponto de partida para obtenção dos dados sobre P e Q. Ele fornece, no lado esquerdo, espaço para as informações sobre o produto (ou material); no lado direito temos espaço para informações sobre a quantidade (ou volume). O tamanho do formulário vai depender se é um único produto, se são vários produtos e se inclui montagens

\* Na última seção do livro encontramos um exemplar de cada formulário de um número

Se compararmos o trabalho de um engenheiro de produto com o de um engenheiro de arranjo físico, encontraremos as seguintes características para cada um deles:

#### Engenheiro de produto

1. Pesquisa e desenvolvimento
2. Engenharia e projeto
3. Delineamento da produção
4. Processo e ferramental

#### Engenheiro de arranjo físico

1. Localização da área na qual se fará o arranjo
2. Arranjo físico geral
3. Arranjo físico detalhado
4. Implantação (planejamento e movimentação)

Ainda em outro sentido, o layout de uma fábrica é um produto. O projeto de um produto é o resultado de um certo número de componentes, partes ou ingredientes num produto final funcional. Admite-se que esse produto, por sua forma, características químicas ou pela integração dos componentes, tenha um certo valor já que pode ser vendido ou utilizado pelo consumidor. Do mesmo modo, o layout é a combinação de diversos departamentos, áreas ou atividades\* funcionais, dispostos adequadamente. Admite-se que o layout possui valor quando é instalado para benefício dos usuários, que no caso podem ser os operários ou os proprietários da empresa. Devemos nos lembrar de que um plano de layout não é um fim em si mesmo.

O planejador de layout deve ter em mente que deverá "vender" seu planejamento, instalá-lo e colocá-lo em funcionamento da forma como foi concebido e desenhado.

#### Fases do planejamento do arranjo físico

##### Fase I - Localização

Determina a localização da área para a qual faremos o planejamento das instalações. Não representa necessariamente um problema de nova localização. Na maioria das vezes, precisaremos determinar se o novo layout ou o rearranjo será instalado na área atualmente em utilização, numa área utilizada para armazenagem mas que poderia ser liberada; se vai ser adquirido um novo prédio ou se algum outro local pode ser aproveitado.

##### Fase II - Arranjo físico geral

Estabelece a posição relativa entre as diversas áreas. Nesta fase, os modelos de fluxo e as áreas são trabalhados em conjunto de forma que as inter-relações e a configuração geral da área sejam grosseiramente estabelecidas.

Esses planos recebem várias denominações: arranjo de blocos; block-layout, localização relativa de áreas, layout grosseiro etc.

##### Fase III - Arranjo físico detalhado

Envolve a localização de cada máquina e equipamento. No planejamento detalhado é estabelecida a localização de cada uma das características

físicas específicas da área, incluindo todos os suportes e serviços. O resultado dessa fase é comumente uma folha ou uma maquete com os modelos de cada máquina individual ou equipamentos.

##### Fase IV - Implantação

Nesta última fase, planejamos cada passo da implantação, tratamos da apropriação de capital e fazemos a movimentação das máquinas, equipamentos e recursos, a fim de que sejam instalados conforme o planejamento.

Essas quatro fases se sucedem e para melhores resultados elas devem se superpor umas às outras. Isso é indicado pela Fig. 1-4. Qualquer projeto de layout passa por essas quatro fases.

Durante a Fase II, o projetista deverá estar certo de que o que foi estabelecido na Fase I foi atendido e que cada decisão específica será tomada com a finalidade de atender às condições e características do local para o qual o arranjo físico está sendo planejado. Obviamente, nunca se pode ser específico o suficiente com relação ao layout detalhado se não se possuir informação sobre o número de andares, altura do teto (pe-direito), espaçamento entre colunas e demais características da construção. E tudo isso depende, no aspecto geral, da localização.

Em muitos casos, o trabalho da Fase I envolverá um estudo de localização ou análise de um novo local. Nesses casos o responsável pelo planejamento das fases II e III poderá ou não estar envolvido diretamente na Fase I.

Do mesmo modo, outro grupo pode se encarregar da implantação. De qualquer forma, em qualquer dos casos, o projetista do arranjo físico deve estar atento à seqüência dessas quatro fases e encontrar-se preparado para um trabalho de integração dessas fases já que elas são partes do projeto total.

Quando o planejamento envolve um projeto de grande porte, uma outra fase pode e deve ser acrescentada, conforme se explica na Fig. 1-5. Neste caso, devemos considerar o arranjo global ou a integração dos vários edifícios. Uma vez pronto esse arranjo de blocos global, fazemos um arranjo geral para cada um dos edifícios. A partir desse ponto, passamos à Fase III, fazendo um arranjo detalhado para cada departamento de cada edifício - ou seja, estabelecendo "a localização de cada uma das máquinas e equipamentos".

O montante de informações detalhadas necessárias para o planejamento cresce à medida que o projeto progride. Na fase de localização levamos em conta estimativas, esboços e considerações gerais. Mas, na Fase IV, os desenhos e as plantas das instalações devem ser precisos, exatos e detalhados. O grau de detalhe de cada informação em função das fases do layout está indicado na Fig. 1-6.

Resumindo: todo o projeto deve passar pelas quatro fases, que deverão ser convenientemente verificadas e aprovadas.

\* A palavra "atividade" é um termo universal, utilizado neste livro para designar elementos (que não pessoas ou materiais em processo) que são considerados como parte do arranjo físico. Ela engloba, nas diferentes fases do planejamento ou em diferentes situações: operações, funções, áreas departamentos, grupos de máquinas, centros de trabalho, características dos prédios etc.

### AS FASES DO SISTEMA SLP

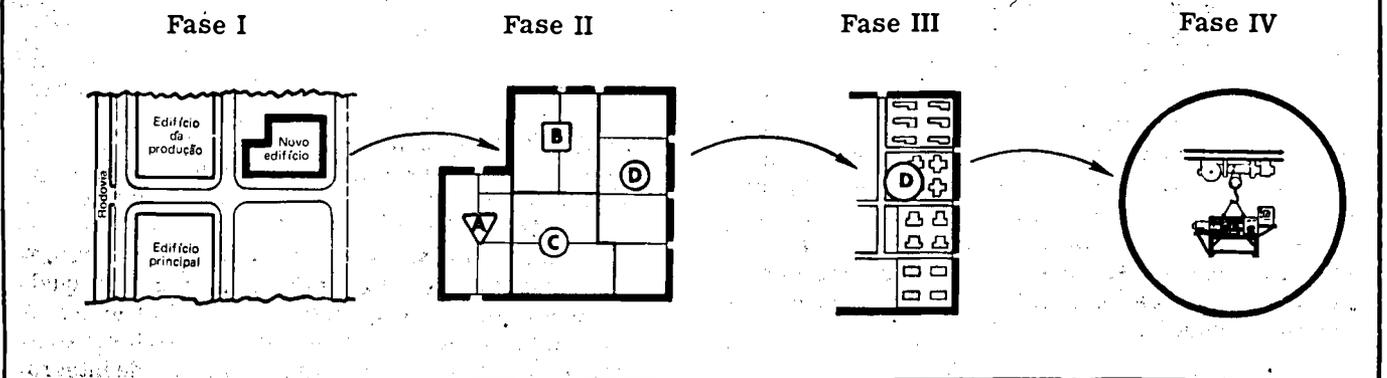
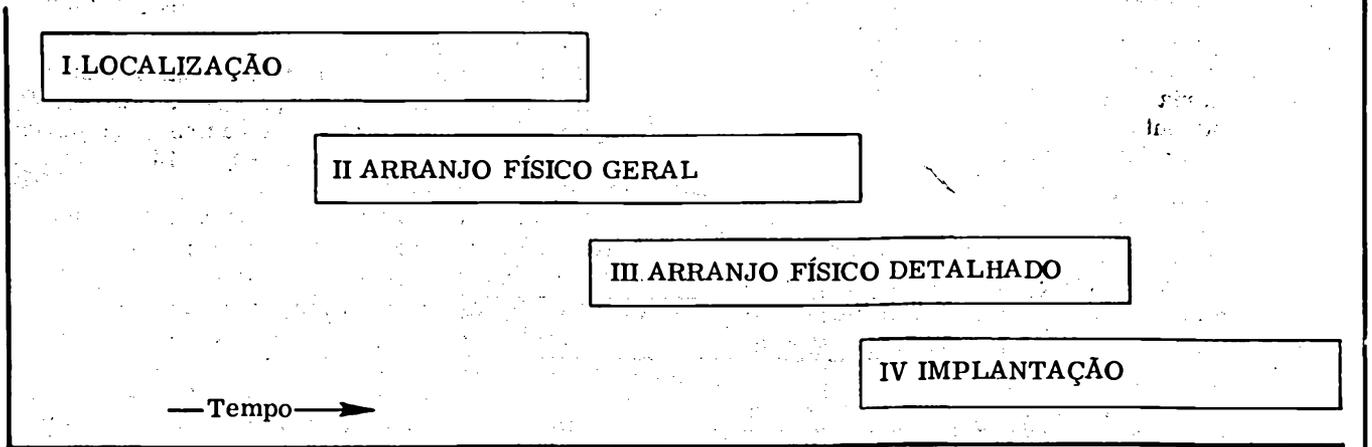


Figura 1-4 As quatro fases do sistema SLP. Cada projeto de *layout* atravessa essas fases. As fases se sucedem como mostra a figura e, para alcançar melhores resultados, devem se sobrepor

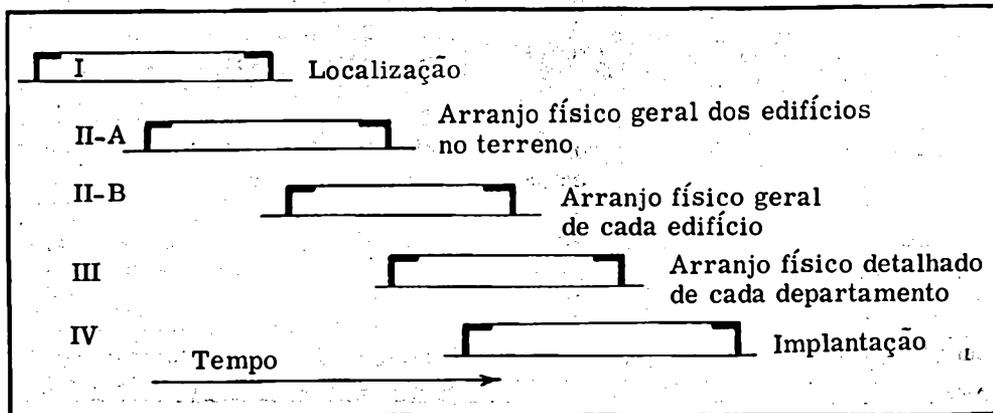


Figura 1-5 São necessários alguns ajustes no caso de *layout* mais complexo e envolvendo vários edifícios. Neste caso, a Fase II se desdobra em Fase II-A: Arranjo físico geral dos edifícios no terreno; e Fase II-B: Arranjo físico geral de cada edifício. Se por acaso os edifícios são de mais de um andar surgiria a Fase II-C: Arranjo físico geral de cada andar de cada edifício

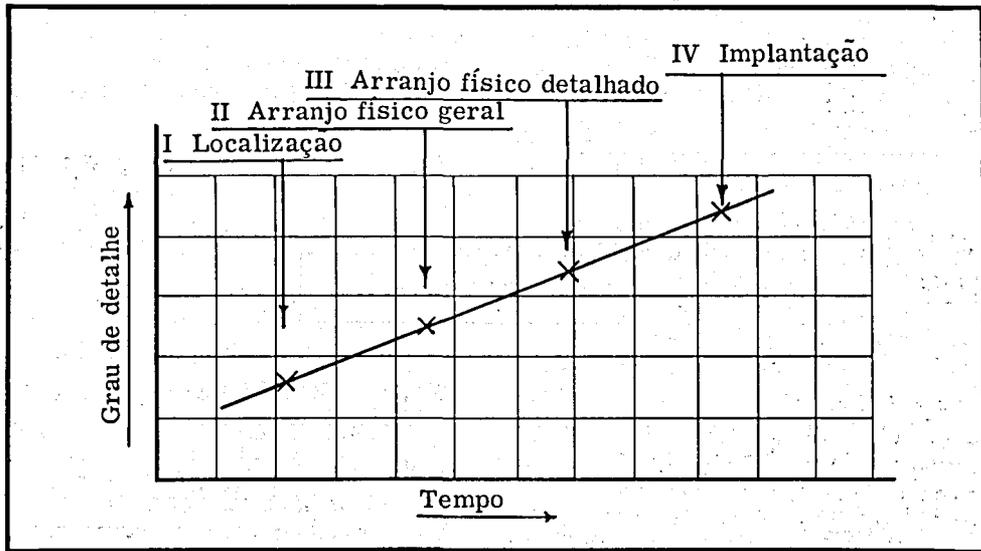


Figura 1-6 Nível de informações. A quantidade de informações detalhadas, e dados específicos do *layout* e de técnicas de planejamento, vai aumentando à medida que o projeto se transforma numa realidade física

## capítulo 2

# SISTEMATIZAÇÃO DE PROJETOS DE ARRANJO FÍSICO — sistema SLP

O sistema SLP (Systematic Layout Planning) é uma sistematização de projetos de arranjo físico. Consiste de (1) uma estruturação de fases, (2) de um modelo de procedimentos e (3) de uma série de convenções para identificação, avaliação e visualização dos elementos e das áreas envolvidos no planejamento.

Explicamos a seqüência das quatro fases no Cap. 1 e, no presente, estudaremos o modelo de procedimentos (Fig. 2-1). As convenções serão introduzidas nos próximos capítulos.

Não se pode dizer que o modelo de procedimentos seja científico, pois o próprio planejamento de arranjo físico é considerado como um misto de arte e ciência.

A Fase II (arranjo físico geral) e a Fase III (arranjo físico detalhado) constituem o projeto de ar-

ranjo físico propriamente dito, e nessas duas fases o modelo de procedimentos a ser seguido é basicamente o mesmo.

Todo arranjo se baseia em três conceitos fundamentais:

1. Inter-relações – grau relativo de dependência ou proximidade entre as atividades.
2. Espaço – quantidade, tipo e forma ou configuração dos itens a serem posicionados.
3. Ajuste – arranjo das áreas e equipamentos da melhor maneira possível.

Esses três princípios são a essência de qualquer planejamento de arranjo físico, independente do produto, processo ou extensão do projeto.

### O sistema SLP

Conforme vimos no capítulo anterior, a análise das informações sobre o produto, quantidade, roteiro (processos e equipamentos), serviços de suporte e tempo constitui os dados preliminares básicos para o desenvolvimento de um projeto de arranjo físico. Outro dado preliminar é a identificação das várias atividades (ou áreas) incluídas no arranjo.

O Fluxo de materiais (Quadro 1 do modelo de procedimentos) muitas vezes é o fator predominante para o arranjo físico de indústrias. Para o planejamento de nosso arranjo, estabeleceremos um fluxo progressivo através da área ou áreas envolvidas baseados na seqüência e na intensidade do material deslocado.

Além das áreas de produção, também as áreas de serviços de suporte deverão ser levadas em conta no planejamento. Portanto o levantamento do Diagrama de inter-relações entre as atividades (Quadro 2) é freqüentemente de igual ou maior importância que o defluxo de materiais.

Esses dois fatores são combinados no Diagrama de fluxo e/ou inter-relação onde as diversas atividades, departamentos ou áreas estão geograficamente relacionados entre si, sem considerar o espaço que cada um deles requer (Quadro 3).

Em seguida temos os Requerimentos de espaço (Quadro 4), obtidos por meio da análise de máquinas e equipamentos utilizados na produção e dos serviços envolvidos. Esses requerimentos deverão ser balanceados de acordo com a Disponibilidade de espaço (Quadro 5).

Integrando o resultado desse balanceamento ao diagrama de fluxo e/ou inter-relações, obtemos o Diagrama de inter-relações entre espaços (Quadro 6). Basicamente, este diagrama já é um arranjo

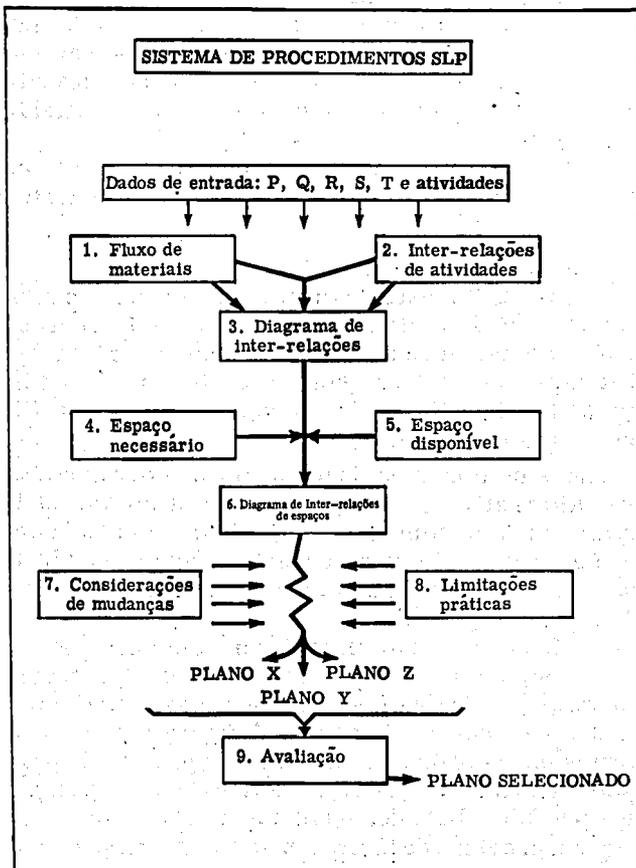


Figura 2-1 O sistema de procedimentos SLP

físico. Entretanto não será o arranjo definitivo pois necessita ser ajustado e modificado ao se levar em conta todas as Considerações de mudança (Quadro 7): métodos de movimentação, recursos de estocagem, fatores relativos ao terreno e à construção, necessidades do pessoal, serviços auxiliares, suprimentos, controles e procedimentos. Cada idéia ou consideração que surgir deverá ser comparada frente às Limitações práticas (Quadro 8): custo, segurança, códigos de construção, edifícios já existentes, energia disponível etc.

Durante o ajuste e a integração do diagrama de inter-relação entre espaços conforme as considerações de mudança e limitações práticas, surgem diversos planos que serão testados e examinados. Somente são aproveitados os que possuem valor prático.

Concluída essa fase, estaremos de posse de dois, três, quatro ou cinco projetos alternativos (planos X, Y e Z da Fig. 2-1). O próximo passo será determinar qual deles será selecionado, o que é feito por meio de análises de custos e fatores intangíveis (avaliação de arranjos físicos alternativos ou avaliação de custos e fatores intangíveis). Como resultado, chegamos ao arranjo físico selecionado, que poderá ser uma das alternativas ou uma combinação delas. Com isso, a Fase II — arranjo físico geral — estará concluída.

Na Fase III repetiremos o mesmo modelo de procedimentos para o projeto de cada uma das sub-áreas do arranjo geral. Isso será discutido nos próximos capítulos.

#### P, Q, R, S e T

Vimos de que maneira o sistema SLP é estruturado. A maioria dos cálculos necessários ao planejamento do arranjo é guiada pela seqüência P, Q, R, S e T. A preparação dos dados para os vários quadros do sistema de procedimentos SLP é feita a partir desses cinco elementos básicos. Os projetos dos produtos e as previsões de vendas devem ser integrados à análise P-Q — também chamada análise volume-variedade ou estudo de composição de produtos. A partir daí estabeleceremos o nível de influência de cada produto ou grupo de produtos no arranjo físico. Especificamente, a análise da composição dos produtos junto às análises do processo, serviços e tempos, nos leva à identificação ou ao delineamento das atividades individuais (áreas, grupos de máquinas, estações de trabalho) e a determinação do tipo de arranjo físico.

P, Q e R são então considerados em conjunto e a partir daí se desenvolve o fluxo de materiais (Quadro 1). P, Q e S, por sua vez, dão origem às inter-relações entre atividades de serviço (Quadro 2). Combinando esses dois quadros obtemos o diagrama de fluxo e/ou inter-relações (Quadro 3).

O roteiro (R), em conjunto com o tempo (T) determina as máquinas e os equipamentos necessários para o funcionamento dos processos de produção. Os serviços de suporte (S) são distribuídos de maneira a atender de forma eficiente ao setor produtivo. Passamos então a considerar as máquinas, os equipamentos e os serviços em termos das áreas necessárias para seu funcionamento.

#### Planejamento do arranjo físico detalhado (Fase III)

Assim que o arranjo geral esteja desenvolvido, o próximo passo — Fase III — será a elaboração de arranjos detalhados, o que inclui o planejamento detalhado de cada máquina e equipamento, passagens, áreas para armazenagem, serviços e áreas estabelecidas no arranjo de blocos durante a fase anterior.

Se observarmos as Figs. 1-4 e 2-2, veremos que as fases II e III se superpõem, o que significa que, antes de terminarmos o arranjo geral, alguns detalhes deverão ser analisados em profundidade. Por exemplo, o estudo detalhado do sistema de movimentação de materiais a ser utilizado precisa ser feito antes de se chegar a um arranjo geral satisfatório.

Durante a fase III faremos um arranjo detalhado para cada uma das áreas departamentais assinaladas no arranjo geral e não teremos ajustamentos somente em cada uma dessas áreas específicas: alguns reajustes no arranjo geral se farão necessários. Ou seja, à medida que os detalhes são trabalhados, o arranjo geral poderá necessitar, dentro de certos limites, de ajustes e mudanças.

Durante a Fase III utilizamos o mesmo modelo de procedimentos, sendo que neste caso, em vez de considerarmos o fluxo global dos materiais e as inter-relações entre as atividades, consideraremos a movimentação dos materiais e as inter-relações internas a cada uma das áreas departamentais. Os requerimentos de espaço são, nesta fase, os espaços necessários para o funcionamento de cada máquina ou equipamento e o diagrama de inter-relações entre espaços agora passa a ser um esboço de arranjo feito com modelos das máquinas, dos equipamentos, dos homens, dos materiais e dos produtos.

Em cada departamento chegaremos a vários planos alternativos que deverão ser convenientemente avaliados.

#### Sistema SLP — um exemplo

A Fig. 2-3 mostra o resumo de um projeto realizado segundo o sistema SLP. A Fase I corresponde à determinação da localização da área a ser utilizada, que poderá estar na parte norte do edifício da fábrica (X), ao longo de sua região sul (Y) ou em um novo edifício (Z).

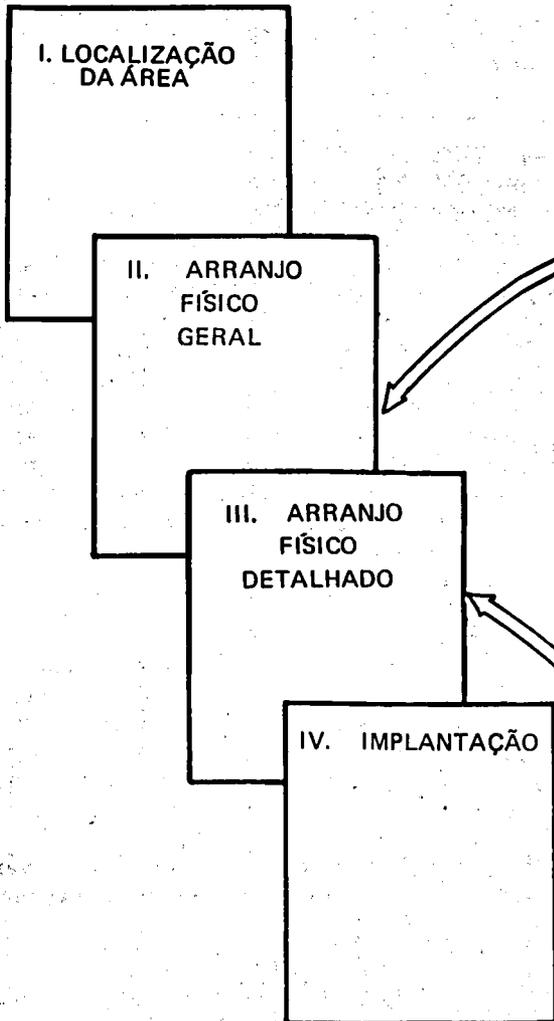
Antes de tomar qualquer decisão sobre uma das três alternativas, o projetista deverá ter uma idéia aproximada de como o arranjo ficaria em cada um desses locais. Ou seja, durante a fase de localização seus estudos penetram nos domínios da Fase II — arranjo geral.

Na Fase II, o projetista deverá ter em mãos todo o conjunto de informações básicas — provavelmente já obtidos na fase anterior mas sem o grau de detalhe necessário agora. A figura nos mostra alguns dados utilizados na Fase II: projeto do produto, previsão de vendas, análise de composição dos produtos, lista dos equipamentos, lista das operações, previsão de futuras mudanças nos produtos e uma lista dos serviços necessários.

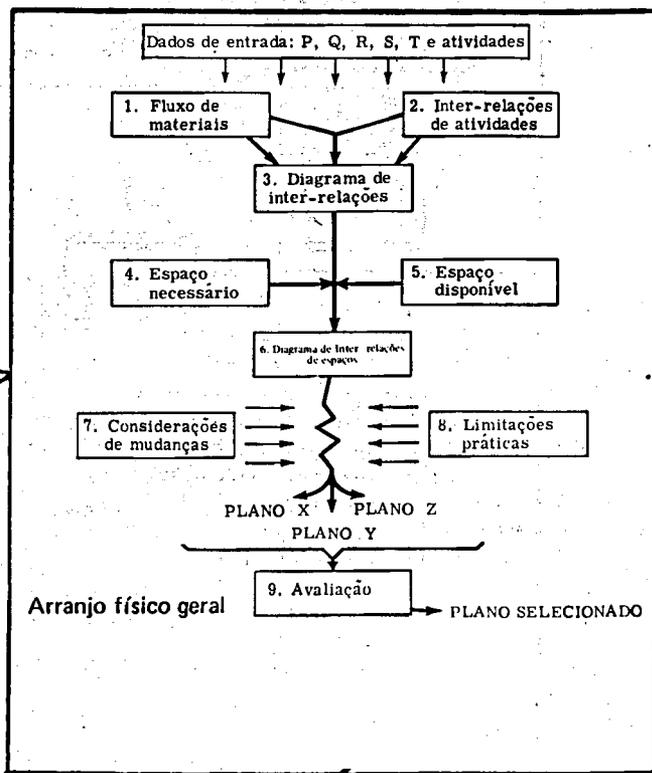
De posse desses dados, o projetista fará a análise do fluxo de materiais e estabelecerá as inter-

### SISTEMA SLP EM FASES

#### ESTRUTURAÇÃO DE FASES



#### II. ARRANJO FÍSICO GERAL



#### III. ARRANJO FÍSICO GERAL

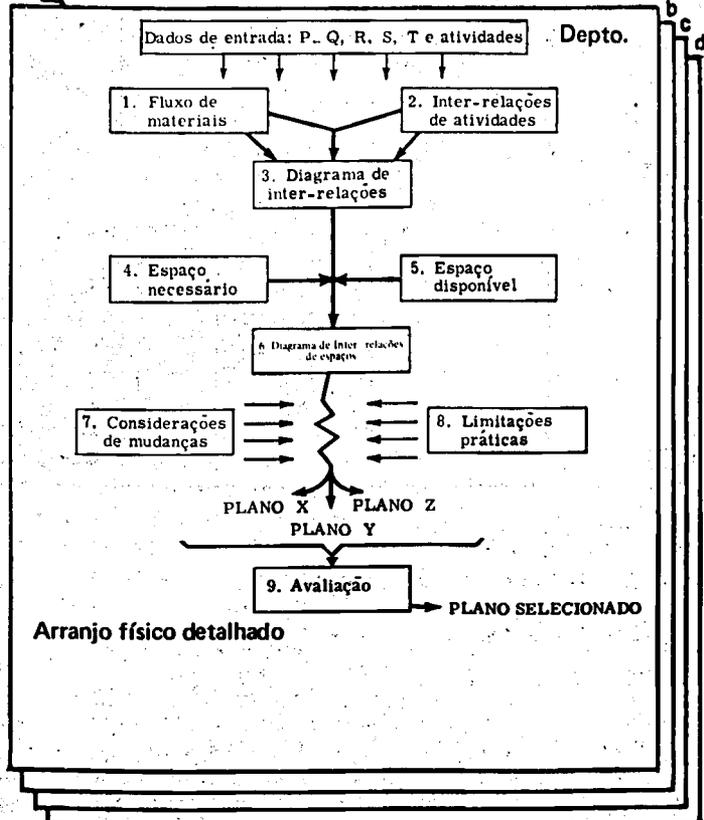


Figura 2-2 O sistema SLP em fases. O sistema de procedimentos seguido no arranjo físico geral e repetido para o arranjo físico detalhado — um para cada área ou departamento. O exemplo da figura mostra as fases II e III

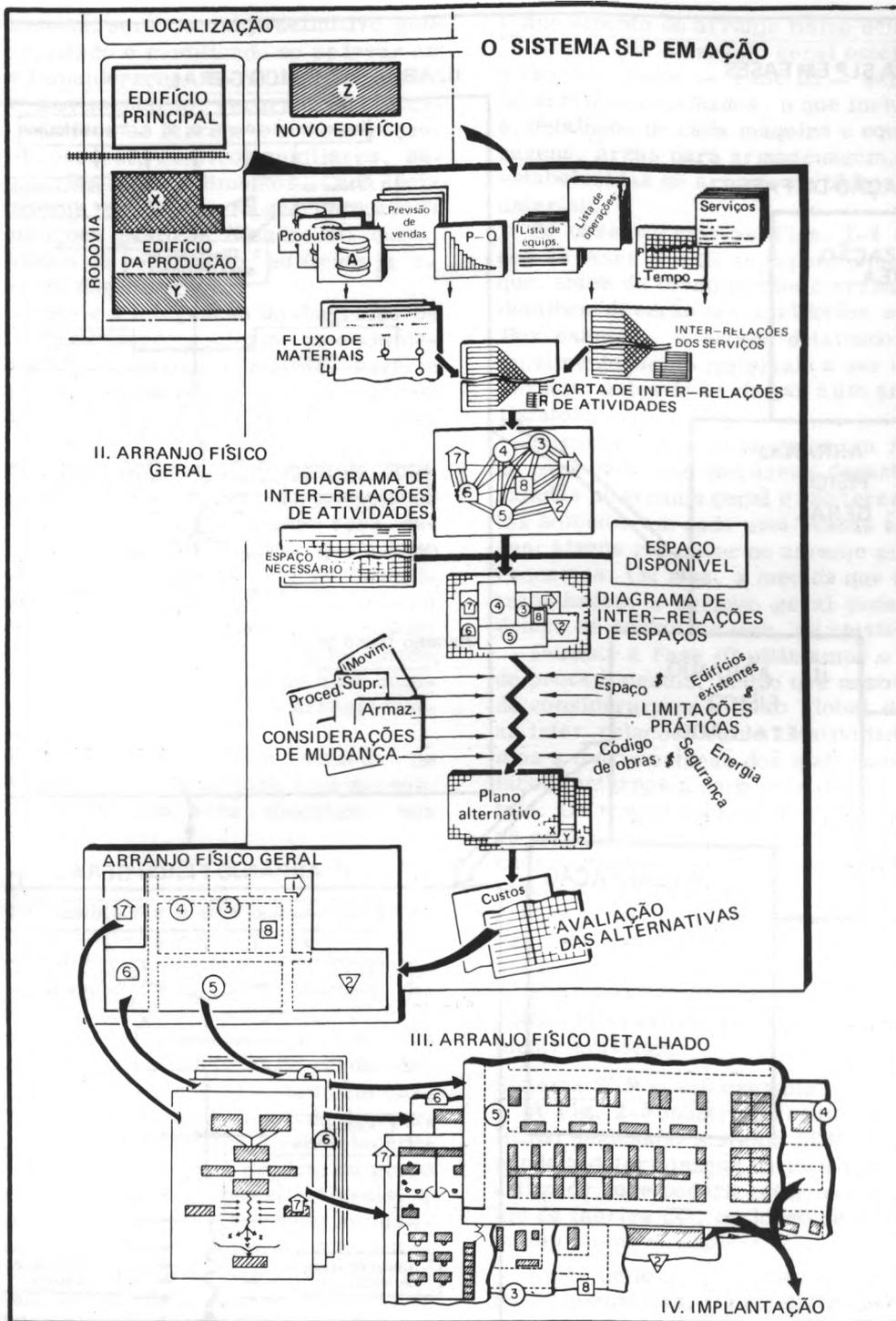


Figura 2-3 Um exemplo esquemático e condensado do sistema SLP

-relações de serviço que, combinados, fornecem o diagrama de fluxos e/ou inter-relações.

O próximo passo será a determinação dos requerimentos de espaço que, balanceados em relação à disponibilidade de espaço e integrados ao diagrama anterior, possibilitam a construção do diagrama de inter-relação entre espaços. Neste ponto, a partir da influência das considerações de mudança e das limitações práticas, passamos ao ajuste do diagrama de inter-relação entre espaços. Esses ajustes nos levam a vários arranjos de bloco alternativos, que deverão ser avaliados segundo

custos e fatores intangíveis a fim de se chegar ao arranjo geral definitivo.

Durante a Fase III, cada área definida na fase anterior será tratada segundo o mesmo modelo de procedimentos. A esta altura, a localização já deve ter sido selecionada e o projetista poderá proceder ao arranjo detalhado com total conhecimento sobre fatores de construção, localização de colunas, posicionamento de corredores principais, distribuição de suprimentos etc.

A partir da aprovação do arranjo detalhado de cada área, o projeto passará à fase de implantação.

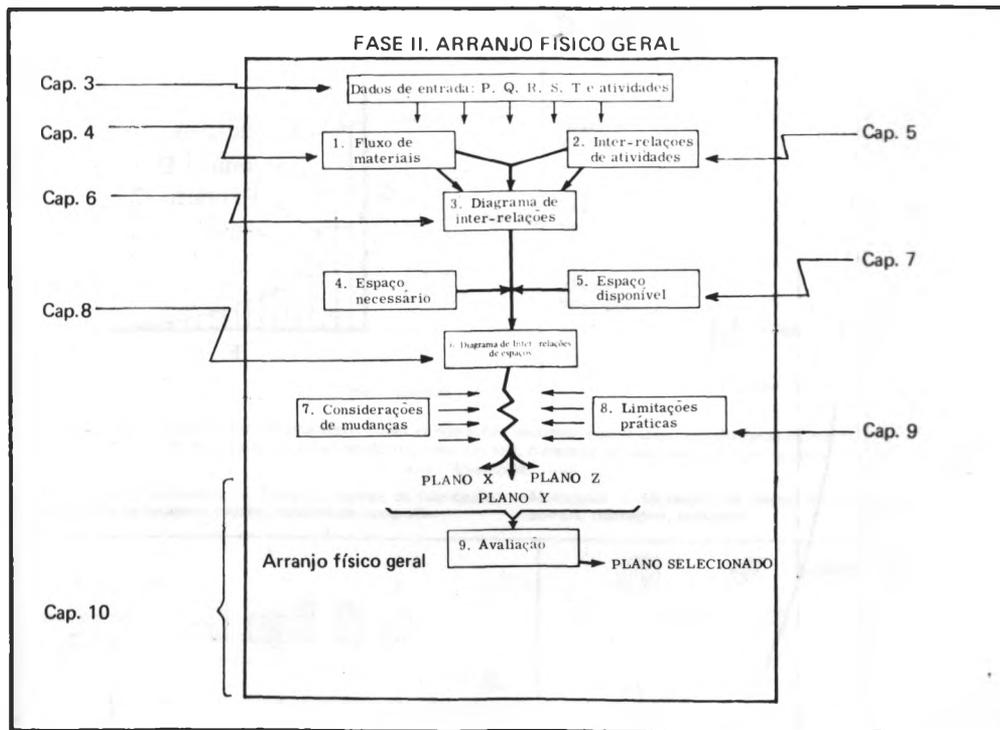
## PARTE 2

### INTRODUÇÃO

Pela lógica, esta parte do livro deveria dedicar-se à discussão da Fase I. No entanto, parece-nos que a apresentação da fase de localização seria mais proveitosa depois que a segunda e terceira fases estivessem bem entendidas. A Fase I, localização, e a Fase IV, implantação, foram colocadas na Parte 4 deste livro.

Os oito capítulos que compõem esta parte descrevem, passo a passo, os procedimentos e as técnicas do sistema de procedimentos SLP aplicados à Fase II — arranjo físico geral —, sendo que cada capítulo procurará abordar um "quadro" do modelo (ver a figura a seguir).

Na maioria dos projetos de arranjo físico, as maiores economias em investimentos e custos de operação são obtidas através de um correto planejamento da Fase II e não da III. A literatura existente sobre o assunto dá ênfase excessiva às técnicas detalhadas. É muito freqüente encontramos analistas experientes utilizando templates e modelos tridimensionais muito antes de terem analisado as razões que justifiquem arranjá-los de uma maneira ou de outra. O planejamento da Fase III — arranjo detalhado — será discutido na Parte 3.



## capítulo 3 DADOS DE ENTRADA

O Cap. 1 mostrou os dados de entrada necessários à resolução de todos os problemas de layout: P, Q, R, S e T. No presente capítulo, estudaremos as inter-relações entre P e Q, a divisão da área total em atividades ou subáreas e a projeção dos dados iniciais no futuro.

Os primeiros dados são:

1. Produto (ou material ou serviço) — o que produzir.
2. Quantidade (ou volume) — quanto produzir de cada item.

A Fig. 1-3 mostra a folha produto-quantidade que nos permite colher dados de uma maneira simples. Deveremos obter o maior número possível de dados, o que nos possibilitará a realização de uma boa análise.

### Análise volume-variedade

Na maioria dos casos não existe uma relação direta entre P e Q. Poderemos encontrar, numa empresa, uma situação em que 20% dos clientes sejam responsáveis por 70% do total das vendas. Ou um caso em que 30% do faturamento são devi-

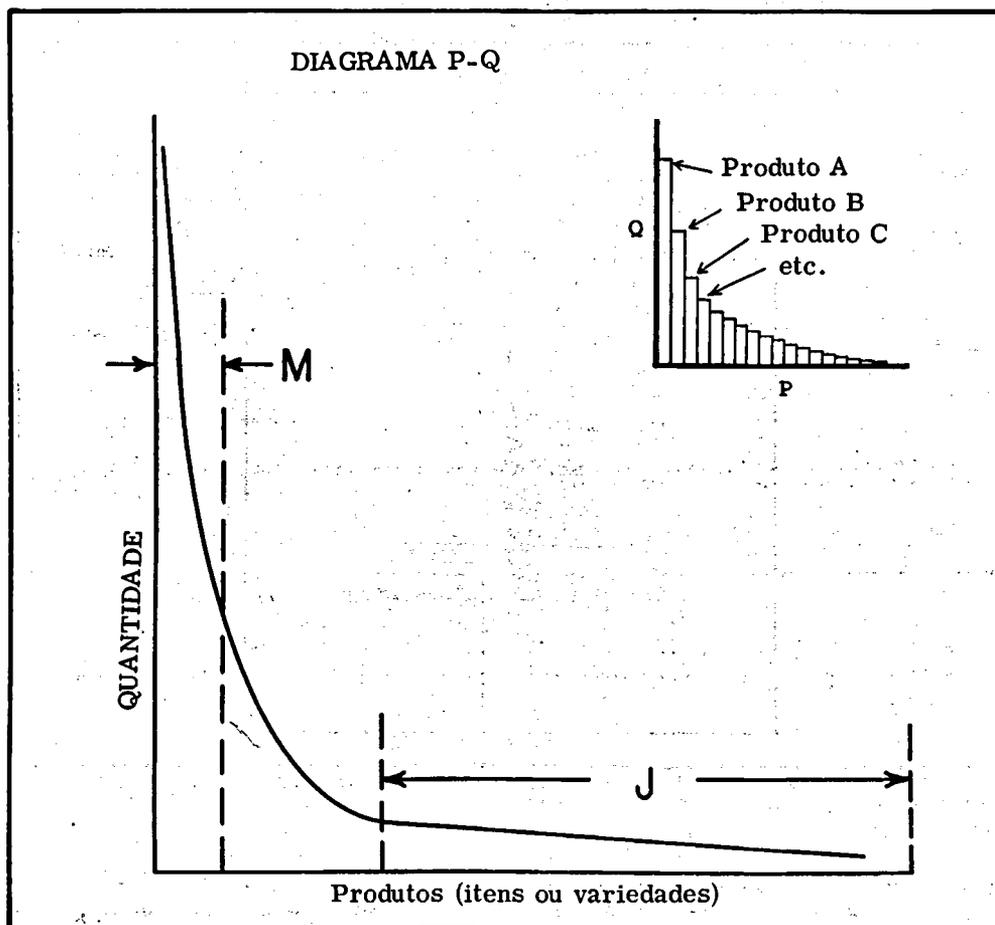


Figura 3-1 Diagrama P-Q. A curva permite mostrar os produtos de "rápida movimentação" e os de "lenta movimentação". Os itens da área M geralmente pedem técnicas de produção em massa enquanto que os itens da área J pedem layout por lotes. Os itens da área intermediária geralmente se prestam a arranjos físicos resultantes da combinação dos dois anteriores. A parte superior da figura mostra a maneira de construir a curva, com cada item plotado em ordem decrescente de quantidade

dos a 80% dos produtos. Esse tipo de problema é bastante conhecido por engenheiros, estatísticos, economistas, etc.

Vejamos um exemplo completo:

Um moinho fabrica 100 tipos diferentes de ração para animais, que são numerados de 1 a 100. A porcentagem da tonelagem total se distribui da seguinte maneira em relação aos tipos de ração:

Tipos de ração

- 1 a 10
- 11 a 20
- 21 a 69
- 70 a 100

Porcentagem da tonelagem total

- 65
- 17
- 17
- 1

Neste caso, 10% dos tipos de ração (1 a 10) são responsáveis por 65% da tonelagem produzida; 20% dos tipos (1 a 20) são responsáveis por 82% da tonelagem; 69% dos tipos (1 a 69) respondem por 99% da tonelagem; e os 31% dos tipos restantes (70 a 100) são responsáveis por apenas 1% da tonelagem total produzida.

A partir desses dados, é possível a construção do gráfico ABC para a análise da composição dos

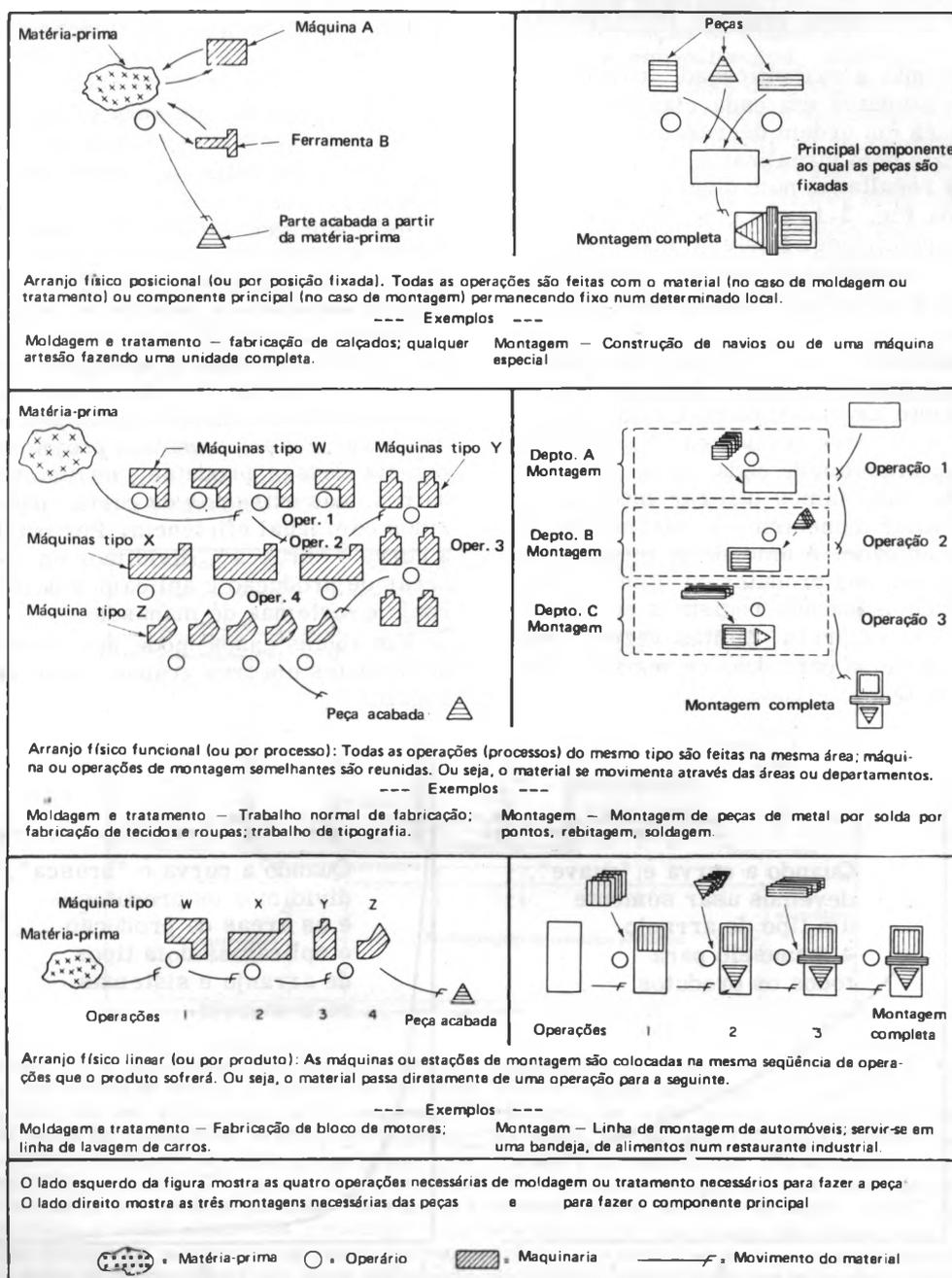


Figura 3-2 Os tipos de arranjo físico. Retirados de R. Muther, *Practical Plant Layout* (New York: McGraw-Hill Book Company, 1955)

produtos. Alguns autores denominam esse tipo de estudo de análise volume-variedades. Geralmente prevalecem as proporções aproximadas, dependendo em parte dos itens, grupos ou linha dos produtos, dando ao gráfico ABC sempre a mesma forma geral.

Para o projetista de layout, esse estudo de volume x variedade é de fundamental importância, pois é a base para a decisão sobre o tipo de arranjo que será adotado: posicional, funcional, linear ou uma combinação deles.

#### Diagrama P-Q

Geralmente a análise produto-quantidade consiste na classificação dos diversos produtos, materiais ou itens envolvidos segundo determinados critérios.

Depois de pronta a classificação, calculamos a quantidade de produtos em cada classe e arrumamos as classes em ordem decrescente de quantidade. Para mais bem visualizar a classificação, plotamos esses resultados num diagrama, conforme o exemplo da Fig. 3-1, que é denominado diagrama produto-quantidade. Neste, o eixo vertical diz respeito a quantidade e o eixo horizontal é reservado para os grupos de produtos, variedades ou itens.

A curva resultante se aproxima de uma hipérbole assintótica a ambos os eixos. Em geral utilizamos diretamente as quantidades e não as porcentagens relativas correspondentes. Para quantificar os itens ou produtos de cada classe, além da contagem direta, poderíamos utilizar medidas de volume, peso, valor monetário ou algum tipo de ponderação por unidade. A unidade de medida dependerá da natureza dos produtos ou itens envolvidos e da unidade usada nos registros ou previsões disponíveis na empresa. Muitas vezes é necessário fazer gráficos para duas ou mais unidades de medida de Q.

#### A importância do diagrama P-Q

O diagrama se relaciona fundamentalmente com o arranjo físico. Nas classes da extrema esquerda encontramos poucos tipos de produtos que são fabricados em grandes quantidades. Para esses produtos são utilizadas técnicas de produção em massa que requerem arranjo físico do tipo linear (ou "arranjo por produto").

No outro extremo da curva, encontramos muitos tipos de produtos fabricados em pequenas quantidades. Essas são condições adequadas para a utilização de arranjo físico funcional (ou "arranjo por processo") ou então para utilização de arranjo físico posicional (ou "arranjo por posição fixada"). Esses três tipos de arranjo estão esquematizados na Fig. 3-2.

Isso significa que a fabricação de alguns produtos obriga a utilização de um arranjo linear automatizado que possibilite operações cíclicas e repetitivas, enquanto que para a fabricação de outros produtos é necessário um tipo de arranjo que permita maior flexibilidade na utilização dos equipamentos.

Devemos analisar os produtos e estudar os tipos de arranjo que mais bem se adaptam a cada caso. O arranjo total da fábrica poderá ser então uma combinação de dois ou mais tipos de arranjo.

Quando a curva P-Q é "suave", deve-se utilizar somente um tipo de arranjo e manuseio para todos os produtos (Fig. 3-3). Esse arranjo atenderá aos produtos representados pela parte central da curva. Fazemos então o projeto visando a eficiência desses produtos, mesmo sabendo que os outros, nos extremos da curva, não serão produzidos com igual eficiência. Por outro lado, quando a curva é "brusca", dividimos os produtos e as áreas de produção e aplicamos dois tipos de arranjo e sistemas de manuseio.

Em alguns casos pode ser conveniente dividir os produtos em três grupos, como no exemplo a seguir.

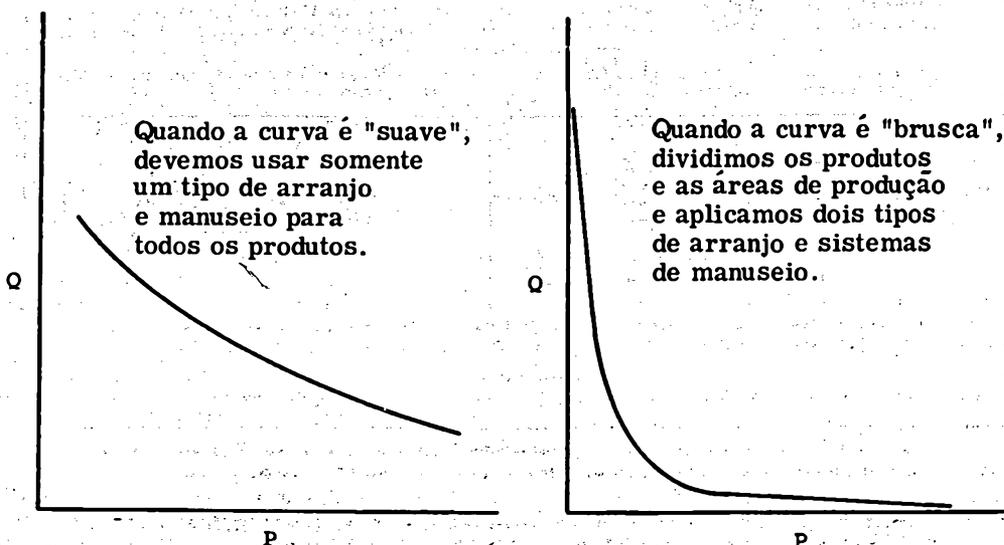


Figura 3-3 A importância do diagrama P-Q é mostrada nesta figura

### Exemplo de aplicação da curva P-Q

Uma fábrica de luminárias, após o levantamento da curva P-Q realizou consideráveis mudanças em seu arranjo físico. No antigo arranjo, a seção de montagem era composta de estações de trabalho individuais — o operador de cada estação fazia a montagem completa de cada luminária.

O levantamento e a análise da curva P-Q levou o gerente de fábrica a estruturar a seção em três áreas principais: na primeira, foi estabelecida uma linha de montagem; na segunda, a montagem passou a ser feita por grupos de dois a quatro homens; na última área, o trabalho continuou sendo feito em bancadas de montagem individuais.

O novo arranjo levou à seguinte distribuição:

- |                         |              |               |
|-------------------------|--------------|---------------|
| 1. Linha de montagem    | 19 produtos  | 63% do volume |
| 2. Grupos de montagem   | 35 produtos  | 28% do volume |
| 3. Bancadas individuais | 100 produtos | 9% do volume  |

Apenas com esse rearranjo foi conseguido um aumento de 17% na produção.

Na Fig. 3-4 encontramos outro exemplo de arranjo físico melhorado a partir de uma análise P-Q. Neste caso o arranjo foi dividido segundo a velocidade de movimentação dos itens (rápida e lenta). Este layout proporcionou eficiência na fabricação dos itens de ambos os extremos da curva P-Q, e, além disso, trouxe outras economias nos serviços de expedição e transporte de materiais.

### Divisão e combinação das atividades

A análise produto-quantidade nos leva à divisão das áreas ou departamentos da fábrica em pelo menos dois grupos com as características:

1. Grande quantidade, pequena variedade, movimentação rápida.
2. Pequena quantidade, grande variedade, movimentação lenta.

No primeiro grupo, geralmente se justifica um alto grau de mecanização, equipamentos especiais e grandes investimentos em equipamentos de movimentação de materiais. Para o segundo grupo, o arranjo sofrerá mudanças constantes e a análise aprofundada de cada um deles provavelmente não levará a economias significativas. As características do segundo grupo exigem alto grau de trabalho manual, máquinas não-especializadas e não necessitam de grandes investimentos em equipamentos de movimentação de materiais.

Esses diferentes tipos de arranjos físicos, além das diferenças de disposição, exigem também diferentes equipamentos, sistemas de controle da produção, formas de trabalho, supervisão etc.

Quando os produtos são semelhantes, a análise P-Q baseada somente na contagem é a base para a divisão das áreas. No caso de produtos muito diversificados, outros fatores além da quantidade devem ser levados em consideração.

Não devemos aplicar o diagrama P-Q quando os produtos ou processos são inteiramente diferentes, como, por exemplo, canoas e componentes eletrônicos... É claro que neste caso esses dois produtos seriam separados em diferentes fábricas pela própria natureza diversa dos mesmos.

Os fatores que podem influir na divisão dos recursos produtivos são:

1. Volume, peso, forma ou características físicas dos itens.

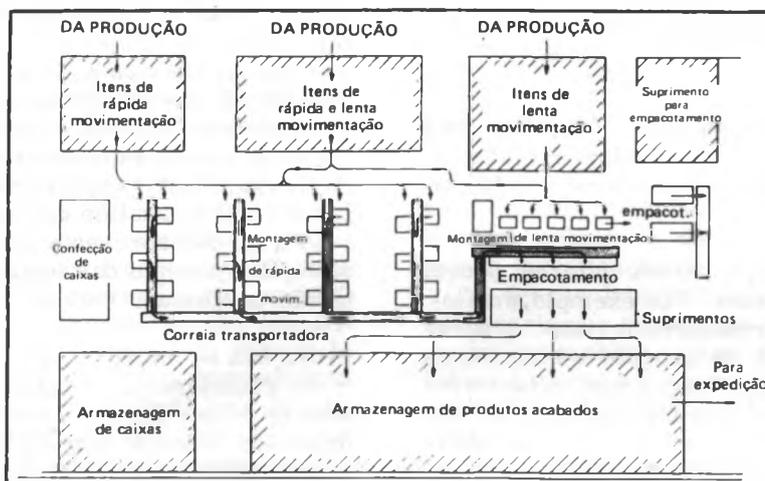


Figura 3-4 A análise P-Q é muito importante para a eficiência do planejamento de instalações. A companhia da figura produz conexões elétricas para suprimentos de energia. O processo de fabricação envolve prensas, parafusadeiras, furadeiras, roscadeiras etc. Desta maneira, todos os itens vão para armazenagem antes de passarem à montagem. De lá são mandados, na proporção adequada, para as linhas de montagem. Antes da análise P-Q, as partes eram montadas por moças, em bancadas individuais, empacotadas, estocadas como produto acabado, recebiam a etiqueta de ordem e eram despachadas. A análise P-Q mostrou que 13% do total de itens eram responsáveis por 88% do volume (80% das vendas). O tempo de montagem é relativamente pequeno de modo que cada encomenda poderia ser montada e expedida em um dia (se a encomenda não fosse muito grande e houvesse estoque suficiente de peças). Contudo, muitas peças eram usadas em vários produtos. Baseadas nesses fatos, a montagem e a armazenagem foram rearranjadas. Os itens de rápida movimentação foram tratados de uma determinada maneira e os de "lenta movimentação" foram divididos em classes e tratados diferentemente: "Rápida movimentação" — feitos programadamente por moças trabalhando sob incentivo; transportados por correia transportadora para empacotamento; arranjados em *pallets*; e aguardando ordem de expedição. "Lenta movimentação" — feitos por moças que não trabalham sob incentivo; liberados de sua área de montagem, já empacotados, manualmente ou em carrinhos; colocados em prateleiras com ordem de imediata expedição

2. Matéria-prima utilizada.
3. Processo, roteiro ou seqüência de operações.
4. Equipamento envolvido e requerimentos para sua instalação.
5. Qualidade de mão-de-obra necessária.
6. Valor do item ou risco de perda.
7. Segurança do pessoal e das instalações.
8. Requerimento de energia, suprimentos e serviços auxiliares.
9. Estrutura organizacional da empresa.
10. Considerações externas: relações com a comunidade, governo, taxas e incentivos etc.

Para o projetista de instalações, o problema consiste em determinar os fatores dominantes em cada caso. Escolhidos os fatores, estabeleceríamos, por exemplo, um critério de avaliação por pontos, para medir a importância relativa de cada produto. A partir desses dados, levantamos uma curva semelhante ao diagrama P-Q, onde a contagem direta seria substituída pela contagem ponderada. Analisando a forma da curva obtida, concluiremos acerca da divisão das áreas e recursos produtivos.

Em cada tipo de arranjo físico (Fig. 3-2) um dos fatores P, Q ou R é fundamental:

Arranjo posicional (ou por posição fixada), geralmente é adotado quando o produto é tão volumoso que é mais prático movimentar equipamentos, máquinas e pessoal, fixando-se a posição do produto. Geralmente a quantidade fabricada é pequena.

Arranjo funcional (ou por processo), é adotado principalmente quando há grande variedade nos produtos e na seqüência de operações, os equipamentos são de difícil movimentação e exigem suprimentos ou construções especiais. Os produtos, neste caso, não são muito volumosos.

Arranjo linear (ou por produto), é adotado para um único produto ou produtos similares, fabricados em grande quantidade e o processo é relativamente simples.

Em um mesmo projeto, vários fatores podem influir na divisão das áreas. Por exemplo, uma indústria de produtos farmacêuticos pode separar seu setor de embalagem de produto e embalagem de amostras, devido a diferenças nas características do produto do setor (a embalagem) e na seqüência de expedição. A mesma fábrica pode dividir o departamento de amostra em embalagem para vendedores e embalagem padronizada, devido a diferenças em quantidade.

O procedimento consistiu na divisão das áreas segundo os fatores dominantes (tipo de embalagem) e depois na análise P-Q para cada uma delas. Podemos também considerar alguns fatores secundários para uma posterior divisão em subáreas.

Da mesma forma que as características do produto influem no planejamento do arranjo físico, o projeto do produto será em larga escala influenciado pelos materiais, equipamentos e processos disponíveis, e pelo grau de automatização que pode ser adotado.

### Identificação de áreas de atividade

"Atividade" é um termo geral utilizado largamente em projetos de layout. Entendemos por "atividade" todos os "elementos" (que não pessoas ou materiais em processo) que são considerados como parte do arranjo físico. "Atividade" engloba, a cada fase do planejamento, e em diferentes situações, operações, funções, áreas, departamentos, grupos de máquinas, centros de trabalho, características dos prédios etc. ...

#### Exemplos:

1. uma determinada máquina de testes dentro de um laboratório;
2. a entrada principal dentro do terreno da fábrica; e
3. o departamento de vendas dentro do setor administrativo.

A cada fase, o projetista necessitará definir corretamente as atividades. Erros nessa definição levam a arranjos físicos deficientes e acarretam vultosos custos de correção.

A definição de cada uma das atividades é muito importante, pois é a partir daí que o sistema SLP poderá ser desenvolvido, possibilitando o dimensionamento da área total.

Por exemplo, durante a análise das inter-relações, incluir a função de requisição de compra de material no Departamento de Vendas em vez de incluí-la no Departamento de Planejamento e Controle de Produção levaria a erros na determinação dos requerimentos de espaço.

Da mesma forma, considerar o Recebimento e a Expedição como uma atividade combinada, automaticamente faz com que no arranjo físico se tenha um fluxo de materiais em U, o que poderia não ter sido nossa intenção.

Conseqüentemente, uma identificação clara e consistente das atividades incluídas no projeto trará economia de tempo no planejamento. A preparação de uma lista de atividades não é uma tarefa complexa, mas é importante já que representa o passo final na análise dos dados de entrada.

A Fig. 3-5 apresenta parte de uma listagem para o planejamento das instalações de um novo setor de laminação.

### Projeções no futuro

Ao planejarmos um arranjo físico para ser usado no futuro devemos utilizar como base a projeção dos dados de entrada no futuro. Isso significa que devemos projetar os dados de entrada para as condições existentes a partir do momento da implantação do layout.

Na projeção dos dados de entrada no futuro, o período de tempo varia de acordo com a natureza do projeto. Para um projeto totalmente novo, envolvendo vários edifícios, seria bastante interessante que se tentasse fazer previsões para 25 ou até mesmo cinquenta anos, apesar de raramente se poder fazer previsões razoavelmente precisas para tal intervalo de tempo.

As previsões a longo prazo necessariamente se enquadram dentro da política geral de atuação estabelecida pela direção da empresa. Eis um exem-

Identificação e nome	Definição
1. Entrada principal (materiais)	Entrada para caminhões e carros, incluindo guarita e balança.
2. Entrada para pessoal	Entrada e identificação para operários, de carro ou transporte público (Nota: Pode ser separada, na localização real e/ou pode ficar combinada com entrada para visitantes e funcionários.)
3. Entrada para visitantes e funcionários	Entrada para funcionários categorizados e visitantes, incluindo vendedores e candidatos a emprego. (Aos fornecedores de serviços especiais será permitida a utilização da entrada principal.)
4. Pátio de metais	Área de armazenamento para todas as rebarbas e refugos, incluindo o ferro comprado, produto acabado, mas excluindo material em processo.
5. Fundição	Área de fornos para moldagem de metais, incluindo a parte de geração de oxigênio da usina.

Figura 3-5 Lista de atividades (parcial) de uma siderúrgica

plo de determinação e análises gerais estabelecidas pela alta administração que o projetista deverá transformar em dados específicos:

"A empresa pretende um crescimento progressivo — no faturamento — de aproximadamente 15% ao ano. Serão fabricados produtos químicos em geral através de processos envolvendo mistura, combinação, refinação etc. As operações de embalagem continuarão a ser um aspecto de alto significado. A espinha dorsal do controle de desenvolvimento e processos do produto será representada pelos laboratórios de testes e engenharia. Prevê-se que em vinte ou trinta anos, as operações de mercado e distribuição tomarão uma nova forma e que durante os próximos cinquenta anos o suprimento de ar e água para refrigeração sejam os fatores mais importantes para o planejamento".

Na maioria das vezes não lidamos com planos tão a longo prazo; estamos mais interessados no que vai ocorrer nos próximos dois, cinco ou dez anos. Em rearranjos a curto prazo, talvez previsões de três a seis meses sejam suficientes.

O projetista do arranjo físico, deverá ter condições de estabelecer algumas especificações (que representam essas previsões estabelecidas) em termos de projetos de produtos, quantidades a serem vendidas, processos de fabricação e equipa-

mentos, serviços de pessoal, serviços de fábrica, planejamentos e considerações sobre medida do tempo. É a partir daí que a maioria dos projetos de arranjo físico começa. Esta é uma das razões para o estabelecimento dos Dados de entrada como quadro preliminar do sistema SLP — preliminar para a investigação de inter-relações e espaços.

No desenvolvimento de planos para o futuro é necessário que se faça um estudo sobre o que ocorreu no passado. Como resultado obteremos a história global da empresa ou de itens específicos, em dados quantitativos, após transcorrido cada período.

Isso fornecerá orientação para o estudo das tendências futuras. A Fig. 3-6 nos mostra um exemplo.

A pesquisa de mercado é um dado fundamental para as projeções no futuro. A tabela da Fig. 3-7 apresenta um detalhamento de dados que especifica quantidades, tipos de produto e outras informações adicionais, projetando-os em vários períodos futuros.

#### Plano-base

Um plano-base como o apresentado na Fig. 3-8 direciona as futuras expansões da fábrica. Ele é feito a partir da planificação do desenvolvimento

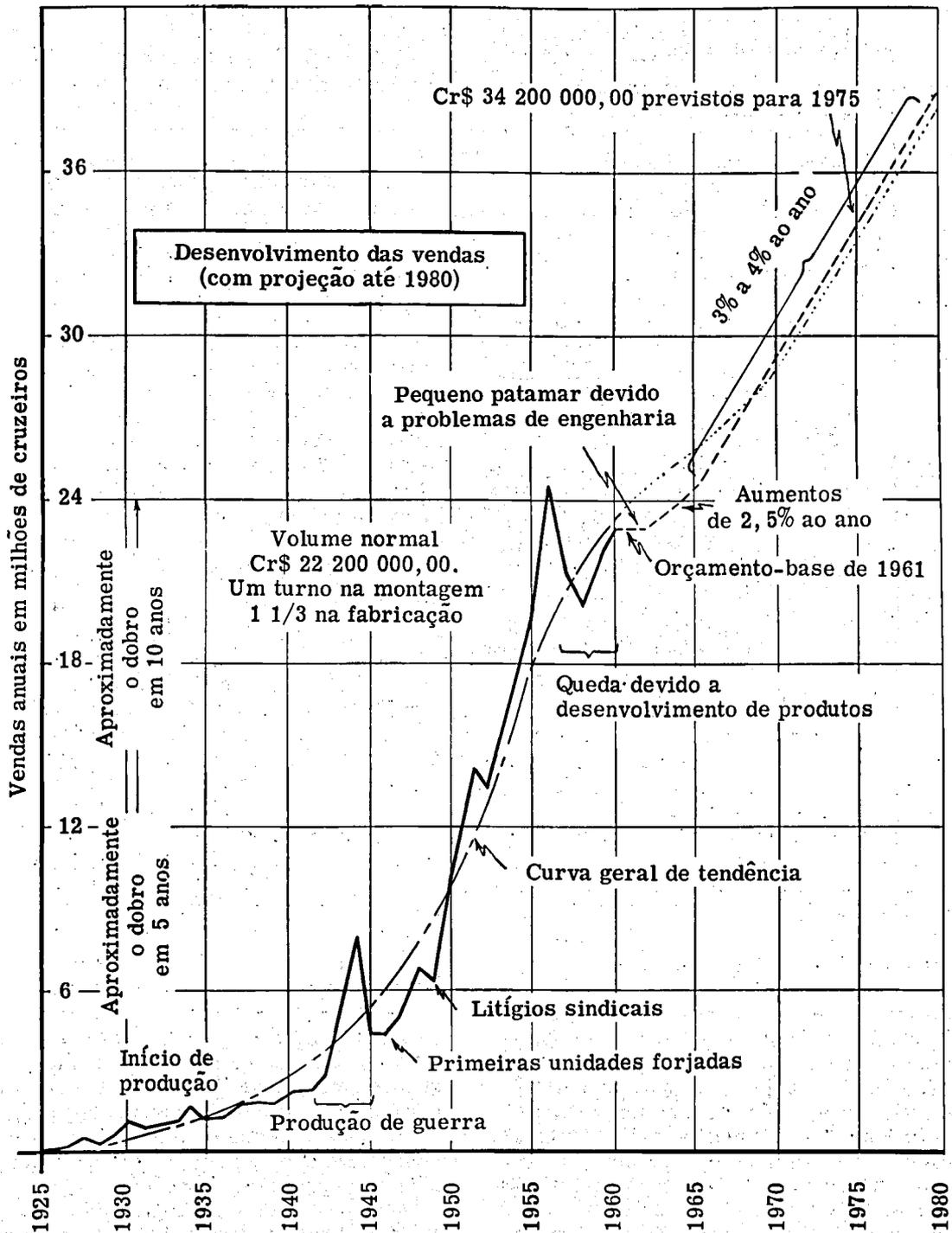


Figura 3-6 Gráfico mostrando a evolução das vendas e uma projeção para o futuro. Este tipo de análise é importante quando se trata de estabelecer níveis de produção e escolha de terreno. Muito embora históricos longos e projeções a longo prazo sejam essenciais para planos de expansão do layout, projeções a curto prazo são geralmente indicadas para pequenos projetos de rearranjo. Este tipo de análise, quando feito para cada produto (ou linha de produtos) e integrado nos objetivos gerais da empresa, pode servir como ajuda - com a utilização de técnicas mais sofisticadas - para desenvolver, a longo prazo, requerimentos de espaço, equipamento e capital. A figura mostra um exemplo muito bem desenvolvido, embora não seja um procedimento comum

da empresa e proporciona grandes economias em termos de planejamento de novos arranjos.

O plano-base possibilita uma expansão lógica e sistemática, permite o crescimento da fábrica em blocos, facilita a implantação de novos recursos e permite uma programação dos investimentos necessários em cada etapa.

#### Mudanças no produto

Discutimos até agora a composição dos produtos e as tendências de P e Q, mas não devemos nos esquecer de prever mudanças nas características dos produtos e materiais. Mudanças no projeto do produto podem anular um projeto de layout.

Por exemplo, o arranjo físico de uma indústria

QUINZE ANOS - PRODUÇÃO ESTIMADA							
DEZ ANOS - PRODUÇÃO ESTIMADA							
CINCO ANOS - PRODUÇÃO ESTIMADA							
ESTE ANO - PRODUÇÃO ESTIMADA							
Transformadores de uma fase				E = Energia; todos os outros Distribuição			
KVA	Produção óleo					Serviço óleo e ar	Refrigerados a ar
	< 5 kV	5-21 kV	22-91 kV	92-200 kV	> 200 kV	Todos kV	Todos kV
0 - 2							
3 - 10	230	16,600				33 00	1000
15 - 25	5750	39,100				2 200	3500
35 - 50	4375	32,250				1800	600
75 - 100	575	5,680				350	250
172	167	3,910				135	
250 - 500		150	400 E				
600 - 2000		200 E	325 E				
2500 - 5000		10 E	60 E	40 E			
6m-10m			15 E	15 E			
11m-20m							
25m-50m					12 E		
50 m e acima					6 E		
Transformadores de três fases							
6 - 30	300	300					750
45 - 112	1120	1120					1000

Figura 3-7 Projeções de mercado como base para o planejamento de uma nova fábrica de transformadores elétricos. As estimativas são feitas para os próximos vinte anos e os dados de produto e quantidade são divididos por bases, por tipos (P ou D), por óleo ou ar, por produção ou necessidade de serviço, por capacidade (kVA) e por faixa de kV

considerado excelente tornou-se obsoleto em dez anos e foi completamente abandonado principalmente porque houve uma mudança no tamanho do produto. Com o objetivo de prever modificações futuras devemos analisar as mudanças anteriores na natureza e nas características dos produtos ou materiais envolvidos. Um exemplo de como isso pode ser feito é mostrado na Fig. 3-9.

Em qualquer caso, os setores de planejamento do produto (P) e de vendas de distribuição (Q) são responsáveis pelas previsões que, depois de aprovadas pela alta administração, servirão de base para o projetista do arranjo físico desenvolver seu planejamento satisfatoriamente.

#### Detalhamento excessivo

Uma vez que a administração da empresa ou os encarregados do planejamento do produto fizeram suas previsões, estas não poderão ser consideradas como imutáveis ou altamente precisas. Na realidade, se uma das previsões específicas se torna realidade exatamente como foi prevista, isso não passará de uma coincidência - exceto, talvez, onde estejam envolvidas obrigações contratuais.

No estabelecimento dos dados de entrada devemos incluir alguns fatores de segurança ou seremos obrigados a utilizar horas extras de trabalho ou outros artifícios a fim de tentar contornar situações críticas.

Devemos ter em mente que as previsões são apenas estimativas e que as condições podem mudar ao longo do tempo obrigando a modificações no arranjo. Por exemplo, talvez sejam necessárias mudanças devido a questões competitivas, surgimento de novos processos ou disposições legais de higiene e segurança do trabalho.

Se o projetista se ativer de maneira muito rígida aos dados específicos das previsões, o arranjo poderá perder a necessária flexibilidade não comportando portanto as inevitáveis mudanças (por menores que sejam), o que poderá acarretar altos custos de adaptação.

#### Sumário

Antes de iniciar o planejamento das inter-relações, espaços e ajustamentos, o projetista deve recolher e analisar os dados necessários para o desenvolvimento do projeto.

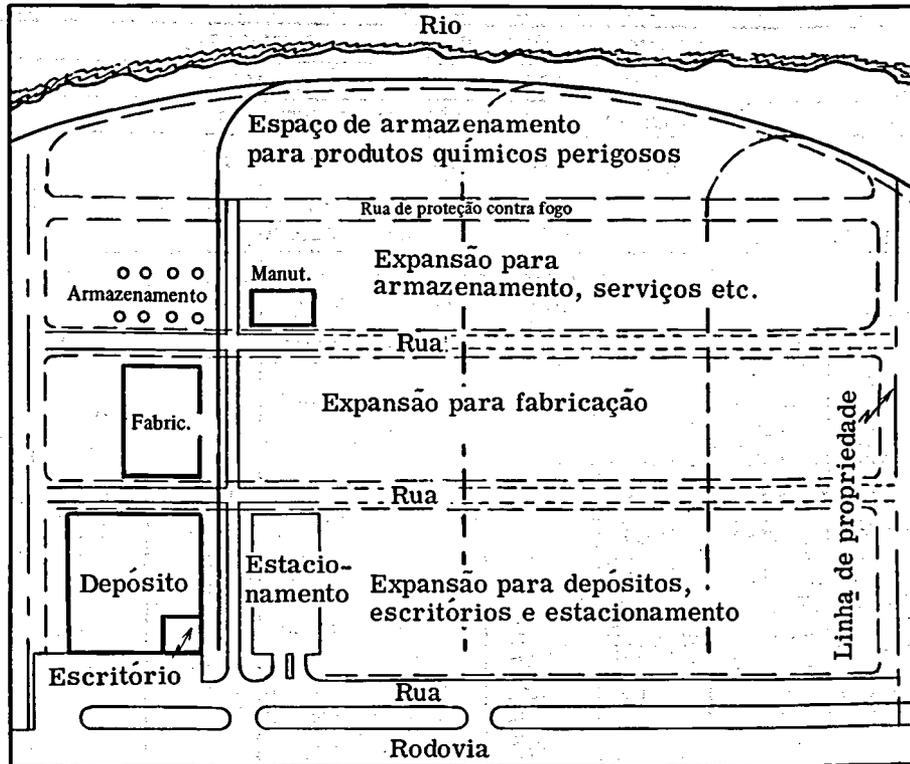


Figura 3-8 Plano básico de expansão. As atuais instalações – depósitos, manutenção, fabricação, armazenagem e escritórios – são desenhadas em linha cheia. As áreas para as futuras expansões estão assinaladas em linhas tracejadas

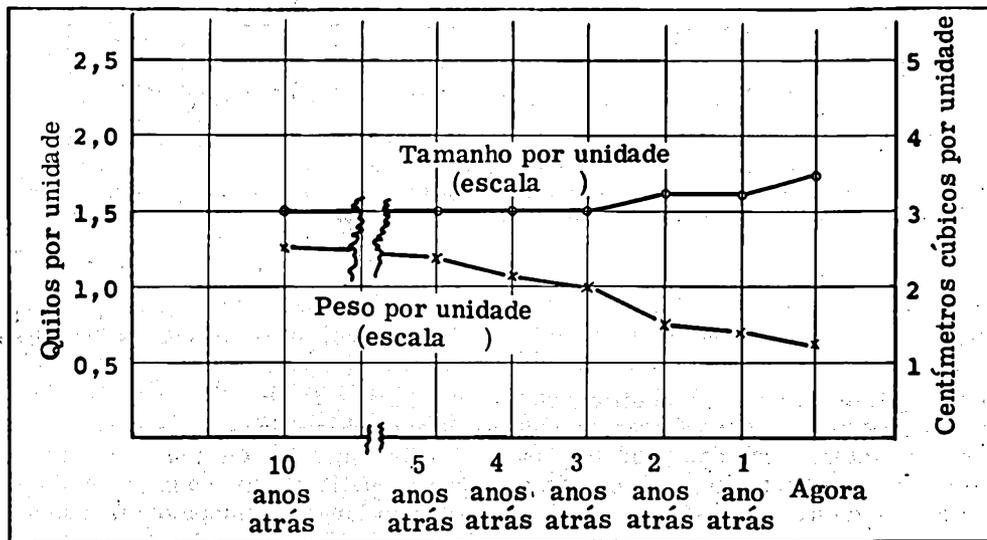


Figura 3-9 Tendências do produto em tamanho e peso. Mudanças no produto podem afetar seriamente o layout. Essas mudanças devem ser seriamente estudadas porque poderão modificar o layout, exigindo movimentação de máquinas, novos métodos de manuseio, alteração de processos etc. As tendências de diversificação ou simplificação normalmente aparecerão na análise P-Q discutida algumas páginas atrás

Essa fase de reunião e análise das informações recebe o nome de Dados de entrada & atividades e segue os seguintes passos:

1. Identificar os elementos específicos necessários para a definição de um critério para o projeto em estudo.
2. Projetar esses dados no futuro. (Note que esta etapa implicará a reestruturação, pelo projetista, das informações avaliadas ou fornecidas por outros setores da organização).

3. Submeter os resultados à aprovação da alta direção.
4. Examinar os dados iniciais através de diagrama P-Q e sua variação definindo o tipo de arranjo físico e as bases definitivas para a divisão das áreas de atividades.
5. Identificar e definir as áreas de atividades a serem usadas no planejamento subsequente.

## capítulo 4

# FLUXO DE MATERIAIS

A terceira letra da chave para a resolução dos problemas de planejamento de arranjo físico (ver Fig. 1-1), é R (roteiro). O roteiro representa a seqüência de operações, ou seja, como o item será fabricado (processo de fabricação).

O processo de fabricação estabelece a seqüência de operações necessárias para produzir P na quantidade e Q em um tempo de operação T ótimo, levando em conta vários outros fatores (desenvolvimento tecnológico, equipamentos disponíveis, mão-de-obra, investimento necessário, custo de operação etc).

Ao recebermos o roteiro, deveremos analisá-lo e sugerir todas as modificações que se façam necessárias.

O teste-padrão de simplificação de trabalho estudado inicialmente por Allan H. Mogensen — e discutido em todos os textos ou manuais de engenharia de produção — é aplicável neste caso. Segundo o teste, as seguintes perguntas devem ser feitas a cada etapa do roteiro do processo:

1. Eliminação — A operação é necessária ou pode ser eliminada?
2. Combinação — A operação pode ser combinada com outra operação?
3. Mudança de seqüência, locais ou pessoas — Pode haver alguma mudança nesses fatores?
4. Melhoramentos — O método de execução da operação ou de seu equipamento pode ser melhorado?

De posse de um roteiro de processo satisfatório, podemos iniciar nossa análise de fluxo de materiais, que corresponde ao Quadro 1 do sistema SLP.

### Fluxo de materiais - a base da maioria dos arranjos físicos

A análise do fluxo de materiais consiste na determinação da melhor seqüência de movimentação dos materiais através das etapas exigidas pelo processo e a determinação da intensidade ou magnitude desses movimentos. O fluxo deve permitir que o material se movimente progressivamente durante o processo, sem retornos, desvios, cruzamentos etc.

Toda vez que a movimentação dos materiais for a parte preponderante do processo de fabricação, a análise do fluxo de materiais será a base do planejamento das instalações.

Isso é válido principalmente quando os materiais são volumosos ou pesados, ou sua quantidade é grande, ou ainda quando os custos de transporte

e movimentação são mais altos que os custos de operação, armazenagem e inspeção.

Em casos como esses, o Diagrama de inter-relações entre espaços (Quadro 6) é feito diretamente a partir do fluxo de materiais e dos requerimentos de espaço. Os serviços e outras relações que não as de fluxo são simplesmente considerados como parte das Considerações de mudança (Quadro 7).

### Um método para a análise de fluxo

Ha diversos métodos para a análise de fluxo de materiais e precisamos saber qual deles utilizar em um dado projeto (ver a Fig. 4-1). Neste exemplo o diagrama P-Q serve como guia para a escolha de cada um dos métodos de análise:

1. Para um ou poucos produtos padronizados, utiliza-se a Carta de processo ou alguma carta de fluxo.
2. Para vários produtos utiliza-se a Carta de processos múltiplos, quando montagens e desmontagens não estão envolvidas.
3. Para muitos produtos ou itens:
  - a. Combinamos os produtos em grupos e procedemos conforme o item 1 ou 2.
  - b. Selecionamos ou fazemos uma amostragem dos tipos de produto, aplicando-se então o item 1 ou o item 2.
4. Para produtos muito diversificados utiliza-se a Carta de-para.

Para condições diversas de volume e variedade, o estudo do diagrama P-Q nos auxilia na escolha do método de análise de fluxo a ser utilizado.

### Carta de processo

A partir do diagrama de fluxo podemos iniciar o projeto do arranjo, já que ele constitui um recurso gráfico que facilita a visualização do fluxo. Para tanto utiliza-se a linguagem simbólica originalmente desenvolvida por Frank e Lillian Gilbreth, e posteriormente modificada por duas comissões pela American Society of Mechanical Engineers (ver as Figs. 4-2 e 4-3).

Durante o processamento, o material pode ser submetido a (1) moldagem, tratamento, montagem ou desmontagem; (2) movimentação ou transporte; (3) contagem, teste ou inspeção; (4) pode estar a espera de alguma operação ou pelo resto do lote; e, finalmente, (5) pode estar estocado ou armazenado.

Dando-se um símbolo a cada um desses cinco elementos, e ligando-se os símbolos com linhas segundo a seqüência lógica do processo de fabri-

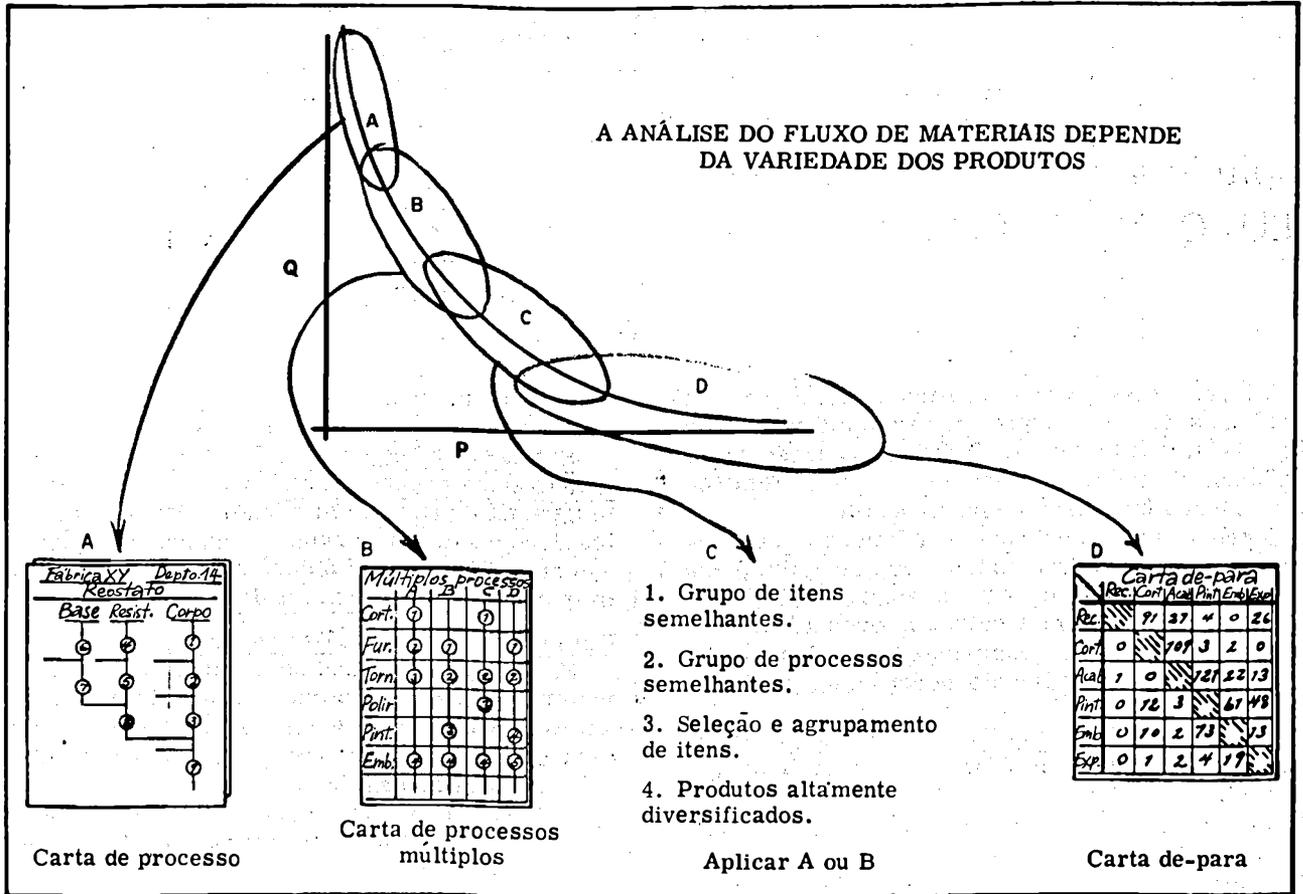


Figura 4-1 O diagrama P-Q, além de ser uma ajuda no planejamento do layout, é um guia para o tipo de análise de fluxo a ser feita. Uma fábrica que tenha poucos produtos de grande volume (A) analisará seus fluxos através da Carta de processo. Quando esses produtos forem numerosos (B) deve-se usar a Carta de processos múltiplos. Quando forem muitos produtos (C), deve-se selecioná-los e agrupá-los segundo algum critério (por tipo de produto ou por tipo de equipamento usado, por exemplo) e utiliza uma das duas primeiras técnicas mencionadas. Finalmente, se existem produtos altamente diversificados, de pequeno volume (D), deve ser empregada a Carta de-para

Símbolo	Ação	Resultado da ação
○	Operação	Fabrica ou executa
➡	Transporte	Movimenta
□	Inspeção	Verifica
◐	Espera	Interfere
▽	Armazena	Guarda

Figura 4-2 Símbolos, significados, ações e resultados usados na diagramação de processos de fabricação. Extraídos da ASME Standard N.º 101, Operation Flow Process Charts, The American Society of Mechanical Engineers

cação do produto, podemos diagramar qualquer fluxo de materiais. As convenções a serem utilizadas na Carta de processo estão na Fig. 4-3. A Fig. 4-4 nos mostra um exemplo.

Maiores detalhes sobre a técnica de elaboração de carta de processo são encontrados no Manual de engenharia de produção de H. B. Maynard (Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1970).

Já que estamos estudando a Fase II (arranjo geral), esta carta será suficiente para a análise do

fluxo. Na Fase III utilizaremos a Carta de fluxo de processo, que é uma versão mais detalhada.

Para auxiliar na elaboração da carta de processo, especialmente quando há montagens complexas, é recomendável preparar um esboço do processo de fabricação de cada um dos componentes e da seqüência de montagem. Tomando-se um produto completo e desmontando-se peça por peça, conhecendo-se desta maneira como ele é montado, pode ser desenhada uma carta da seqüência de

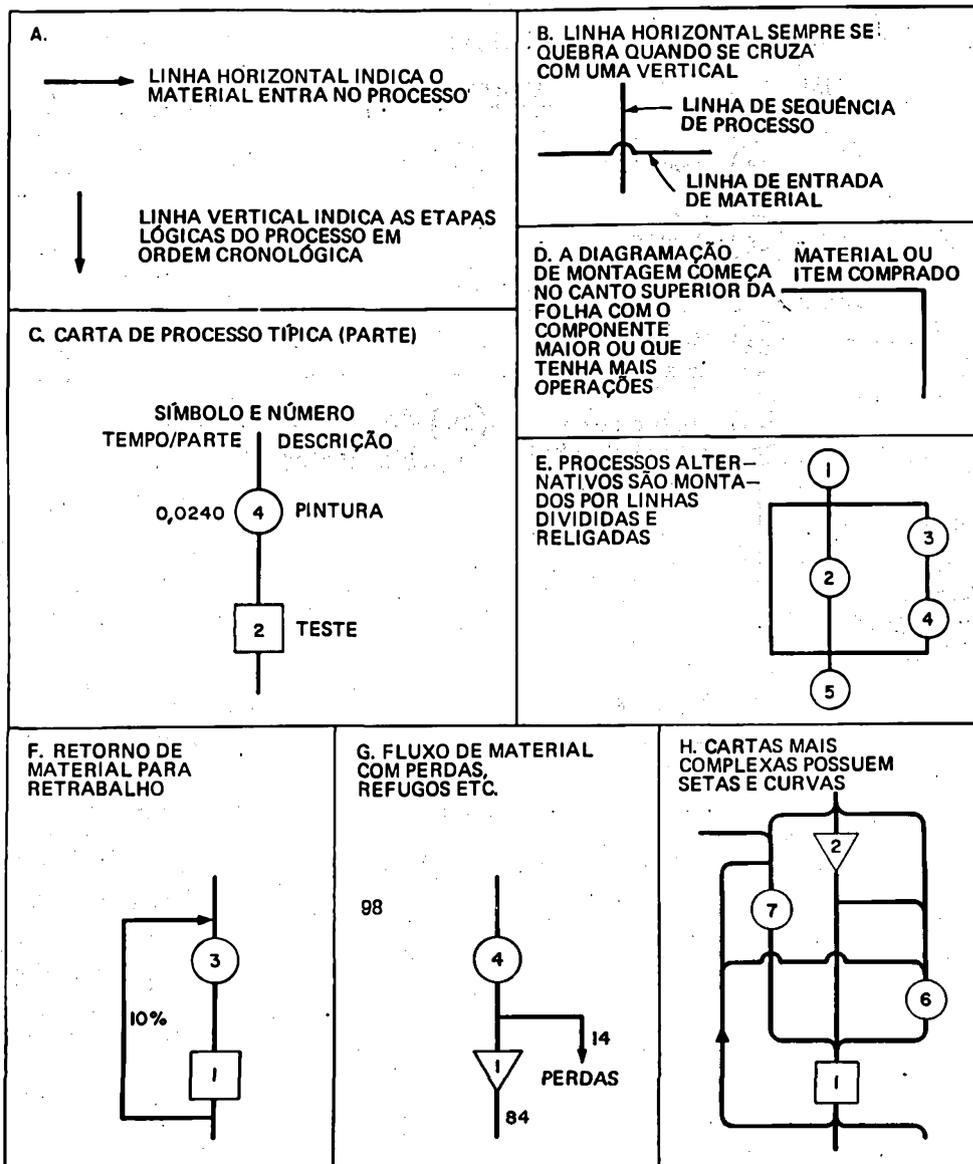


Figura 4-3 Convenções e modificações na feitura de carta de processo. Extraído da ASME Standard N.º 101, Operations and Flow Process Charts, The American Society of Mechanical Engineers

montagem e então preparada uma carta de processo para a análise do fluxo de materiais.

Podem ser feitas várias modificações nas convenções de diagramação. Em alguns casos não temos tempo para incluir todas as informações; outras vezes uma forma diferente pode ser mais recomendável. As convenções padronizadas são utilizadas por muitos, no entanto podem ser adaptadas a cada caso a fim de se obter melhor visualização das etapas do processo em estudo.

**Intensidade do fluxo**

Na análise do fluxo de materiais, além da seqüência de movimentos, é necessário estudar a intensidade ou magnitude do fluxo dos materiais e considerar os refugos, perdas e sobras.

A análise do fluxo de materiais, pela nossa definição inicial, inclui tanto a seqüência quanto a intensidade ou magnitude do movimento dos materiais. A análise de fluxo é feita para coordenar as

inter-relações entre operações ou atividades. A magnitude do movimento (ou intensidade de fluxo) nos diversos roteiros ou caminhos é uma medida básica de importância relativa de cada ramo do roteiro e da proximidade relativa das operações. Na Fig. 4-5, a medida da intensidade aparece ao lado de cada linha de fluxo e junto ao produto final (toneladas por ano). Esta é uma forma diferente de análise do processo, horizontal e sem símbolos, incluindo a parcela de refugos e perdas.

Na análise da movimentação de materiais para um arranjo, o fluxo de perdas e refugos é um elemento fundamental.

Em setores que trabalham com corte de chapas de metal, as rebarbas chegam a representar de 20% a 30% da tonelagem envolvida. Geralmente, os refugos envolvem materiais sujos, cortantes, volumosos e perigosos, o que exige métodos de movimentação diferentes dos utilizados para mo-



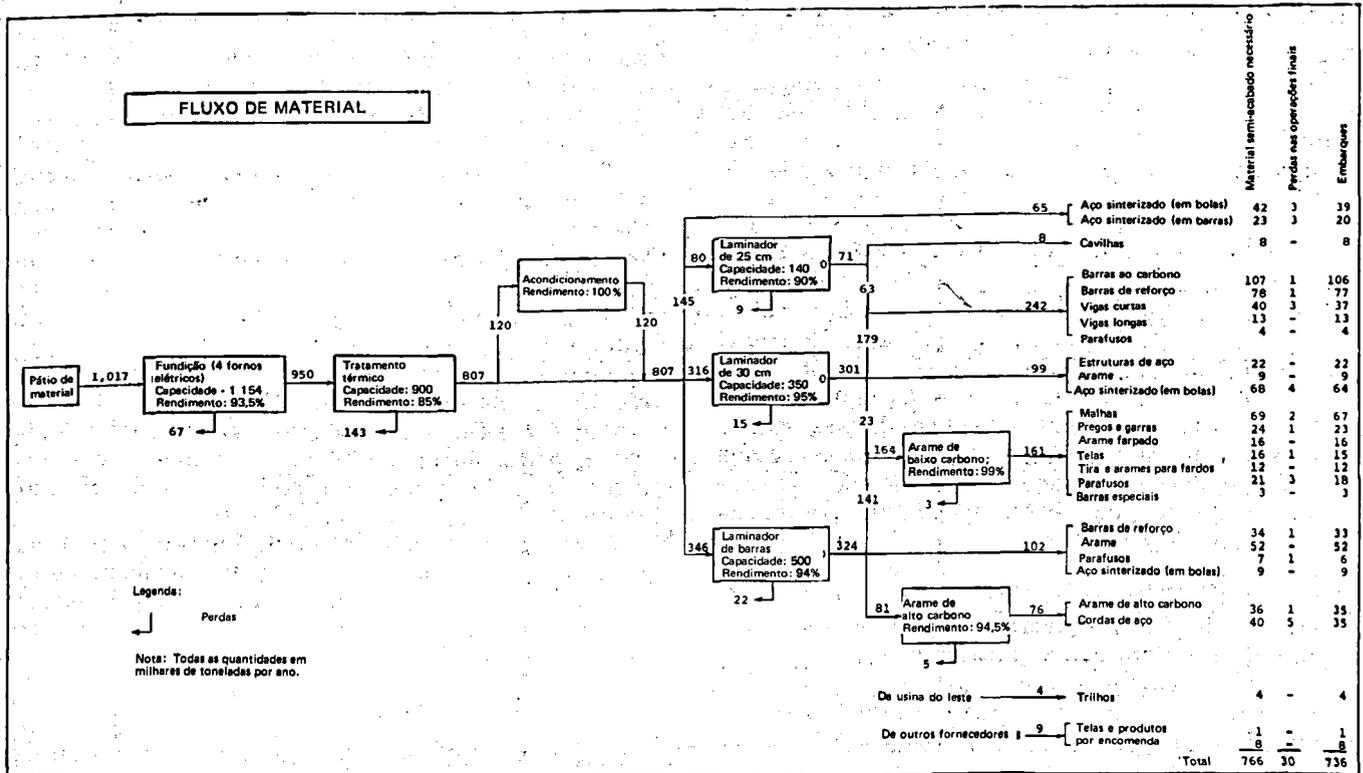


Figura 4-5 Uma carta de processo usada na expansão de um complexo siderúrgico. Cada retângulo representa uma área de atividade importante; os números nas linhas de fluxo representa milhares de toneladas por ano; as perdas de produção são vistas nas setas de retorno. A figura mostra a divisão da matéria-prima em vários produtos derivados de um modo mais fácil de visualizar do que o mostrado na Fig. 4-4.

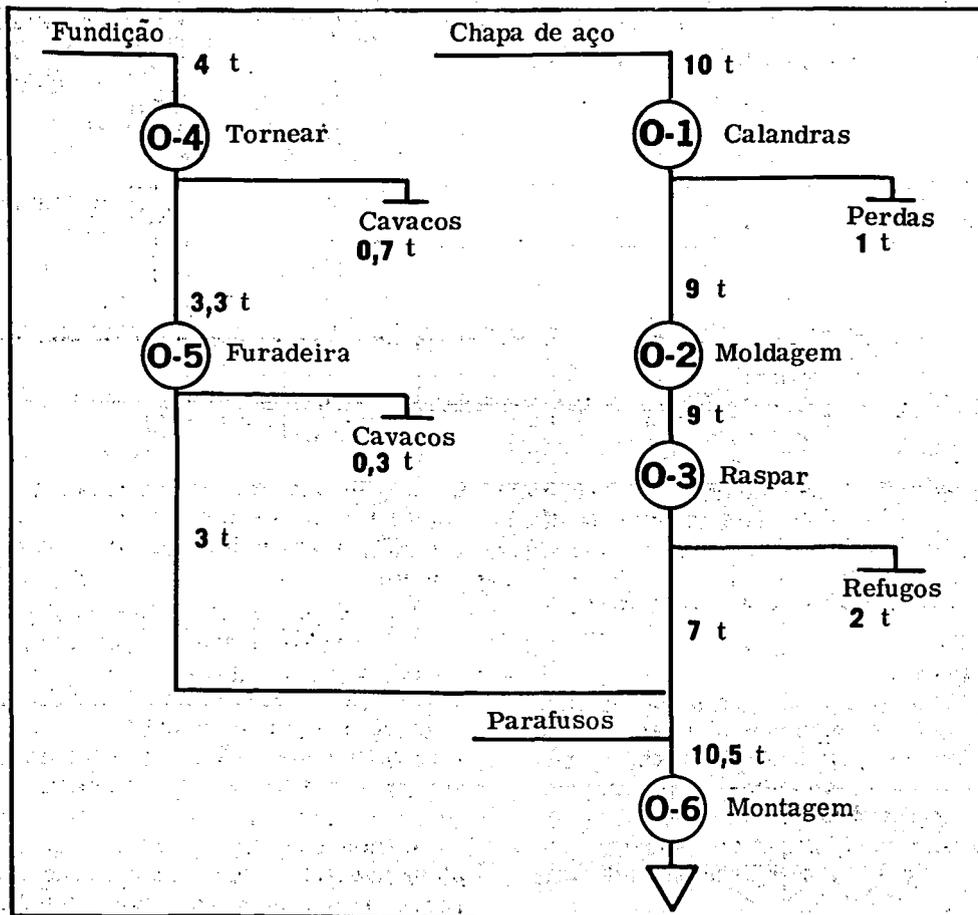


Figura 4-6 Exemplo de carta de processo mostrando a intensidade do fluxo de materiais e as perdas de produção.

físico, especialmente quando não há outras unidades de medida utilizáveis.

Para a análise dos métodos de movimentação, o projetista deverá classificar os produtos e materiais de acordo com suas características físicas, quantidade, tempo de fabricação ou necessidade de controle. A análise do fluxo de materiais necessária ao projeto do arranjo físico poderá então ser combinada à análise de movimentação necessária ao planejamento do transporte. A classificação dos materiais é discutida de forma condensada no Apêndice XI e de forma mais detalhada no livro *Systematic Handling Analysis - SHA*.

A análise aprofundada de cada detalhe envolve custos muito altos e geralmente nos leva a tomar decisões baseadas em dados muito mais precisos que as próprias informações sobre P e Q. O resultado é que podemos estar "precisamente errados" no cálculo dos fluxos.

**Carta de processos múltiplos**

Quando há três ou quatro produtos deve ser feita uma carta de processo para cada um deles. Mas, quando são vários produtos — até dez, dependendo da natureza dos produtos —, será melhor usar a Carta de processos múltiplos, especialmente se não houver operações de montagem.

Esta carta junta todos os produtos em uma única folha de papel (ver a Fig. 4-7). A primeira coluna à esquerda é reservada para as operações e cada uma das outras colunas é reservada para um dos produtos (A, B, C ...).

O roteiro de cada produto é então traçado por meio das operações pré-identificadas. Veja o exemplo da Fig. 4-8.

Com esses roteiros diagramados lado a lado podemos fazer uma comparação dos fluxos de cada produto.

O objetivo do nosso arranjo é obter um fluxo progressivo com o mínimo de retornos e aproxima-

mar ao máximo as operações entre as quais haja uma alta intensidade de fluxo. Isso pode ser feito trocando-se a ordem das linhas horizontais (operações) da carta até obtermos a seqüência ótima.

Um método simples para encontrar a melhor seqüência é calcular a extensão do retorno, dando o valor 2 para cada retorno e o valor 1 para cada operação que se pule; ou, caso consideremos esses valores negativos, podemos combiná-los com um valor de (+2) para cada caso onde a operação alimenta diretamente a operação subsequente e um valor (+1) se alguma operação é pulada em seu movimento para frente. Esses valores terão maior significado se incorporarmos uma medida de intensidade de fluxo aos cálculos. Fazendo esses cálculos, não poderemos deixar de analisar as vantagens da aplicação de um modelo de fluxo circular ou em U.

A carta de processos múltiplos não é utilizada para especificar as operações de uma montagem. Seu uso se limita a itens de maior importância; montagens e submontagens aparecem em apenas duas ou três linhas da carta.

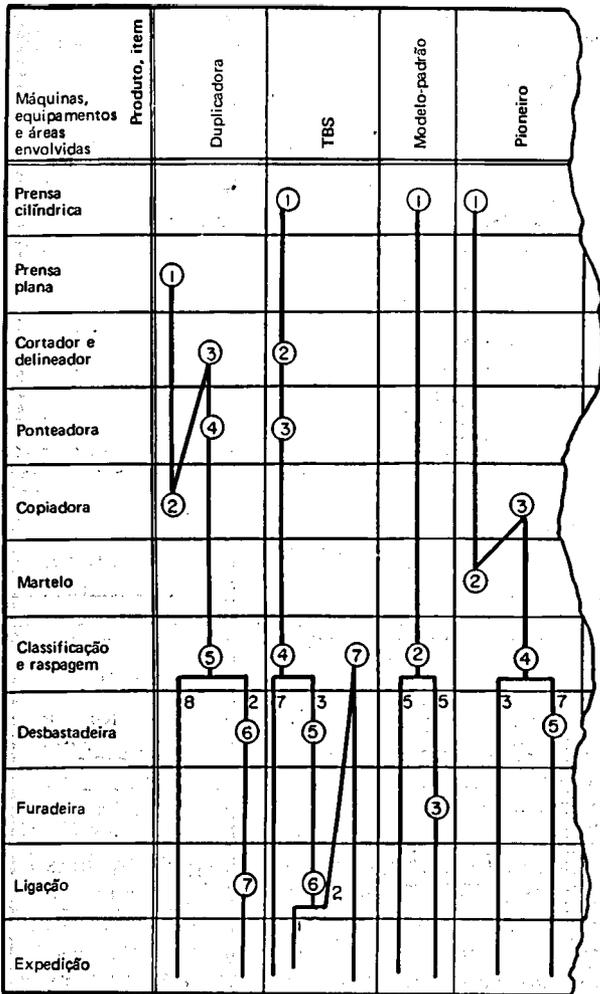
**Classificação e seleção**

Quando o número de itens fica entre trinta e cinquenta haverá muitas colunas a comparar numa só folha. Seria bastante prático se utilizássemos alguma forma para grupá-los ou selecioná-los.

Para itens de projeto semelhante (a) a seqüência de operações é bastante semelhante (poucas vibrações). Os itens de processo de fabricação semelhante (b) em geral seguem o mesmo roteiro. O grupamento (a) é feito através da classificação de projetos semelhantes do ponto de vista de suas dimensões, formato, características químicas etc.; ou, no caso (b) por meio da procura de itens que iniciem, terminem ou passem por certas operações-chave. A partir do grupamento desses itens talvez seja possível retornar e aplicar as técnicas da carta de processo ou da carta de processos múltiplos.

Operação	Peça ou produto A	B	C	D	E	F
Cortar	1	1	1		1	1
Entalhar	2	2	2	1		
Estirar		3	4	2	3	3
Furar	3		3		2	2
Dobrar	4	4		3	4	4
Aplainar		5	5	4	5	

Figura 4-7 Carta de processos múltiplos



Produto item	D-1	D-2	D-3	D-4	E-1	G-1	S-1
Máquinas, equipamentos e áreas envolvidas	Q= 19 000 por ano	Q= 5 700 por ano	Q= 4 900 por ano	Q= 4 700 por ano	Q= 11 000 por ano	Q= 9 100 por ano	Q= 3 100 por ano
Estoque de aço				1			1
Estoque de matéria-prima	1	1	1		1		
Estoque de produtos extrudados						1	1
Estoque de produtos acabados	4			3			3
Classificação	2	2					
Punção				2 4		2	2
Furadeira elétrica		3	2		2		
Roscadeira		5			2		4
Furadeira manual					2		
Rebolo	3						
Polir, banho de areia	5	4				5	
Parafusadeira	6						
Limpeza com solvente	7						
Estoque para montagem	8	6	3	5	3		
Montagem	9	7	4	6	4	3/4	5

Figura 4-8 a, b Modificações na carta de processos múltiplos. A figura (a) é um exemplo de vários processos que seguem caminhos diferentes. A porcentagem de material fluindo em cada caminho é indicada por um algarismo. A porcentagem ou dados reais de intensidade devem ser o mais preciso possível. A figura (b) é um exemplo de como se pode diagramar um processo sem a utilização de círculos e linhas. O fluxo é indicado por números. Pode-se observar: que o item D-4 passa duas vezes por "Punção", a possibilidade de o item E-1 poder passar na segunda operação tanto pela "Furadeira elétrica" como pela "Furadeira manual", que o item G-1 passa por duas operações de montagem e tem um retorno. Este método é indicado quando não existe formulários apropriados. Os círculos e as linhas de conexão podem ser adicionados mais tarde, levando-se em conta a intensidade de fluxo para cada item - colocando os dados de Q no alto de cada coluna e uma unidade de tamanho, peso (ou mesmo o sistema Mag) para cada item

tipos para resolver o problema de fluxo para o grupo.

Análises desse tipo nos levam a um arranjo misto, que não chega a ser linear ou por processo, mas uma mistura de ambos. Esse tipo de arranjo é vantajoso na redução de movimentação, de supervisão e controle da produção e de perdas na utilização de equipamentos (ver a Fig. 4-9).

Quando não for possível agrupar todos os itens, a solução será selecionar ou fazer amostragem dos itens representativos. Todos os métodos estatísticos de amostragem são, de um modo geral, válidos neste tipo de trabalho.

Existe sempre a possibilidade de incorrerem em erros quando lidamos com pequenas amostras; sugerimos então a seleção de itens que representem as "piores" condições. Essa seleção se apóia no princípio de que, se o arranjo suporta os "piores" itens (as piores condições), ele pode suportar todos os outros.

Selecionamos então de três a cinco itens classificados como "péssimos" do ponto de vista de alguns (não necessariamente todas) das seguintes características:

- Mais pesados
- Maiores
- Mais desagregados
- Mais frágeis
- Mais perigosos
- Mais caros
- Mais desajeitados de movimentar
- Com maior número de operações
- Maior quantidade
- Maiores problemas de qualidade
- Maior quantidade de queixas dos compradores
- Problemas de refugos e perdas

A seleção dos itens feita dessa maneira simplificará a análise já que trataremos com um menor número de itens (ver a Fig. 4-10).

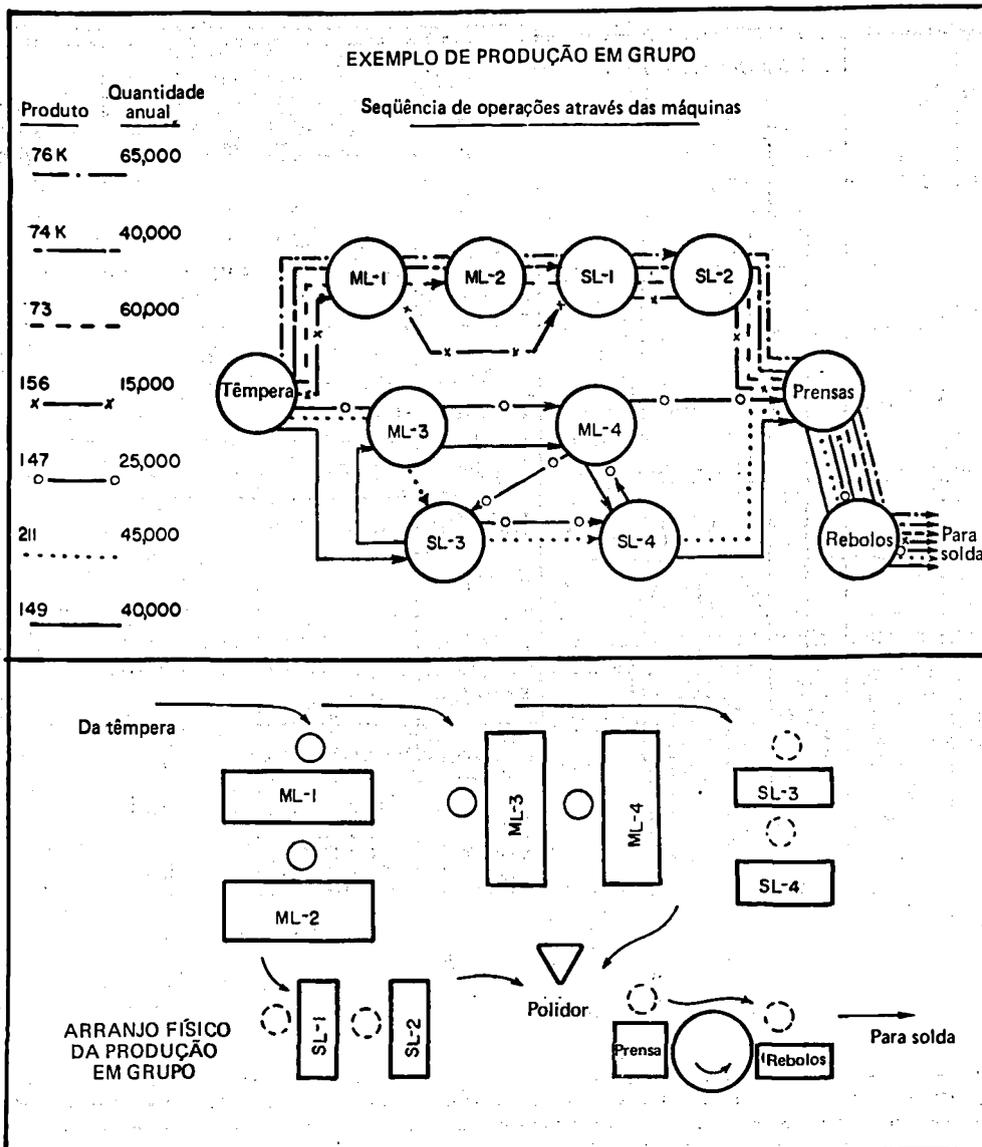


Figura 4-9 Produção em grupo baseada em itens semelhantes. Neste exemplo, os engenheiros combinaram um total de trezentos itens e conseguiram classificar sete tipos de bules num grupo só. O diagrama superior mostra a seqüência de operações. O inferior mostra o arranjo físico real, com o fluxo assinalado por seta

**Carta de-para**

Quando os produtos, componentes ou materiais em estudo são muito numerosos, a seleção ou agrupamento abre caminho para a Carta de-para.

A Fig. 4-11 explica a Carta de-para. Listamos as operações ou centros de trabalho na primeira linha e na primeira coluna, obedecendo à mesma seqüência.

Para cada item é colocado um sinal (letra, marca ou o valor da intensidade do fluxo) na coluna apropriada que representa cada movimento que o item faz. Por exemplo, um componente se desloca da Tesoura para a Entalhadeira. Coloca-se então a letra apropriada no retângulo "de Tesoura para Entalhadeira". A operação que se segue a entalhar é perfuração. Marca-se então a quadrícula "de Entalhar para Perfuração".

Depois que todos os itens estiverem registrados na carta, as letras ou quantidades em cada

quadrícula são somadas e esse número é registrado. Esse número representa o grau do fluxo entre cada par de operações ou centros de trabalho.

Cada um dos valores em cada quadrícula poderá ser checado somando-se de cima para baixo cada coluna e através de cada linha. Um erro será constatado se o número de movimentos (ou intensidade de fluxo) que entra numa operação ou centro, for diferente do número de movimentos (ou intensidade de fluxo) que sai dessa mesma operação ou centro de trabalho. Como é mostrado na Fig. 4-12, os totais das linhas podem não ser semelhantes aos totais das colunas quando forem usadas apenas as medidas de intensidade de fluxo de maior significado.

Em muitos casos podemos fazer a carta de-para usando valores de fluxo relacionados ao tamanho, peso ou volume do item para cada incidência

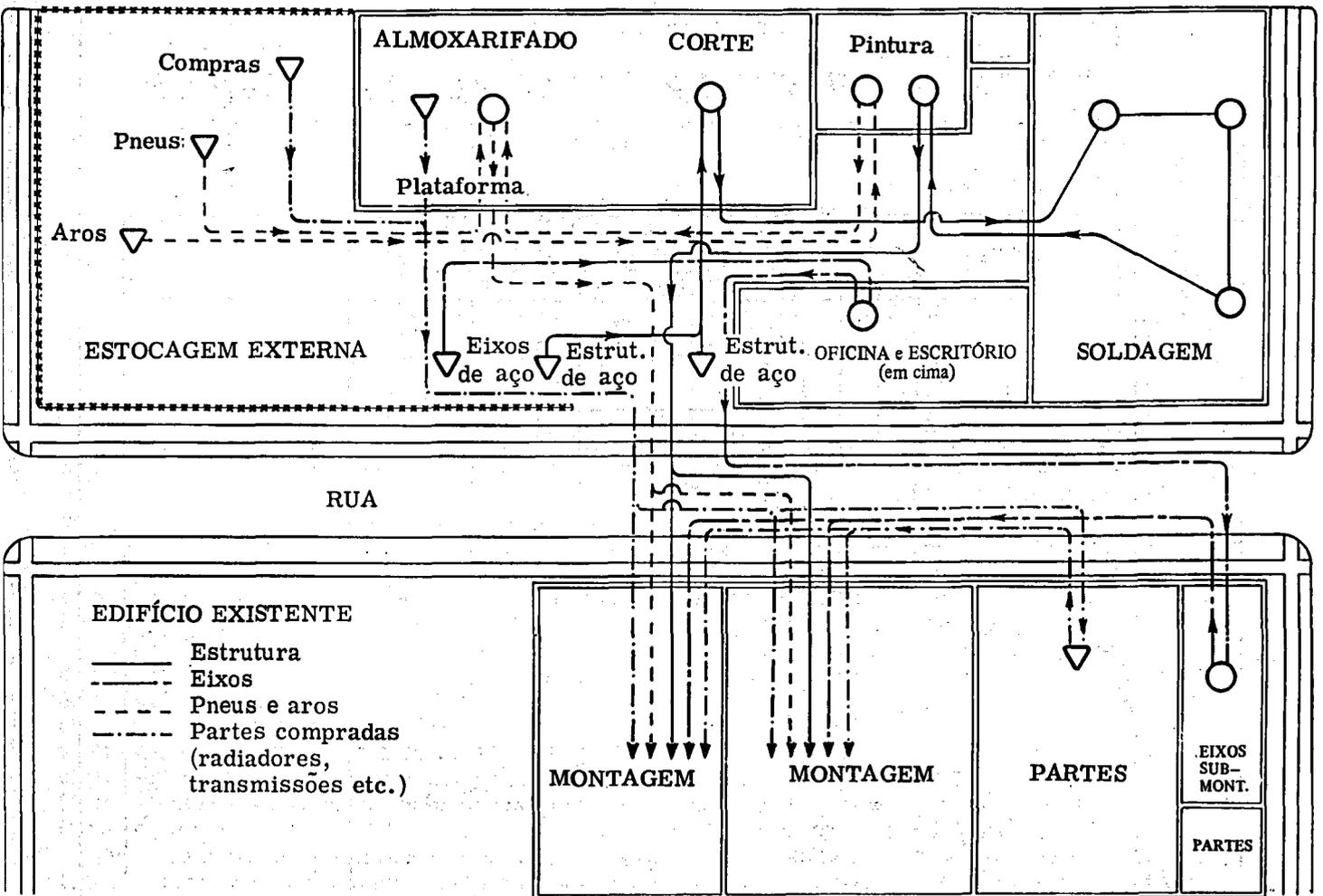


Figura 4-10 Diagrama de fluxo de uma instalação mostrando os quatro itens que trazem os maiores problemas de movimentação. Esta fábrica — dividida ao meio por uma rua — não tinha folhas de processo para determinar o fluxo. Como precisasse de uma solução rápida, o engenheiro de produção selecionou os dois itens: de maior tamanho, de maior peso, de maior volume de produção, de maior custo e de transporte mais desajeitado. Feito isso, analisou-os e reduziu-os aos quatro itens que traziam os maiores problemas de movimentação. Depois diagramou o fluxo desses itens na planta do atual edifício. Este diagrama foi então usado para se estabelecer o novo layout

Para \ De	Cortar	Entalhar	Estirar	Furar	Dobrar	Aplainar
De	1	2	3	4	5	6
Cortar	1	ABC 3	EF 2			
Entalhar		2	BD 2 AC 2			
Estirar			3	BDE F 4 C 1		
Furar			CEF 3	4	A 1	
Dobrar					5	BDE 3
Aplainar						6

Figura 4-11 Construção da Carta de-para. As operações, atividades ou centros de trabalho são listadas (na vertical e na horizontal) na mesma ordem. Cada retângulo de interseção mostra o movimento de uma operação para outra. Por exemplo, se quisermos estabelecer as mesmas informações da Fig. 4-7 poderemos fazê-lo. No caso do produto A: será primeiro colocado no retângulo de cortar para entalhar (ou seja, ela vai de operação cortar para operação entalhar). Depois é colocado no retângulo de interseção entre entalhar e furar e assim por diante. O mesmo é feito para os demais produtos. Este exemplo mostra todas as seqüências da Fig. 4-7. Na prática, letras ou números de ordem não são utilizados para identificar os itens. O que se usa são o número dos produtos ou partes e a intensidade do fluxo

de movimento. Essas intensidades de fluxo, baseadas em medidas quantitativas realistas, podem ser introduzidas na carta de-para da mesma maneira descrita. Geralmente, tabulamos as medidas de intensidade para todos os movimentos ou transportes de uma atividade a outra e então colocamos os

valores finais na carta. Tendo esta carta feita com valores relativos, poderemos estudar a proximidade relativa das áreas e arranjá-las segundo o fluxo ótimo. Ao calcularmos os valores para preencher cada quadrícula será interessante utilizar folhas ou cartões de contagem separados.

CARTA DE-PARA

Item (ns) diagramados 45 partes mold. Base de valores

Qx tamanho X cuidado = 1000

Fábrica Divisão de plásticos  
 Por S. Lima  
 Data 12 setembro

Projeto 15/197  
 Assistente H. Oliveira  
 Página 2 de 5

Operação ou atividade PARA	Moldagem	Normalização	Máquina	Montagem	Spray	Mag. de spray	Chapear	Revestir	Polir	Lavar	Desbastar	Estampagem	Encher/enxugar	Empacotamento	Expedição	16	17	18	19	20	Totais	
Operação ou atividade DE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Moldagem 1	=	3/26	3/160	6/232	1/2	5/631	1/884	-	-	-	2/400	10/468	-	-	15/222						⊙ 46/5025	
Normalização 2	-	=	-	-	7/262	-	5/376	-	-	1/10	-	1/180	1/2	3/129	1/120						19/1079	
Máquina 3	-	-	=	-	-	-	-	-	-	-	2/152	-	-	-	1/8						3/160	
Montagem 4	-	-	-	1/20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6/884						7/904	
Spray 5	-	1/2	-	-	7/414	-	5/22	-	1/12	-	-	1/8	2/168	1/76	-						18/702	
Mag. spray 6	-	9/152	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4/348						13/1100	
Chapear 7	-	-	-	-	1/8	5/376	=	6/910	-	-	-	-	-	-	-						12/1294	
Revestir 8	-	-	-	-	1/12	-	-	=	3/12	-	-	-	-	2/886	-						6/910	
Polir 9	-	-	-	-	-	-	-	-	=	-	-	-	-	3/22	2/10						5/32	
Lavar 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	=	-	-	-	1/10	-						1/10	
Desbastar 11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	=	-	-	-	4/552						4/552	
Estampagem 12	-	6/296	-	1/92	-	3/80	-	-	1/8	-	-	2/192	-	1/180	-						14/648	
Encher/enxugar 13	-	-	-	-	1/2	-	1/12	-	-	-	-	-	=	1/156	-						3/170	
Empacotam. 14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	=	12/1320						12/1320	
Expedição 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	=						0	
16																						
17																						
18																						
19																						
20																						
Totais	0	19/1076	3/160	8/344	18/1700	13/1087	12/1294	6/910	5/32	1/10	4/552	14/648	3/170	12/1459	45/75464						163/14.106	

Notas  
 a) 45 partes entradas, mas 46 partes envolvidas porque um item consta da montagem de duas partes

Figura 4—12. Uma carta de-para completa de uma fábrica de produtos plásticos que trabalha por encomenda. Dois números são colocados em cada retângulo de interseção. O número superior indica o número de peças que faz aquele movimento e o inferior, a intensidade de fluxo. Neste exemplo, a intensidade foi calculada multiplicando o volume anual pelo tamanho do item e pelo cuidado necessário para movimentação. Escalas arbitrárias são usadas para medir tamanho e cuidado na movimentação — semelhantes aos valores usados no sistema Mag (ver o Apêndice 1). Recepção e armazenamento inicial não são colocados nesta carta porque a maioria dos produtos começa sua fabricação na *Moldagem*. Foi feita uma seleção inicial dos itens de forma que nem todos estão na carta. Esta indica a importância de proximidade entre *Moldagem* e *Expedição* (2 222 unidades de intensidade de fluxo). A outra mais importante é *Empacotamento* e *Expedição* (1 320). Deve-se observar que a carta indica a direção geral do fluxo e que o total de intensidade de fluxo é a soma do que vai e do que retorna em cada operação. Por exemplo, *Normalização* para *Estampagem* é 1/180 e *Estampagem* para *Normalização* é 6/296 — e assim a intensidade total é 476 (180 + 296). Embora o número de peças entrando para uma operação deva ser igual ao de partes saindo da mesma operação, a intensidade não necessita ser obrigatoriamente igual. Isto se deve ao fato de que o tamanho e o cuidado na movimentação podem variar durante as várias operações. Neste exemplo, as peças não-moldadas foram excluídas, embora sigam para a *Moldagem* onde são incorporadas a produtos moldados. Este fato faz com que a intensidade de fluxo seja 344 para 904 de *Montagem*. Como se vê na figura, oito peças vão para a *Montagem* e sete vêm da *Montagem*. Isto porque dois itens moldados são montados lá. Neste caso, há diferença entre o número de itens que entram e os que saem. Os retângulos 4—4, 5—5 e 12—12 indicam operações duplicadas na mesma área de atividades

Na preparação da carta é necessário listar todas as operações, mantendo a mesma seqüência na horizontal e na vertical. Nenhuma operação poderá deixar de constar dessa listagem mesmo que, por exemplo, sabíamos que nenhum fluxo partirá da expedição para os centros produtivos. Este procedimento evitará que se cometam erros na construção da carta.

A diagonal principal da carta (1-1, 2-2, 3-3 etc.) dividirá os fluxos de entrada dos fluxos de saída. Se a listagem de operações (na coluna vertical e linha horizontal) estiver na seqüência correta, os valores de cada quadrícula acima da diagonal principal representam o fluxo normal das operações ("para frente") e os valores abaixo da diagonal, o fluxo "para trás".

Encontramos o fluxo total entre dois centros de trabalho somando os valores de entrada e de saída para este par de atividades. Cada fluxo total representa o valor da inter-relação e é a medida da proximidade necessária entre o par de atividades consideradas.

Há vários meios de interpretação da carta. As quadrículas são classificadas em ordem decrescente de fluxo. As quadrículas ordenadas indicarão a ordem de importância das interligações. Outro método seria medir a importância relativa de cada quadrícula por meio do cálculo da porcentagem de fluxo de cada uma em relação ao fluxo total. Obteremos então a importância relativa do fluxo entre cada par de centros em relação a todos os outros.

#### Análise do fluxo de materiais

Vimos anteriormente que o tipo de análise de fluxo a ser empregado depende do volume e da variedade dos itens envolvidos. Isso nos leva de volta ao diagrama P-Q.

Durante a Fase II do planejamento do arranjo, quando a variedade de itens é pequena mas a quantidade é grande, usamos a carta de processos. A medida que a variedade de itens cresce, devemos utilizar outros meios para a análise de fluxo: a carta de processos múltiplos, o agrupamento e seleção de itens, a carta de-para e outras técnicas. A carta de-para poderá ser construída para itens selecionados ou para grupos de itens classificados segundo uma das técnicas estudadas anteriormente.

A forma mais fácil de fazer a análise de qualquer fluxo de material é trabalhar diretamente com as listas de operação ou folhas de processo, apesar de estas poderem não ser uma representação exata de fluxo, já que pode haver um determinado número de possíveis mudanças de operação. Além disso, a movimentação de refugos, peças que retornam aos centros para serem retrabalhadas, materiais auxiliares e suprimentos não aparecem nas listas de operação. Produtos rejeitados pelo consumidor, sobras que retornam ao estoque, vasilhames vazios e, freqüentemente, material de embalagem são itens que não aparecem nas cartas de roteiro ou processo convencionais. Paradas, estoques intermediários, desvios para contagens e inspeções não-planejadas envolvem movimentação de material (e por conseguinte relações e influências) que não consta das folhas de operação. Isso significa que um fluxo de material baseado nos roteiros oficiais da empresa pode não representar exatamente o que ocorrerá na prática.

É bastante interessante medirem-se os movimentos dentro da área de operações, contanto que as operações existentes sejam avaliáveis. Isso pode ser feito através da verificação de ordens de transporte, expedição e liberação em cada uma das áreas de trabalho.

Paralelamente à verificação quantitativa da execução das rotinas, devemos fazer a verificação qualitativa do fluxo (ver sistema Mag no Apêndice 1). A unidade de medida da intensidade de fluxo deve-se relacionar à quantidade, ao tamanho, ao peso e à forma das peças, componentes e materiais em movimentação, e às condições de cada um.

Em muitos projetos justifica-se a utilização dos serviços de um computador para a determinação da intensidade de fluxo e da ordenação das interligações entre os pares de atividades.

#### Classificação do fluxo

Muitas vezes a análise das intensidades de fluxo entre cada par de atividades envolve a comparação de muitos dados numéricos, o que toma muito tempo do projeto. Para simplificar esse trabalho, o sistema SPL classifica as intensidades em cinco grupos:

- A. Absolutamente necessário
- E. Especialmente importante

- I . Importante
- O . Pouco importante
- U . Desprezível

Grupando as intensidades de fluxo de materiais segundo esta escala de valores — e usando a convenção de número de linhas a ser descrita no Cap. 6 —, o projetista poderá trabalhar com mais facilidade.

A cada letra representando as classes de intensidade de fluxo poderá ser acrescentado um sinal de menos (A, A-, E, E-, I, I-, O, O-), o que dará a cada classe meio grau de intensidade. Matematicamente, isto nos dá um grau de precisão de  $\pm 6,25\%$ , o que é bastante razoável em vista da precisão do método, das medidas e dos cálculos de intensidade e dos dados P e Q.

Tendo-se classificado as intensidades segundo a convenção descrita, o problema se desenvolve (Fig. 4-13) da seguinte maneira:

1. Identificar cada roteiro pelas áreas de atividade de origem e destino do movimento (sempre deixando o número mais baixo à esquerda).
2. Calcular uma medida que seja comum ao fluxo de material total (todos os produtos ou ma-

teriais em ambas as direções) para cada roteiro (ou par de áreas de atividade).

3. Ordenar a intensidade de fluxo, para cada roteiro, em ordem crescente.

4. Plotar a intensidade de cada roteiro num gráfico de barras.

5. Dividir o gráfico em áreas lógicas, sendo que a região A deve abranger aproximadamente 10% dos roteiros mais importantes (e 40% das intensidades de maior valor) e a região O deve abranger as intensidades cujos valores não excedam 10% dos maiores (e 40% dos roteiros de menor importância).

6. Desenhar linhas de divisão para indicar a ordem das categorias de A a O, não se esquecendo dos graus de cada classe (A-, E-, I-, O-) sempre que for necessário.

Como as cinco classes de intensidade de fluxo (ou nove, se usarmos a classificação intermediária), cada roteiro é colocado sob a forma de simples interligações cujas magnitudes foram ordenadas de forma lógica, e fica pronto para ser utilizado na fase de análise da proximidade entre as áreas de atividade.

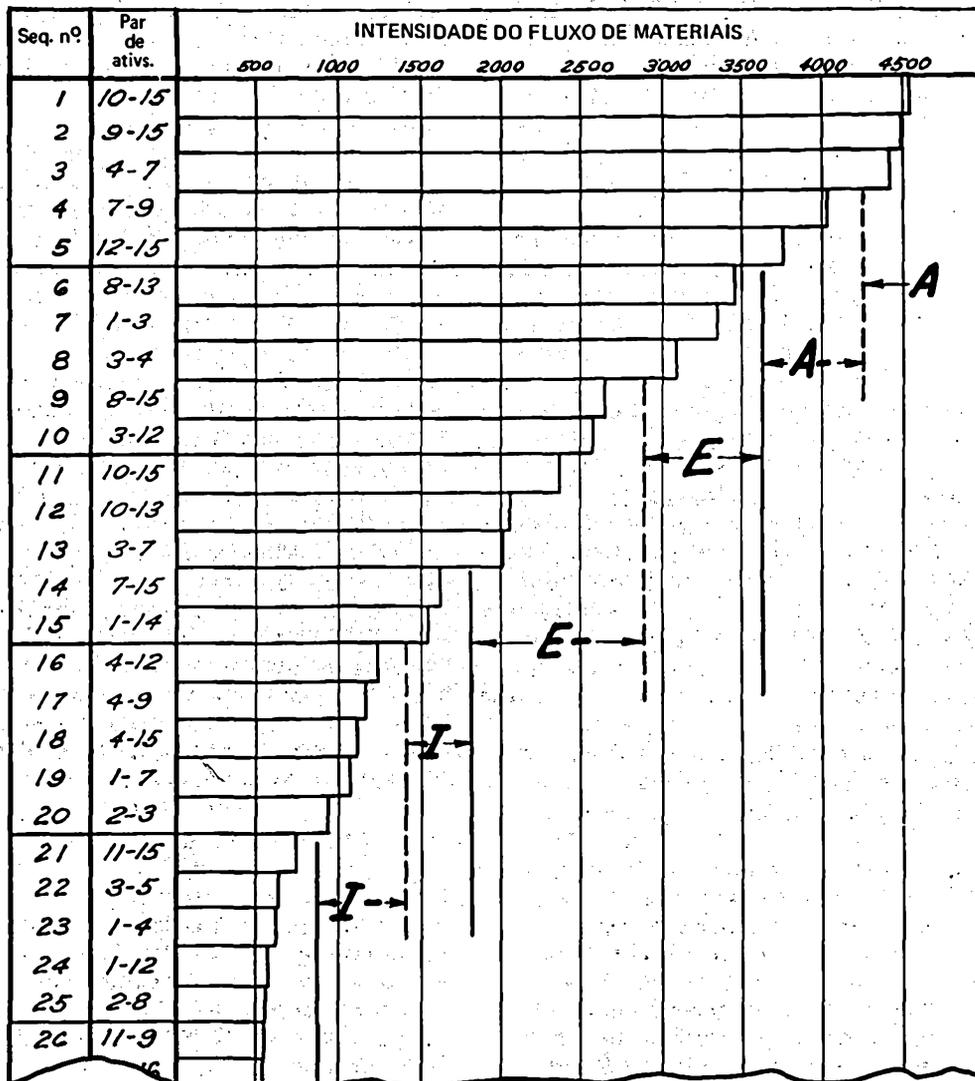


Figura 4-13 Conversão do fluxo de material na classificação das vogais

## capítulo 5.

# INTER-RELAÇÕES NÃO BASEADAS NO FLUXO DE MATERIAIS

Na maioria dos projetos de fábrica é comum dar-se ênfase especial ao fluxo de materiais e utilizá-lo como base para o arranjo. Este procedimento tem sido bastante discutido. Um modelo de fluxo é determinado e diagramado (baseado em técnicas mostradas nos Caps. 4 e 6) e as atividades restantes são então acrescentadas posteriormente no modelo. Realmente, este procedimento não é considerado o melhor como regra geral para o desenvolvimento do arranjo físico.

### A consideração do fluxo isoladamente não é a melhor base para o planejamento das instalações

Há várias razões para que o fluxo de materiais — determinado predominantemente pelo roteiro de fabricação — não seja considerado a base única para o arranjo físico:

1. Os serviços de suporte devem se integrar ao fluxo de forma organizada. Esta integração resulta da análise total de razões que obrigam certas atividades de suporte a ficar próximas a certas áreas produtivas.

A oficina de manutenção, o escritório do superintendente, os sanitários, a sala de descanso e a casa de força têm uma relativa prioridade para serem colocados próximos a cada uma das áreas de produção. Todos eles são parte do layout e devem ser considerados durante o seu planejamento apesar de não fazer parte do fluxo de materiais.

2. Muitas vezes o fluxo de materiais não tem importância para o arranjo físico. Em alguns projetos de indústrias eletrônicas e de jóias, somente uns poucos quilogramas são transportados durante um dia inteiro. Em outras indústrias, os materiais fluem por tubos ou carrinhos de carga que bastecem para a semana inteira.

3. Em empresas de prestação de serviços, áreas de escritórios ou oficinas de reparo e manutenção, não existe um fluxo de material definido e constante. Alguma regra geral deverá nos oferecer um meio de estabelecer relações entre as diversas áreas, independente do fluxo de materiais. Isso é uma necessidade real, mesmo que papéis, equipamentos ou mesmo pessoal sejam considerados "material" que fluirá.

4. Em fábricas onde há movimentação de material pesado e a influência do fluxo determina o layout, o fluxo não será a única base para arranjar as operações e equipamentos do processo. Deve-se levar em conta que existem outras razões que po-

dem ser determinantes. Por exemplo, o roteiro de operações pode indicar a seguinte seqüência: molagem, preparação, tratamento, submontagem, montagem e embalagem. Para atender ao fluxo de materiais, o setor de tratamento deveria ser colocado entre a preparação e a submontagem. Mas o tratamento é uma operação que deve atender às regras de higiene e segurança por suas características ambientais e de processo. Ou seja, o setor de tratamento deveria ficar longe da área de submontagem que envolve operações mais delicadas e grande concentração de pessoal. O efeito de fatores como este — ou relativos à distribuição de suprimentos, ao custo de controle da qualidade, à contaminação do produto etc. — deve ser comparado com a importância do fluxo de materiais, e os ajustes devem ser feitos conforme as necessidades práticas.

Em todos os casos, precisamos de uma forma sistemática para relacionar as atividades de serviço umas às outras e para integrar os serviços de suporte ao fluxo de materiais. Para atingir esses objetivos, o melhor método é a carta de interligações preferenciais.

Em termos do sistema SLP, a análise do fluxo de materiais é baseada em P, Q e R. A análise das inter-relações entre atividades diz respeito a P, Q e S, e em ambos os casos T está envolvido.

### Carta de interligações preferenciais

Esta carta é uma matriz triangular onde representamos o grau de proximidade e o tipo de inter-relação entre uma certa atividade e cada uma das outras (ver Fig. 5-1).

Ela é uma das ferramentas mais práticas e efetivas para o planejamento do layout.

É sem dúvida a melhor maneira de integrar os serviços de apoio aos departamentos de produção ou de planejar o arranjo de escritórios e áreas de serviço nas quais existe pequeno fluxo de materiais.

A construção da carta é bastante fácil. Por exemplo, na Fig. 5-1, quando a linha descendente da atividade 1 cruza com a linha ascendente da atividade 4, o losango resultante indica o relacionamento entre duas atividades. Dessa forma existe um losango de interseção para cada par de atividades.

O objetivo básico da carta é mostrar quais as atividades que devem ser localizadas próximas e quais as que ficarão afastadas.

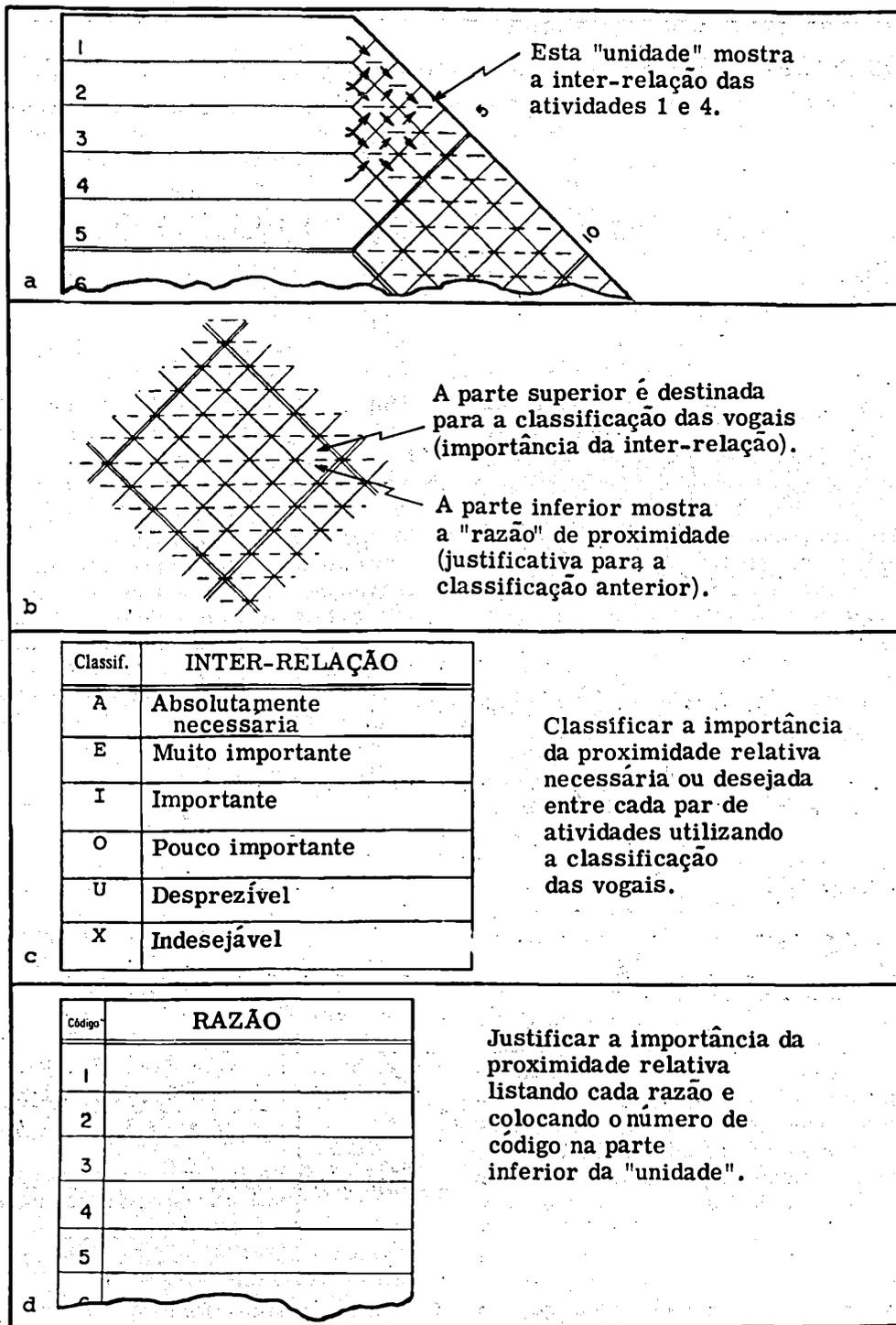


Figura 5-1 Os conceitos básicos da Carta de interligações preferenciais: Todas as atividades (áreas ou características) são listadas, à esquerda, nas linhas 1, 2, 3 etc. Quando a linha 1 intercepta a linha 3, o losango resultante mostra a inter-relação entre 1 e 3. Como está indicado em (b), a classificação das vogais (c) e o número de código da "razão" (d) são colocados acima e abaixo, respectivamente, do losango de interseção

A carta de interligações preferenciais pode ser comparada à carta de-para que foi dobrada diagonalmente de tal maneira que os quadros "de-para" e "para-de" coincidam, somando-se os fluxos.

A carta de interligações preferenciais nos mostra o inter-relacionamento de uma maneira completa, isto é, em ambos os sentidos (ver Fig. 5-2).

Na figura vemos que cada losango é dividido em duas partes. A parte superior é reservada para

classificar a interligação segundo a escala de valores A, E, I, O, U e X. Na parte inferior do losango colocaremos a "razão" da classificação anterior.

As vogais usadas na classificação de proximidade foram escolhidas devido a três motivos que seguem:

1. As letras têm um significado, no original em inglês: A, de Absolutely necessary (absoluta-

**CARTA DE INTER-LIGAÇÕES  
PREFERENCIAIS**

Fábrica (Companhia) Novo escritório Projeto 930  
 Diagramado por R. W. Emitente B.C. e P.M.  
 Data 10-6 Folha 1 de 1  
 Referência Notações

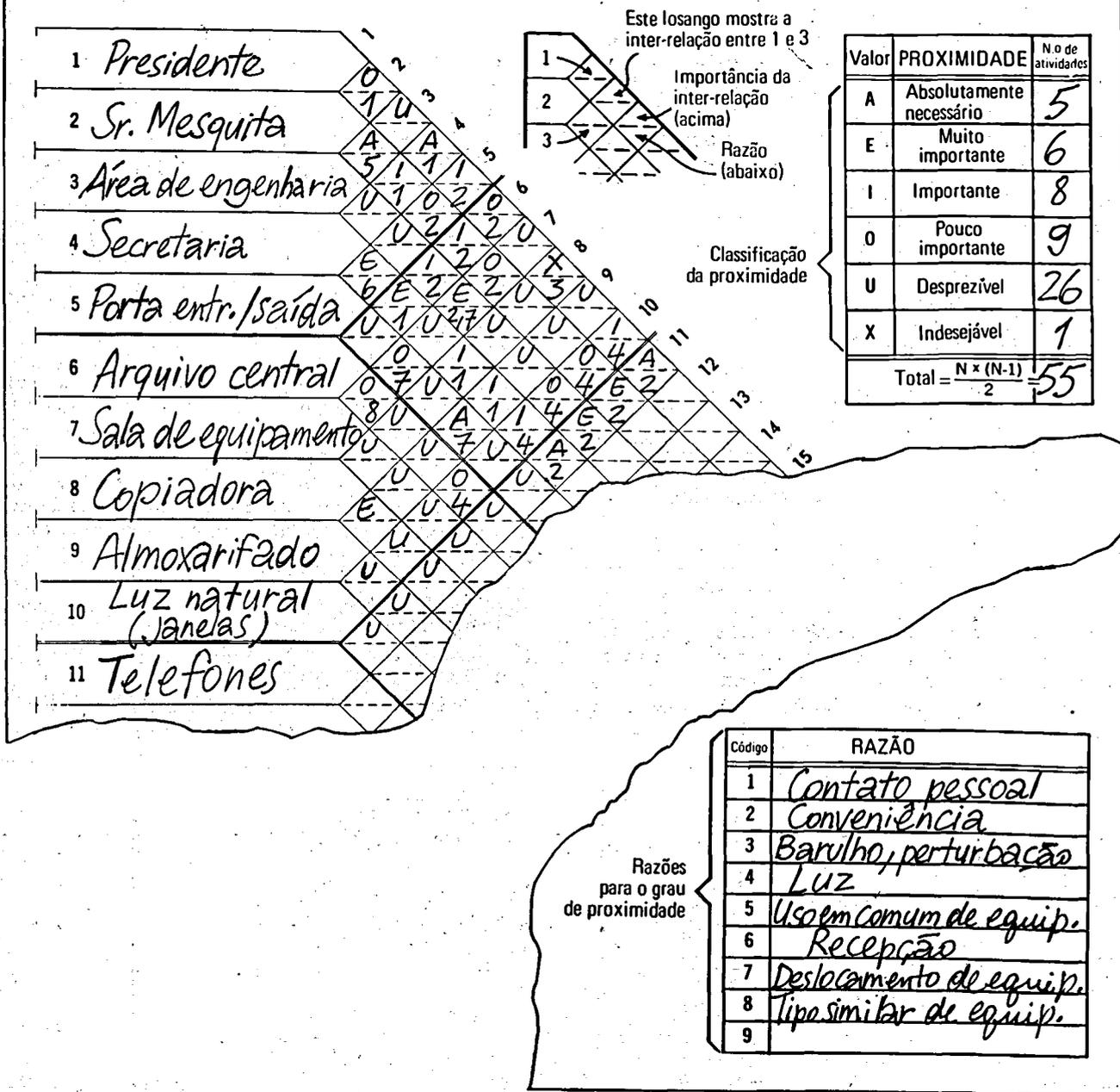


Figura 5-2 A carta de interligações preferenciais é bastante útil para planejar as atividades não muito ligadas a fluxo de material. Este exemplo foi feito para um escritório de engenheiros consultores em mecânica de solos. Ela mostra que o Sr. Ricardo deve ficar bastante próximo da "Área de Engenharia", próximo do "Telefone", um pouco mais afastado do "Arquivo Central da Secretaria" etc. As razões para isto estão colocadas na parte inferior do losango na forma de números codificados

mente necessário); E, de Especialmente importante (especialmente importante); I, de Importante (importante); O, de Ordinary closeness (pouco importante); U, de Unimportant (desprezível); e X para Indesirable (indesejável) representando um grau negativo de aproximação não desejável.

- Facilidade de memorização.
- Foi evitada a utilização de números pois estes são empregados para codificar as razões e identificar as atividades.

A classificação de um par de atividades segundo a proximidade terá mais significado quando acom-

panhado da "razão". Conforme o exemplo da Fig. 5-2, as "razões" deverão ser listadas e codificadas para facilitar o preenchimento da carta. Somente o código numérico constará da metade inferior dos losangos.

Uma determinada interligação poderá ser justificada por mais de uma razão. No losango respectivo deverão constar os números correspondentes a cada uma das razões.

Desta forma, uma grande quantidade de informações é colocada numa única folha de papel sem que se faça necessário escrever observações adicionais.

Qualquer que seja o projeto, as razões básicas para a determinação de grau de proximidade são:

1. Fluxo de material\*
2. Necessidade de contato pessoal
3. Utilização de equipamentos comuns
4. Utilização de registros semelhantes
5. Pessoal em comum
6. Supervisão ou controle
7. Frequência de contatos
8. Urgência de serviço
9. Custo de distribuição de suprimentos
10. Utilização dos mesmos suprimentos
11. Grau de utilização de formulários de comunicação
12. Desejos específicos da administração ou conveniências pessoais

#### Código de cores

O registro das classificações e razões pode ser feito a lapis. Mas como letras e símbolos se tornam confusos quando usados em grande quantidade, será interessante utilizarmos um código de cores para a classificação.

Cada losango da carta será colorido segundo a convenção estabelecida. As convenções de cores do sistema SLP são:

A - vermelho	O - azul
E - amarelo	U - em branco
I - verde	X - marrom

Essas cores seguem a ordem do espectro, o que facilita sua memorização.

Para facilitar a visualização, as cores são colocadas apenas na metade superior de cada losango já que cada cor representa um determinado grau de proximidade e não as razões. De forma a não obscurecer as letras da classificação, a parte superior do losango deverá ser colorida conforme nos mostra a Fig. 5-3, ou seja, apenas no contorno do triângulo superior. Caso sejam necessárias outras anotações (verificação de classificação, chamadas referentes a observações, asteriscos ou outras informações), devemos colocá-las na metade superior do losango, atentando para que ele não seja completamente obscurecido.

Na maioria dos projetos, pelo menos metade das interligações terá o valor U. É para manter a clareza e economizar tempo que não colorimos os losangos classificados com U, apesar de que poderíamos fazê-lo. Para ter certeza de que nenhum par de atividades foi esquecido, todos os losangos deverão ser marcados com a letra correspondente. Isso garantirá que todas as inter-relações foram consideradas.

#### Aperfeiçoamentos

Projetistas ainda não familiarizados com a nossa classificação tendem a classificar em A um grande número de inter-relações.

Para prevenir esta falha não devemos classificar como A nenhuma inter-relação, a menos que

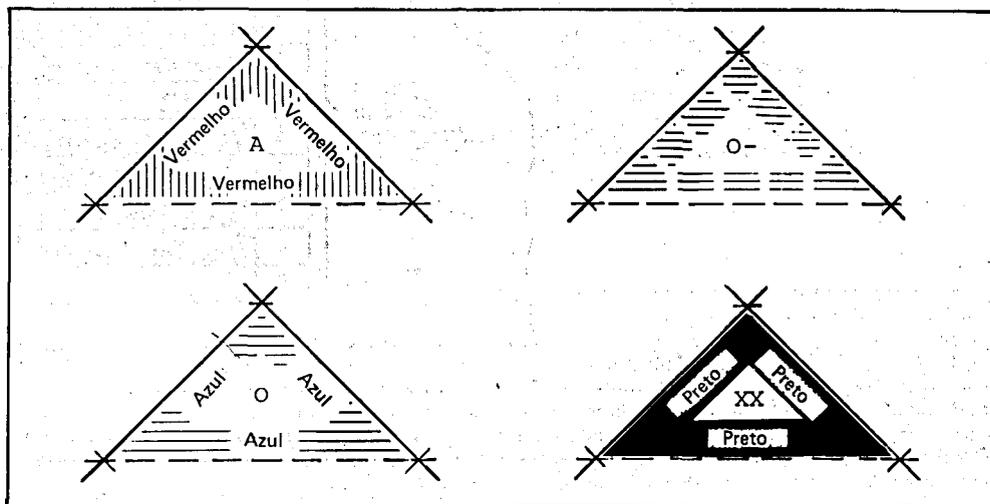


Figura 5-3 Método de colorir a carta de interligações preferenciais. Apenas a parte superior da "unidade" é colorida em seu contorno interno. As classificações intermediárias (O-, I- etc.) são marcadas com linhas interrompidas. A classificação XX pode ser usada para indicar atividades de inter-relação extremamente indesejáveis. Sua cor é preta

\* Como veremos mais tarde, é conveniente que se reserve a razão 1 para o fluxo de material. Na prática, poderão surgir outras razões além das citadas.

tenhamos certeza de que é absolutamente necessário que as duas atividades fiquem juntas. É interessante que cada uma das classes abranja porcentagens crescentes das inter-relações. Por exemplo:

- A. 2% a 5%
- E. 3% a 10%
- I. 5% a 15%
- O. 10% a 25%

Essas porcentagens dependerão da natureza do projeto.

A ordenação de A a U tem quatro fronteiras de decisão e cada classe tem um grau de precisão de 25%. Para maior precisão, podemos ter uma menor extensão para cada classe, acrescentando um sinal menos a seguir de cada letra (A-, E- etc.). Isso representa meio degrau entre a classe considerada e a imediatamente posterior. Para colocarmos esta classe dentro da convenção de cores, usamos uma linha tracejada com a cor respectiva. A introdução dos graus intermediários fornece uma precisão de 12,5%.

Outro refinamento, quando for necessário identificar ocorrências extremamente indesejáveis, é a utilização da classe XX, para a qual reservamos a cor preta. Isto é indicado na Fig. 5-3.

#### Construção da carta

O modo de fazer uma carta de interligações preferenciais varia. Entre outras coisas, o procedimento está na dependência da inclusão de atividades produtivas junto com atividades de serviço ou suporte. Podemos usar simultaneamente o diagrama de fluxo e a carta de interligações preferenciais ou podemos combiná-las.

Se não há serviços de suporte, ou seja, se não há outras considerações além das relativas ao fluxo, a carta de interligações preferenciais será de pouca utilização já que a análise de fluxo determina as interligações entre atividades produtivas. Na maioria dos casos, porém, é imensamente prático incorporar as atividades produtivas e os serviços de suporte numa mesma carta de interligações preferenciais. Esta é a forma de se analisar as relações entre as atividades produtivas e os serviços de suporte de modo integral.

Na prática, conforme o sistema SLP, o procedimento geral obedecerá à seqüência:

1. Calcular as intensidades de fluxo das atividades produtivas.
2. Classificar as intensidades de fluxo entre cada par de atividades segundo os grupos:
  - A - Absolutamente necessário.
  - E - Especialmente importante.
  - I - Importante.
  - O - Pouco importante.
  - U - Desprezível.
3. Fazer a carta de interligações preferenciais para todos os serviços e outros fatores além do fluxo.
4. Com a classificação de fluxo e dos serviços de suporte, fazer uma carta de interligação preferencial combinada.

Os passos necessários para cumprir o item 4 são explicados detalhadamente no Apêndice X.

Quando o fluxo de materiais não é de grande significado (como em muitas áreas de escritórios e de serviços), a análise do fluxo não é necessária e todas as atividades são relacionadas entre si exclusivamente por meio de carta de interligações preferenciais. O método a ser seguido dependerá da importância relativa do fluxo de materiais frente aos fatores que não o fluxo (ver Fig. 5-4).

A carta de interligações preferenciais é de grande utilidade quando a maioria das inter-relações não puder ser quantificada. No caso de existirem opiniões conflitantes acerca da importância de cada inter-relação, todas as pessoas envolvidas poderão participar, justificando cada avaliação com as "razões" correspondentes.

A partir daí as opiniões serão discutidas. A decisão será tomada assim que se chegue a um acordo quanto ao grau de proximidade específico para cada interligação. Durante o planejamento do arranjo de áreas de escritórios e serviços, a carta de interligações preferenciais é, indubitavelmente, a técnica de avaliação mais importante e de maior utilidade prática.

Na preparação da carta, ao incluirmos as atividades produtivas, devemos ter convertido as intensidades de fluxo de material (desenvolvimento através da análise do fluxo de material) nas classes A, E, I, O ou U. Aparentemente, este procedimento dilui a precisão dos dados. Mas, na verdade, o cálculo das intensidades de fluxo é estimado a partir de P, Q e R — e essas estimativas nos dão, na melhor das hipóteses, uma precisão de  $\pm 10\%$ .

Além disso, como já foi apontado neste mesmo capítulo, há outros fatores que não o fluxo de materiais que influenciarão até mesmo nas proximidades produtivas entre si, e as intensidades de fluxo podem ser modificadas pela influência desses outros fatores.

A transformação dos valores das intensidades de fluxo em classes AEIOU e o relacionamento de cada serviço a cada departamento produtivo estabelecem a classificação das proximidades nas mesmas bases. Ou seja, uma única escala de medida de proximidade é usada para todas as inter-relações.

Ao prepararmos a carta devemos listar todas as atividades, que poderão ser agrupadas segundo um critério de semelhança. Isso facilitará nossa análise, pois não trabalharemos com um número de atividades muito alto. Na prática, limitaremos o número de atividades ou grupos a quarenta ou cinquenta.

O formulário da carta reproduzido ao final do livro tem lugar para 45 atividades. Para facilitar o trabalho é necessário condensar, separar ou abandonar temporariamente certas atividades, o que é melhor do que incluir um número muito grande de atividades. Todos os suprimentos e características de construção devem ser listados sempre que as circunstâncias o indicarem. Até mesmo a

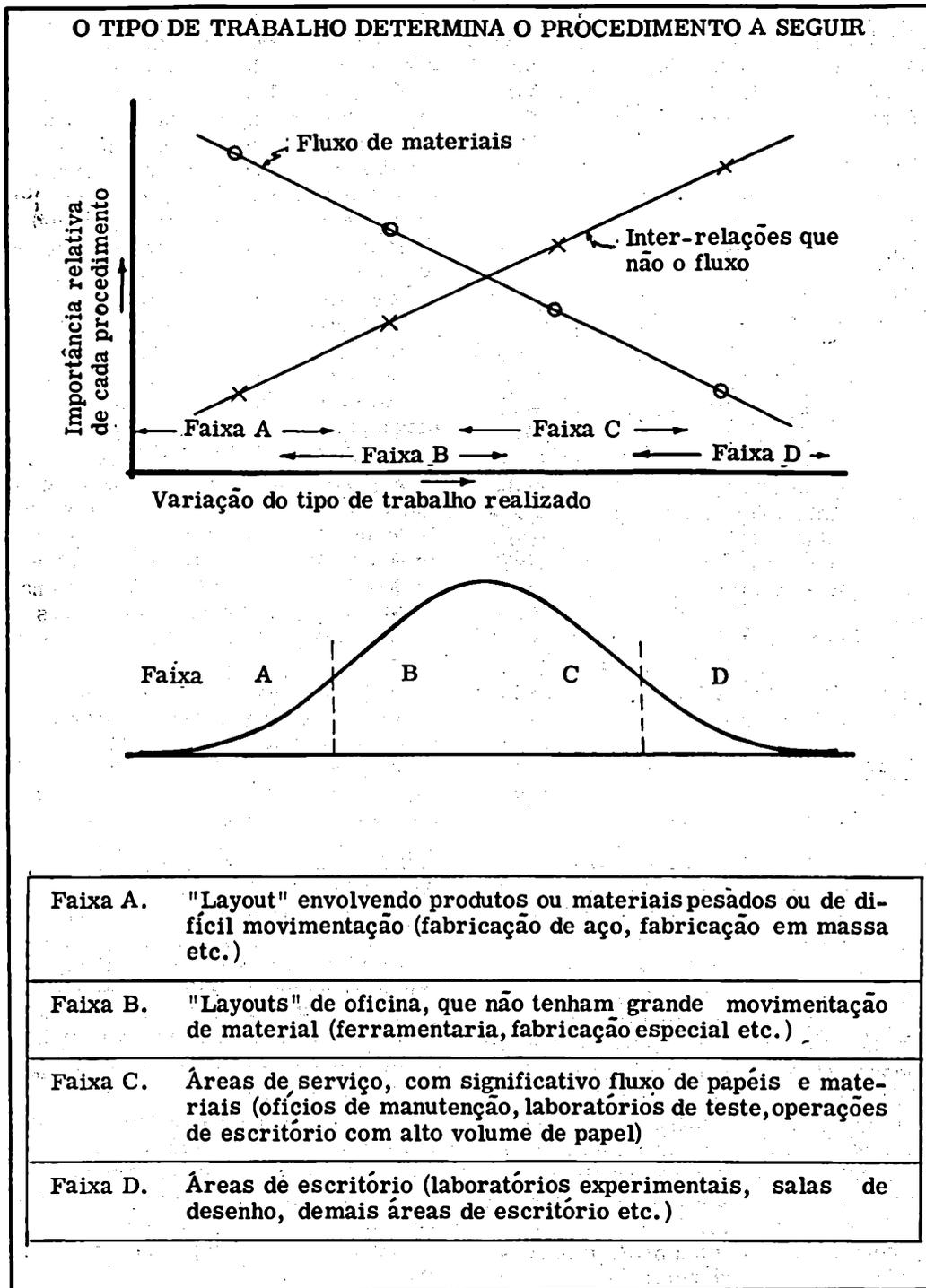


Figura 5-4 O tipo de trabalho é que determina o procedimento a seguir. O fluxo de materiais e as inter-relações das atividades são os dois procedimentos básicos para o estabelecimento da proximidade das várias áreas e atividades. Quando os materiais são grandes em tamanho ou quantidade, o fluxo de materiais é a base para a determinação da localização das áreas, com a inter-relação das atividades deixada para as áreas de suporte e serviço. Quando não existe problema de tamanho, quantidade ou dificuldade de movimentação dos produtos, a inter-relação entre as atividades passa a ser o principal procedimento — com pequena análise do fluxo de materiais. Entre esses extremos, ambos os procedimentos devem ser usados. Neste caso, o fluxo de materiais passa a ser uma das razões na construção da Carta de interligações preferenciais.

proximidade de fontes poluidoras pode ser considerada como atividade.

Há vários caminhos para se estabelecerem classificações para as inter-relações:

1. O projetista, conhecendo as operações, faz sua própria classificação.

2. Cálculos, do tipo utilizado em amostragem de trabalho ou de fluxo, podem servir de base para a seleção das inter-relações.

3. Podemos pedir opinião às pessoas diretamente envolvidas com as operações ou serviços de suporte por meio de contatos pessoais. Em

geral isso é feito durante a coleta de dados para se estabelecerem os requerimentos de espaço. Para fazer com que cada grau de proximidade (representado pelas vogais) seja facilmente compreendido, o projetista deve estabelecer "inter-relações padronizadas" (ou classes padronizadas) semelhantes às mostradas na Fig. 5-5.

4. Podem ser distribuídos questionários aos encarregados das atividades envolvidas no planejamento. O projetista deverá estudar e comparar as respostas e utilizá-las na carta de interligações preferenciais (Fig. 5-6).

5. Um grupo de administradores pode se reunir para estudar as inter-relações e o projetista deverá registrar as conclusões. Para auxiliar na discussão e evitar desvios, será interessante utilizar um grupo de cartões, cada um contendo o nome e o código de uma das atividades. Ao estudar cada inter-relação, o par de cartões das atividades em questão é colocado em destaque.

6. Estabelecer, junto a cada um dos supervisores, uma ordem para as relações entre as atividades sob seu controle e cada uma das outras atividades, e, a partir daí fazer sua classificação.

#### Verificação e aprovação

Independente dos métodos utilizados para estabelecer as inter-relações e classificá-las, a carta

final deverá ser verificada pelos planejadores do arranjo. Há vários métodos de verificação que podem inclusive ser combinados:

1. Levar a carta à chefia dos departamentos ou aos encarregados das atividades envolvidas para que as inter-relações sejam revistas.

2. Fazer com que a carta seja verificada pelo pessoal envolvido para receber aprovação ou sugestões para mudanças.

3. Fazer com que alguns revisores verifiquem, independentemente, a classificação de cada uma das interligações.

A Fig. 5-7 nos mostra uma carta de interligações preferenciais depois de aprovada.

Cada inter-relação envolve duas atividades e qualquer alteração deverá ser endossada pelos respectivos responsáveis. A cada mudança devemos entrar em contato com o responsável de cada atividade envolvida. Será de grande auxílio, tanto para o projetista quanto para o "aprovador", que a lista de atividades seja agrupada segundo as pessoas responsáveis por elas, como na Fig. 5-7.

Na maioria dos casos, ambos os responsáveis concordarão com a interligação. Se houver desacordo, este poderá ser resolvido através da reunião de ambos, embora algumas vezes a reunião de todos os responsáveis resolva os problemas com maior rapidez e facilidade.

Pode ser que o pessoal de operação tenha em vista apenas as condições e inter-relações existentes, ou pelo menos não consiga neutralizar a

INTER-RELAÇÕES PADRONIZADAS

Letra	Pares de atividades	Razões para proximidade	Letra	Pares de atividades	Razões para proximidade
A	Armazenagem e corte do aço  Inspeção final e embalagem  Limpeza e pintura	Quantidade de material movimentado; problemas de movimentação de material  Danos aos itens não empacotados; a inspeção é feita até que o material seja empacotado  Usam o mesmo pessoal; suprimentos e supervisão; utilizam o mesmo edifício	O	Manutenção e recepção  Recuperação e ferramentaria  Correspondência e escritório	Movimentação de suprimentos  Usam mesmo equipamento  Frequência de contatos
E	Recepção e estacionamento de visitantes  Acabamento e soldagem  Manutenção e submontagem	Conveniência; segurança  Quantidade e forma do material movimentado  Frequência e urgência do serviço	U	Manutenção e lanchonete  Soldagem e estocagem do material comprado  Engenharia e expedição	Serviço é menor  Pequeno contato  Contatos esporádicos
I	Corte e prensagem  Submontagem e montagem final  Arquivo e contabilidade	Quantidade de material movimentado  Volume de material movimentado; utilização do mesmo pessoal  Movimentação de papéis; segurança; conveniência	X	Soldagem e pintura  Incinerador e escritórios  Prensas e ferramentarias	Sujeira; perigo de fogo  Fumaça, cheiro, sujeira, aparência  Vibração

Figura 5-5 A utilização de inter-relações padronizadas traz velocidade e consistência no estabelecimento das inter-relações entre as atividades. O exemplo da figura foi utilizado no *layout* de uma pequena fábrica

Para: Todos os departamentos  
Assunto: Planejamento dos recursos

No nosso esforço de fazer o melhor layout, gostaríamos de contar com sua experiência e inteligência.

Estamos procurando o melhor arranjo para as atividades (ou área ou escritório). As atividades com alto grau de relacionamento devem ficar próximas.

Para cada uma das atividades de sua área, preencha um dos formulários. Coloque o número e o nome da atividade no alto do formulário, date e assinhe. Use um formulário para cada atividade. Indique a inter-relação da atividade (escrita no alto do formulário) com as outras atividades. Isto é feito assinalando a letra e o número de código de proximidade. Use as letras e os números que se encontram explicados abaixo.

Quando preencher estes formulários admita que existem condições ideais e que você não tenha nenhuma restrição.

Trabalhando assim, sem dúvida, novas idéias surgirão. Não se esqueça de listá-las na parte inferior do formulário.

Este método nos ajudará a conseguir os melhores resultados. Contamos com sua ajuda.

S. Fagundes

CLASSIF.	INTER-RELAÇÃO	CÓDIGO	RAZÃO
A	Absolutamente necessário	1	Sequência do fluxo de material
E	Especialmente importante	2	Uso comum de equipamento
I	Importante	3	Mesmo pessoal
O	Pouco importante	4	Mesmo espaço
U	Desprezível	5	Grau de contato pessoal
X	Indesejável	6	Fluxo de papéis
		7	Uso de registros comuns
		8	Trabalho semelhante
		9	Barulho, vibração, fumaça e riscos
		10	Outros _____
			_____

Exemplo : E/2, 5 significa uma inter-relação constante devido ao uso comum de equipamento e ao grau de contato de pessoal.

a

Figura 5-6 a, b Um exemplo de como as relações entre atividades podem ser levantadas através de um formulário-padrão. O memorando (a) instrui os vários departamentos como preencher as inter-relações de suas atividades com os outros departamentos na *Folha de inter-relações* (b). Este exemplo é originário de uma garagem de uma empresa de táxis. A Fig. 5-7 mostra a *Carta de interligações preferenciais* construída com os dados levantados

influência da situação atual. Deve ser lembrado que eles podem não estar tão informados quanto o projetista acerca dos planos futuros para o projeto do produto, para a engenharia de produção e para os programas de vendas da empresa.

Em qualquer caso, a obtenção de aprovação oficial para as inter-relações é essencial. Isso formaliza os dados a partir dos quais faremos o arranjo das atividades. A fase de aprovação de dados envolve, no projeto, todos os encarregados.

Devemos nos lembrar de que esses elementos é que vão operar as áreas que estamos arranjando. Sua participação no projeto, desde o início, fará com que se sintam mais integrados e se convençam da validade do trabalho que está sendo realizado, colocando as inter-relações em bases mais objetivas e, a longo prazo, facilitando a aceitação do novo arranjo a ser desenvolvido a partir dos dados registrados. Essa fase nos dá oportunidade de conseguir a participação de muitos no planejamento do layout, mesmo antes que o projeto tome forma.

Durante a análise do arranjo, é essencial incluir todas as interligações. Do contrário o arranjo poderá ser distorcido. O número de inter-relações é dado pela expressão  $\frac{N \times (N-1)}{2}$ , onde N

é o número de atividades listadas.

Conclusão

A técnica de diagramar e classificar justificando as interligações é um meio sistemático de tratamento do conjunto de dados. Disso resulta uma série de exigências e requerimentos estabelecidos a partir das interligações, aos quais o projetista fica preso. A carta nos dá razões objetivas que justificam a proximidade relativa dos departamentos. Cada decisão será tomada levando-se em conta a relação entre cada par de atividades. Ela também servirá de folha de verificação. Uma carta com dez atividades implica 45 inter-relações, e mesmo o melhor projetista poderá não tê-las em mente simultaneamente. A Fig. 5-9 apresenta um sumário de procedimentos para a feitura da carta.

Folha de Inter-relações							
Atividade nº _____		Nome _____		Data: _____		Fornecida por _____	
Classif.	Cod.	Nº.	Atividade	Classif.	Cod.	Nº.	Atividade
		1	Oficina central			30	Depósito de peças
		2	Tornos			31	Compras e estoque
		3	Unidade de reparo e manutenção preventiva			32	Contabilidade
		4	Conserto de rádios			33	Arquivo
		5	Oficina de pintura			34	Estação de suprimentos
		6	Cons.			35	Esc.
Notas de explicação _____							
_____							
Novas idéias _____							
_____							
_____							
_____							

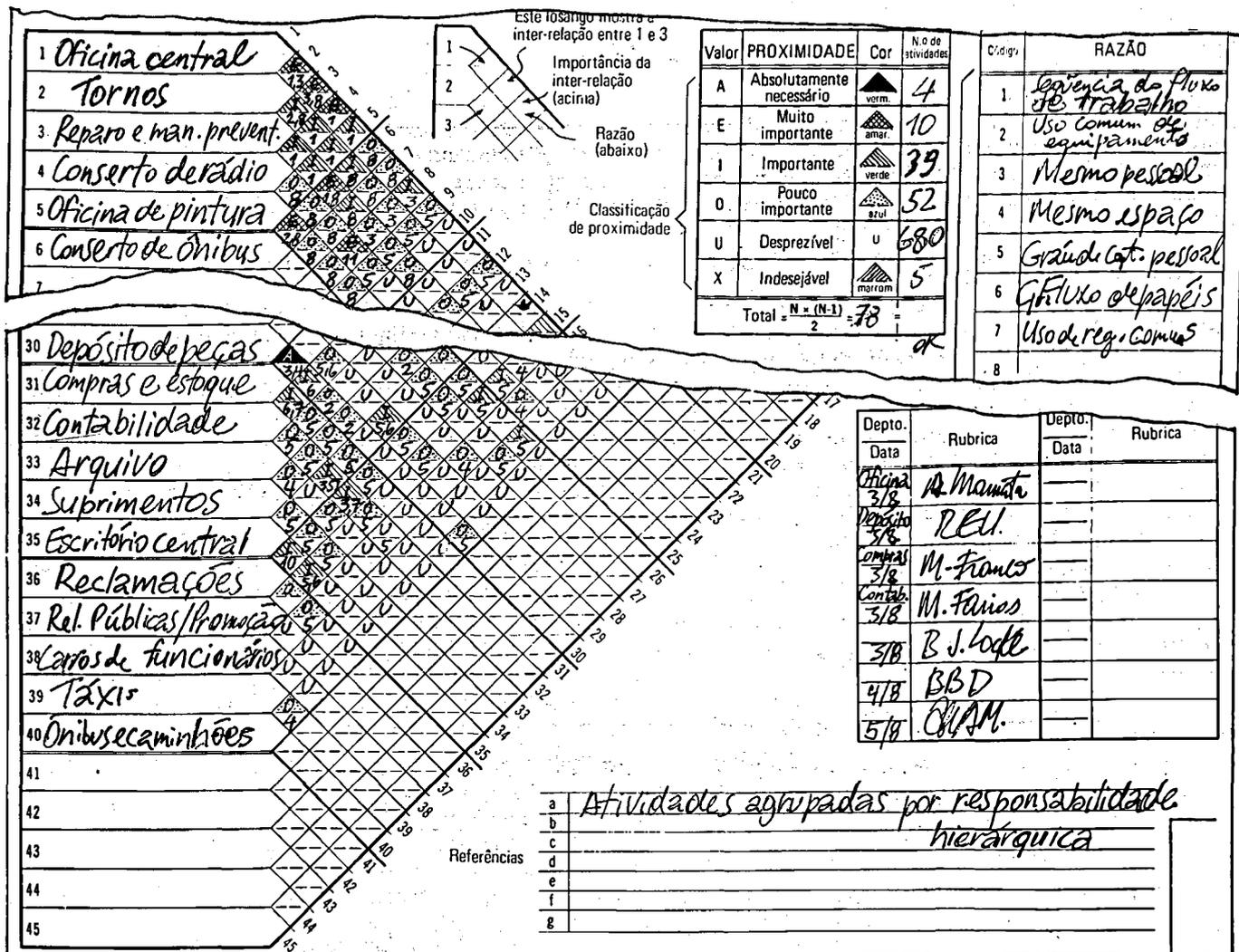


Figura 5-7 Carta de interligações preferenciais de uma garagem de táxis. Neste tipo de trabalho existe um fluxo bastante variado. Táxis chegando para abastecimento e controle, táxis recolhendo, táxis chegando para manutenção preventiva ou de emergência etc. A carta de interligações preferenciais é uma técnica ideal para esse tipo de trabalho. Esta carta é resultado dos dados fornecidos pelas folhas de inter-relações da Fig. 5-6a. Quando os dois responsáveis pelas atividades concordavam entre si a classificação dada era aceita; caso contrário o projetista entrevistava cada um para sanar a dificuldade. Divergências mais marcantes eram resolvidas com um encontro dos responsáveis e o projetista. A utilização de cores nesta carta melhora em muito sua eficiência

FOLHA DE MODIFICAÇÕES			
Deptº/Atividade nº _____		Descr. _____	Responsável _____
Inter-relação	Situação atual	Situação proposta	Razão
Outros departamentos ou atividades analisados e aprovados incluem:			
_____			
_____			
_____			
Assinatura _____			

Figura 5-8 Formulário usado para registrar mudanças na carta de interligações preferenciais



Figura 5-7 Carta de interligações preferenciais de uma garagem de táxis. Neste tipo de trabalho existe um fluxo bastante variado. Táxis chegando para abastecimento e controle, táxis recolhendo, táxis chegando para manutenção preventiva ou de emergência etc. A carta de interligações preferenciais é uma técnica ideal para esse tipo de trabalho. Esta carta é resultado dos dados fornecidos pelas folhas de inter-relações da Fig. 5-6a. Quando os dois responsáveis pelas atividades concordavam entre si a classificação dada era aceita; caso contrário o projetista entrevistava cada um para sanar a dificuldade. Divergências mais marcantes eram resolvidas com um encontro dos responsáveis e o projetista. A utilização de cores nesta carta melhora em muito sua eficiência

FOLHA DE MODIFICAÇÕES			
Deptº/Atividade nº _____		Descr. _____	
		Responsável _____	
Inter-relação	Situação atual	Situação proposta	Razão
Outros departamentos ou atividades analisados e aprovados incluem:			
_____			
_____			
_____			
Assinatura _____			

Figura 5-8 Formulário usado para registrar mudanças na carta de interligações preferenciais

### PROCEDIMENTO PARA A CONSTRUÇÃO DA CARTA DE INTERLIGAÇÕES PREFERENCIAIS

1. Identificar todas as atividades
  - a. Fazer uma lista de departamentos, áreas, operações ou características e fazer com que os chefes e supervisores de cada departamento verifiquem a abrangência e terminologia da lista.
  - b. Grupar as atividades semelhantes num diagrama de organização.
  - c. Não utilizar mais de 45 atividades numa carta. Reúna em grupos, segundo algum critério.
2. Listar as atividades numa carta de interligações preferenciais.
  - a. Estabelecer as operações produtivas primeiro, depois os serviços de apoio.
  - b. Incluir características de prédios e terrenos (elevador, transformador etc.).
3. Determinar as interligações entre cada par de atividades e as razões para isso. Isso pode ser feito:
  - a. Pelo conhecimento do projetista das práticas de operação
  - b. Levando em conta todas as considerações, ou razões, da mesma forma que no caso do fluxo de materiais (Não se esquecer das outras relações que não o fluxo e suas relações com este. Ver o Apêndice X.)
  - c. Discutindo com os chefes e supervisores de departamento
  - d. Por explicações em grupo e utilização de folhas de inter-relações
  - e. Por discussões em grupo, reunindo os chefes principais.
4. Colocar todos os dados na carta, pois ela será a base principal para o planejamento das instalações.
  - a. A carta funcionará como uma lista de verificação, assegurando que todas as atividades foram listadas bem como suas inter-relações com as demais.
  - b. Consiga aprovação.

## capítulo 6

# DIAGRAMA DE FLUXO E/OU INTER-RELAÇÕES

Com o diagrama de fluxo e a carta de interligações preferenciais simples ou combinada, iniciamos os trabalhos relativos ao Quadro 3 do modo de procedimentos SLP (diagrama de fluxo e/ou inter-relações).

Nesta etapa buscamos uma visualização dos dados, cálculos e análises feitas até este ponto. Devemos agora transformar essas informações sobre a seqüência de atividades e proximidades relativas em um esboço de localização. Como estamos na Fase II, arranjo físico geral, não nos deteremos em detalhes, pois estes serão estudados na Fase III, arranjo físico detalhado.

### Construção do diagrama

Diversas técnicas podem ser utilizadas na construção do diagrama. Geralmente começamos pelas inter-relações mais importantes seguindo-se as de menos importância. Mais tarde as atividades serão rearranjadas de acordo com os requerimentos de espaço, obtendo-se o diagrama de inter-relações entre espaços (Quadro 6 do modelo).

As condições necessárias para construir o diagrama são:

1. Uma simbologia para a identificação de cada atividade, área ou característica.
2. Um método para indicar a proximidade relativa entre as atividades, a direção e a intensidade do fluxo de materiais.

Ao diagramarmos as inter-relações da carta de interligações preferenciais, o fluxo de materiais já deve ter sido incorporado aos serviços de suporte e outras atividades que não o fluxo. Desta forma, todas as interligações serão diagramadas em conjunto.

### Diagramação do fluxo

Quando diagramamos o fluxo de materiais sem levar em conta serviços e outras atividades, podemos seguir dois caminhos. O primeiro, seria acompanhar exatamente o material desde a entrada até o final do roteiro. No outro método, podemos iniciar com os dois departamentos ou atividades entre os quais exista a maior intensidade de fluxo, e a partir daí seguir a ordem decrescente de intensidade de fluxo. Precisaremos verificar se a intensidade total é a soma do fluxo em ambos os sentidos.

A forma final do diagrama de fluxos normalmente será semelhante à mostrada na Fig. 6-1. Teremos então o fluxo diagramado de forma tal

que os serviços de suporte possam ser ajustados a ele da melhor maneira possível.

O diagrama é construído através de várias tentativas sucessivas: iniciamos com um esboço do diagrama e, à medida que mais informações são acrescentadas, surgem vários diagramas alternativos. Não é difícil aparecer casos em que seis ou oito tentativas são feitas antes de se conseguir um diagrama aceitável.

Os diagramas resultantes das primeiras tentativas não precisam ser muito detalhados. De fato, o ideal é que o diagrama seja o mais simples e claro possível.

### Fluxo para vários produtos

Muitas vezes temos diversos produtos ou classes de materiais a serem diagramados. Podemos proceder de diversas maneiras:

1. Vários diagramas podem ser feitos, um para cada produto, grupo de produtos ou classes de materiais.
2. Um único diagrama pode ser feito utilizando-se diferentes cores, letras, números ou símbolos para representar diferentes produtos, grupos ou classes (ver Fig. 6-2).

De uma maneira geral, entretanto, é melhor reunir todas essas informações durante a construção da carta do que tentar combiná-las na hora da diagramação. Ou seja, devemos analisar os fluxos dos vários produtos ou classe de materiais de maneira que formem uma rede. Então o diagrama pode ser construído diretamente a partir da carta de fluxo.

### Determinação do fluxo

Em alguns casos é conveniente diagramar o modelo de fluxo existente diretamente sobre a planta do arranjo físico atual. Isso pode nos dar uma visão das inter-relações gerais existentes. O diagrama resultante é mais fácil de ser entendido já que o fluxo é visualizado diretamente sobre a planta. A representação do fluxo através de cartas, tabelas, matrizes e dados apenas quantitativos são mais difíceis de trabalhar.

Este procedimento é bastante útil pois vai permitir a comparação do fluxo atual com o que será proposto.

Muitas empresas não possuem um arquivo organizado que registre os processos, os dados de produção, os roteiros, as listas de operação, etc. Isso significa que devemos ir à fábrica ou à área

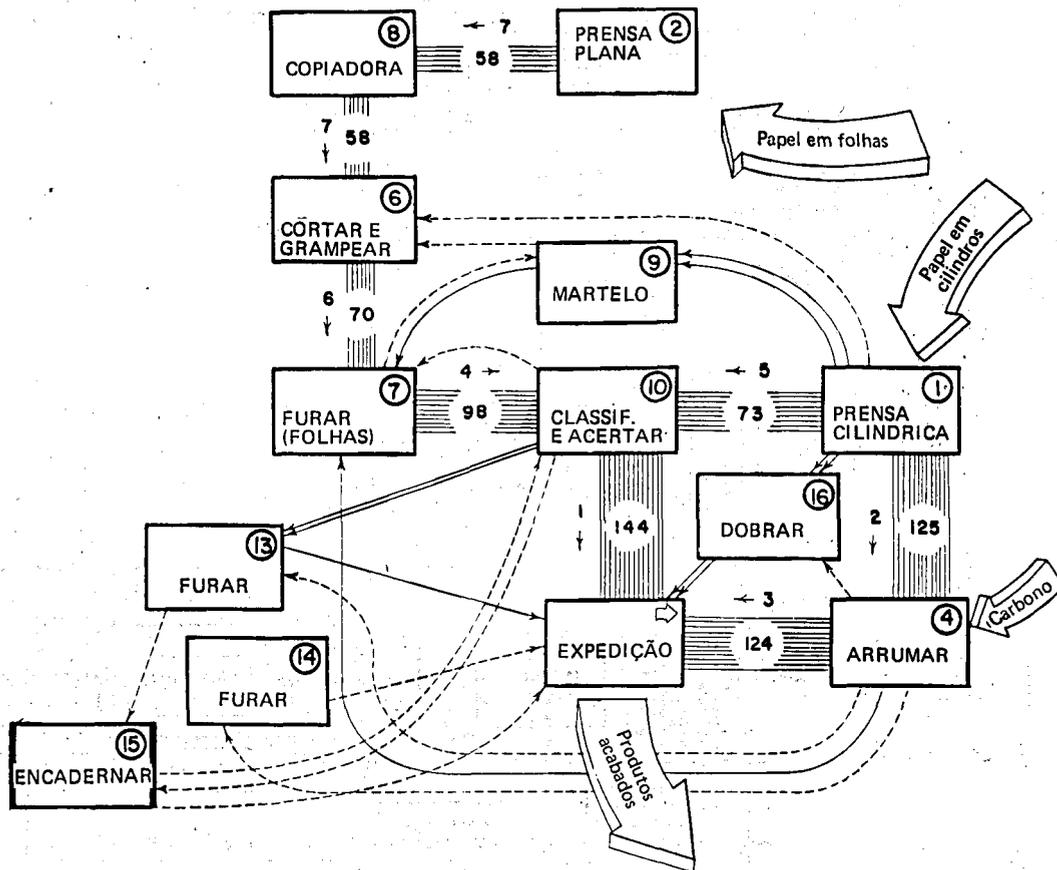


Figura 6-1 Diagrama de fluxo de uma gráfica. Seus produtos são catálogos e formulários. Cada área departamental é representada por um retângulo e a intensidade do fluxo, pelo número de linhas que ligam cada par de departamentos. Cada linha representa dez unidades de fluxo. O número real de unidades de fluxo está mostrado no espaço em branco das linhas de ligação, e a direção é indicada por retas. Perto de cada seta está um número indicando a magnitude de fluxo, começando pelo de maior intensidade. O número de linhas que ligam cada departamento representa dez unidades; as linhas tracejadas representam cinco unidades ou menos

em questão para levantar o verdadeiro fluxo de materiais. O diagrama de fluxo será facilmente construído sobre a planta baixa da instalação atual (ver Fig. 4-10).

#### Diagramação das inter-relações entre atividades

Quando não há interesse na direção do movimento do material ou quando o fluxo envolvido é insignificante comparado às outras inter-relações, o diagrama pode ser construído a partir apenas da classificação de proximidade da carta de interligações preferenciais. Para isso existe um procedimento específico que inclui uma série de convenções. Estas convenções são usadas para economizar tempo e para facilitar a compreensão e a interpretação do diagrama. Um diagrama utilizando as convenções pode ser visto na Fig. 6-3.

A utilização de convenções é de grande importância na cartografia. Como a diagramação de fluxo e demais atividades são uma aplicação prática dessa ciência, é lógico que o sistema SLP utilize também o mesmo tipo de convenções.

#### Convenções

As convenções utilizadas no sistema SLP são apresentadas na Fig. 6-4. Elas incluem o seguinte:

1. Um símbolo para o tipo de atividade.
2. Um número (ou letra) para identificação de cada atividade.
3. Um código de número de linhas para a intensidade de fluxo ou grau de proximidade.
4. Um código de cores para o valor da intensidade do grau de proximidade. A utilização de cores é opcional, no entanto recomenda-se sua utilização no diagrama final.
5. Uma cor para cada tipo de atividade, durante a construção do diagrama de inter-relações entre espaços. Na etapa atual seu uso é opcional.

Os símbolos podem ser usados de forma diferente da regra normal para se obter uma identificação mais precisa. Mas nenhum símbolo novo deve ser acrescentado, pois seria necessário o estabelecimento de outras regras.

O significado de cada símbolo foi adaptado diretamente do estabelecido pelos padrões da ASME para cartas de processo, com a inclusão de dois novos símbolos:

1. uma seta apontando para cima usada para designar características de construção e áreas de escritório e
2. um D em sentido vertical representando áreas auxiliares ou de serviço (manutenção, casa de força etc).

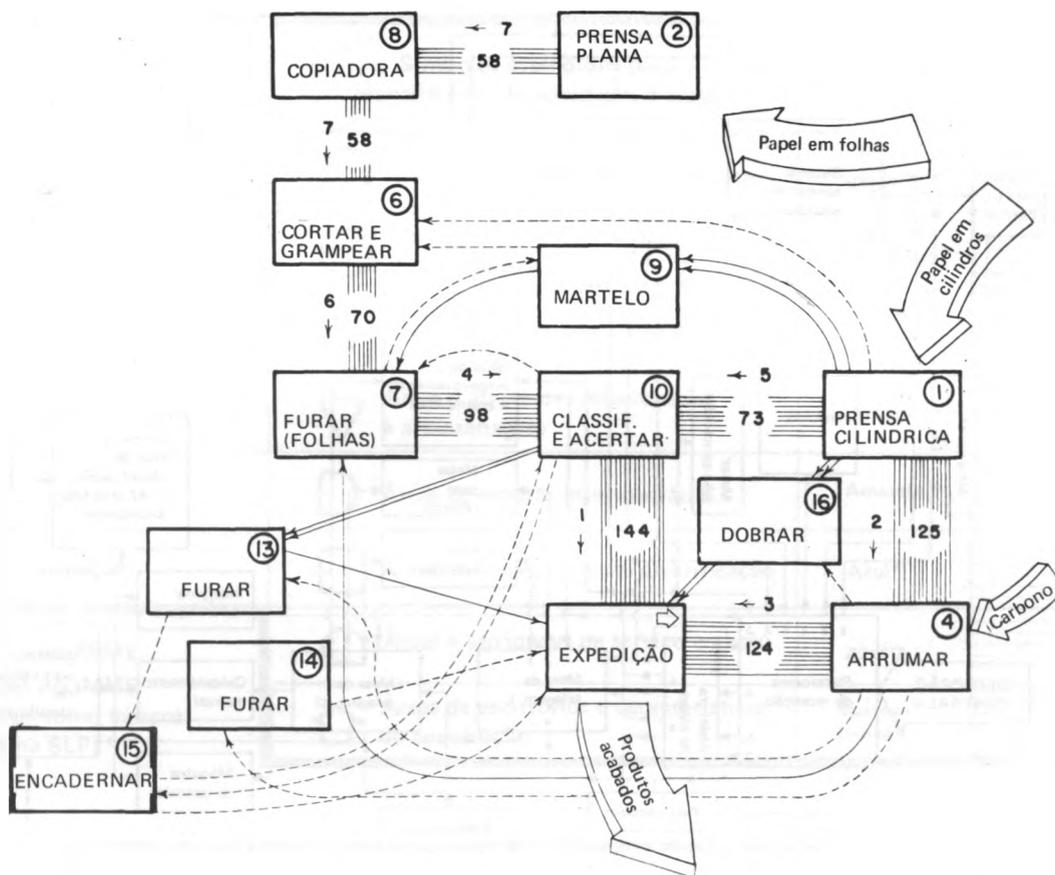


Figura 6-1 Diagrama de fluxo de uma gráfica. Seus produtos são catálogos e formulários. Cada área departamental é representada por um retângulo e a intensidade do fluxo, pelo número de linhas que ligam cada par de departamentos. Cada linha representa dez unidades de fluxo. O número real de unidades de fluxo está mostrado no espaço em branco das linhas de ligação, e a direção é indicada por retas. Perto de cada seta está um número indicando a magnitude de fluxo, começando pelo de maior intensidade. O número de linhas que ligam cada departamento representa dez unidades; as linhas tracejadas representam cinco unidades ou menos

em questão para levantar o verdadeiro fluxo de materiais. O diagrama de fluxo será facilmente construído sobre a planta baixa da instalação atual (ver Fig. 4-10).

#### Diagramação das inter-relações entre atividades

Quando não há interesse na direção do movimento do material ou quando o fluxo envolvido é insignificante comparado às outras inter-relações, o diagrama pode ser construído a partir apenas da classificação de proximidade da carta de interligações preferenciais. Para isso existe um procedimento específico que inclui uma série de convenções. Estas convenções são usadas para economizar tempo e para facilitar a compreensão e a interpretação do diagrama. Um diagrama utilizando as convenções pode ser visto na Fig. 6-3.

A utilização de convenções é de grande importância na cartografia. Como a diagramação de fluxo e demais atividades são uma aplicação prática dessa ciência, é lógico que o sistema SLP utilize também o mesmo tipo de convenções.

#### Convenções

As convenções utilizadas no sistema SLP são apresentadas na Fig. 6-4. Elas incluem o seguinte:

1. Um símbolo para o tipo de atividade.
2. Um número (ou letra) para identificação de cada atividade.
3. Um código de número de linhas para a intensidade de fluxo ou grau de proximidade.
4. Um código de cores para o valor da intensidade do grau de proximidade. A utilização de cores é opcional, no entanto recomenda-se sua utilização no diagrama final.
5. Uma cor para cada tipo de atividade, durante a construção do diagrama de inter-relações entre espaços. Na etapa atual seu uso é opcional.

Os símbolos podem ser usados de forma diferente da regra normal para se obter uma identificação mais precisa. Mas nenhum símbolo novo deve ser acrescentado, pois seria necessário o estabelecimento de outras regras.

O significado de cada símbolo foi adaptado diretamente do estabelecido pelos padrões da ASME para cartas de processo, com a inclusão de dois novos símbolos:

1. uma seta apontando para cima usada para designar características de construção e áreas de escritório e
2. um D em sentido vertical representando áreas auxiliares ou de serviço (manutenção, casa de força etc).

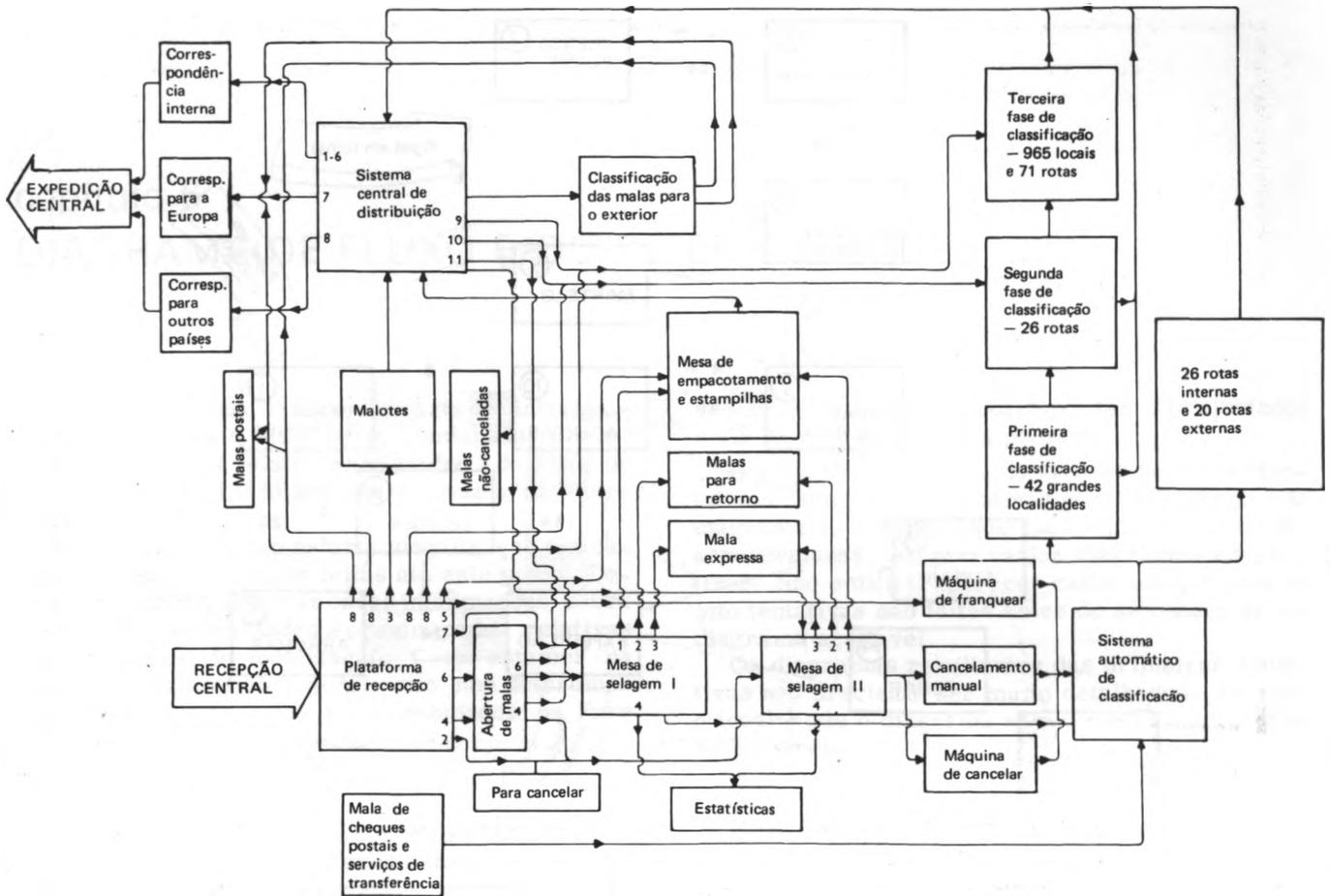


Figura 6-2 Diagrama de fluxo de uma central de correios. Mostra um método de visualizar a movimentação de vários tipos de produtos. Cada tipo de carta é indicada por um número. Por exemplo: 2, indica cartas canceladas retiradas de caixas de correio; 3, são malotes etc. Devido à complexidade do fluxo, a diagramação deverá ser feita em dois ou três estágios. Um diagrama como este deve ser acompanhado de outro indicando a intensidade do fluxo assim como o tipo de item. Retirado de um manual de descrição de operações. The Hague, Holanda

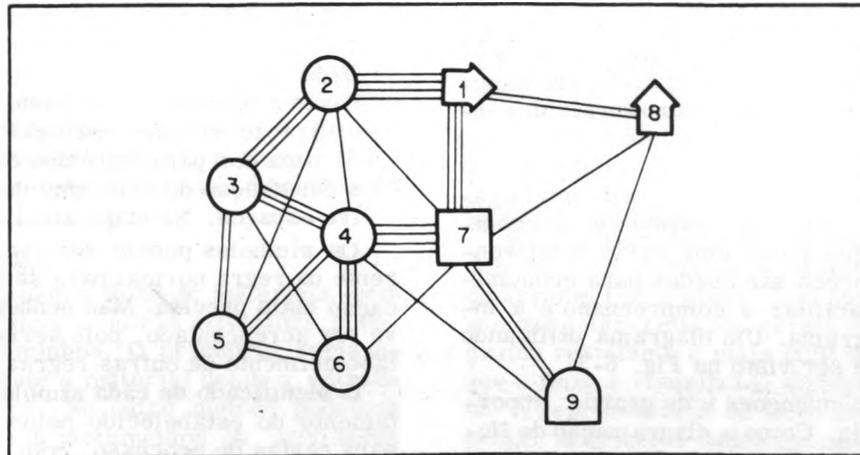
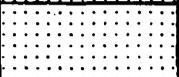
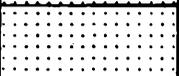
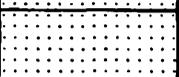
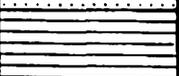
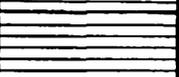
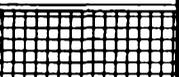


Figura 6-3 O método de diagramação de inter-relações consiste em ligar as atividades por linhas. O formato de cada símbolo indica o tipo de atividade; o número dentro do símbolo é para identificação; o número de linhas ligando os símbolos fornece o grau de proximidade desejada (ou necessária). No exemplo, a plataforma de embarque e desembarque (1) está ligada à primeira área de produção (2) por quatro linhas (proximidade absolutamente necessária), à inspeção final (7) por três linhas (proximidade especialmente importante) e ao escritório central (8) por duas linhas (proximidade importante). As outras atividades são inter-relacionadas de forma semelhante

Símbolos da carta de processo*	Símbolos estendidos para identificação de atividades e áreas	Ident. Cores	Preto e branco**
 Operação	 Áreas de moldagem ou tratamento	Verde**	
	 Montagem, submontagem e desmontagem	Vermelho**	
 Transporte	 Áreas relacionadas a transporte	Amarelo**	
 Armazenagem	 Áreas e atividades relacionadas à armazenagem	Amarelo**	
 Espera	 Áreas de esperas intermediárias	Amarelo**	
 Inspeção	 Áreas de inspeção, teste e verificação	Azul**	
* Padrões da ASME ** Padrões do IMMS (adotados como básicos no sistema SLP)	 Áreas e atividades de serviço e apoio	Azul**	
	 Áreas de escritórios e características de construção.	Marrom** (cinza)	

Letras	Valor n.º	N.º de linhas	Proximidade	Código de cores
A	4		Absolutamente necessário	Vermelho**
E	3		Muito importante**	Amarelo**
I	2		Importante	Verde**
O	1		Pouco importante	Azul**
U	0		Desprezível	Em branco**
X	-1		Indesejável	Marrom**
XX	-2, -3, -4, ?		Extremamente indesejável	Preto

Figura 6-4 Convenções para a diagramação das inter-relações entre atividades. O projetista deve fazer primeiro o diagrama apenas em preto e branco. Só mais tarde, no diagrama final, deve utilizar as cores

O número-código da atividade ou o número de ordem que a atividade recebeu na carta de interligações preferenciais (ou mesmo ambos) deverá ser colocado dentro de cada símbolo.

Para unir cada par de atividades, usamos um determinado número de linhas convenientemente codificado para indicar o grau de proximidade. É mais rápido fazer os diagramas preliminares com um lápis de dureza média. Isso nos dá um registro que pode ser duplicado e impede que usemos muitas cores ao desenvolver o trabalho.

O código de cores é o mesmo utilizado na carta de interligações preferenciais. Deverá ser empregado novamente quando a carta estiver pronta para ser interpretada. As cores nos auxiliam também a verificar se todas as inter-relações foram diagramadas.

Quando representamos as inter-relações X (ou XX), usamos uma linha sinuosa (ou duas linhas sinuosas). Isso representa uma mola que empurra as atividades para longe, uma da outra, em oposição às linhas que podem ser comparadas a elásticos que tendem a juntar as atividades. Para representar os graus intermediários (A-, E- etc.), utilizamos linhas interrompidas. Esta representação é coerente com o triângulo de linhas interrompidas utilizado para simbolizar os graus intermediários na carta de interligações preferenciais.

A forma do símbolo procura identificar o tipo de atividade e um código de cores pode ser utilizado para realçar a identificação. Essas cores serão de grande auxílio quando, mais tarde, estivermos arranjando os diagramas de espaços.

Todas essas convenções incluem suficientes alternativas e opiniões, de forma que o trabalho pode ser feito com rapidez obtendo-se diagramas de fácil compreensão.

Neste livro, as convenções de cores para identificação de tipos de atividades e relações de proximidades são os padrões indicados pela International Material Management Society (ver a Fig. 6-4 e o Apêndice V).

#### Construção do diagrama de inter-relações

A partir da carta de interligações preferenciais simples ou combinada com relações de fluxo (ver Apêndice X) começamos com as inter-relações da classe A (colocadas em vermelho na carta). Desenhamos o símbolo correspondente ao tipo de atividade com o número-código respectivo. Então ligamos esta atividade (usando quatro linhas) à atividade correspondente, convenientemente representada por seu símbolo numerado (ver Fig. 6-5). Colocando classe 1 para cada inter-relação da classe A, em seguida classe 2 e assim por diante, temos uma seqüência ordenada para a transferência das inter-relações.

Depois de as inter-relações A estarem diagramadas (geralmente são espalhadas apropriadamente numa folha de papel), passaremos a acrescentar as relações da classe E, o que significa que devemos rearranjar as relações de quatro linhas antes de acrescentar as de três linhas.

A esta altura, teremos que rearranjar o diagrama por não apresentar uma disposição geográ-

fica clara. Nosso objetivo é encontrar um arranjo em que as distâncias entre as atividades da classe E (três linhas) sejam aproximadamente o dobro das distâncias entre as atividades da classe A (quatro linhas).

Em seguida acrescentamos as inter-relações I. Novamente será desejável rearranjar o diagrama (usando uma outra folha ou um novo posicionamento na mesma folha) a fim de improvisar um modelo ou orientação para as atividades A, E e I.

O mesmo é feito para as inter-relações O e para as de classe X e XX. As duas linhas sinuosas são usualmente consideradas como tendo um valor aproximadamente igual a (-3), ou seja, qualquer ligação da classe XX deverá ser acrescentada ao diagrama enquanto diagramamos a classe I.

Dessa forma, desenharemos de seis a oito diagramas, desenvolvendo-os e aperfeiçoando-os, antes de alcançarmos uma posição ótima. O diagrama estará completo quando todas as inter-relações da carta estiverem diagramadas e o arranjo do diagrama estiver representando as proximidades desejadas da melhor forma possível: as atividades cujas inter-relações são da classe A estarão bem próximas uma das outras, as da classe XX estarão bem distantes e as classes intermediárias estarão convenientemente colocadas. Uma revisão deve ser feita para verificar se nenhuma inter-relação ou atividade foi esquecida.

O diagrama acabado representa a interligação teórica ideal das atividades, independente da área necessária para cada uma e antes que se tenha levado em conta o sistema de movimentação de materiais, estocagem ou outras considerações de mudanças. A Fig. 6-6 nos mostra um exemplo deste procedimento antes da colocação das cores.

#### Aperfeiçoamentos

Ao fazermos o diagrama, devemos impedir que as linhas de conexão fiquem desnecessariamente emaranhadas e para isso podemos retirar algumas atividades e inter-relações do diagrama. Por exemplo, os telefones podem ser instalados em qualquer ponto, logo eles não foram diagramados quando acrescentamos as classes O e X no exemplo da Fig. 6-5.

Quando uma atividade deve ficar próxima de muitas outras, podemos representá-la deformando seu símbolo característico, o que nos auxiliará na visualização das inter-relações diagramadas. A Fig. 6-5 também nos mostra isso — inicialmente para os telefones e, no Diagrama 4, para as janelas.

Desde que uma atividade seja ligada a muitas outras, isso é sinal de que ela pode ser dividida ou descentralizada. Este procedimento é correto especialmente com relação a banheiros, salas de descanso, escritórios de mestres, arquivos, estoques e vários tipos de suprimentos.

Apontamos duas formas de preparação do diagrama. Podemos trabalhar a partir da carta de interligações preferenciais estudando uma atividade após outra e escolhendo as cores corretas para representar cada classe no diagrama. Checamos nos-

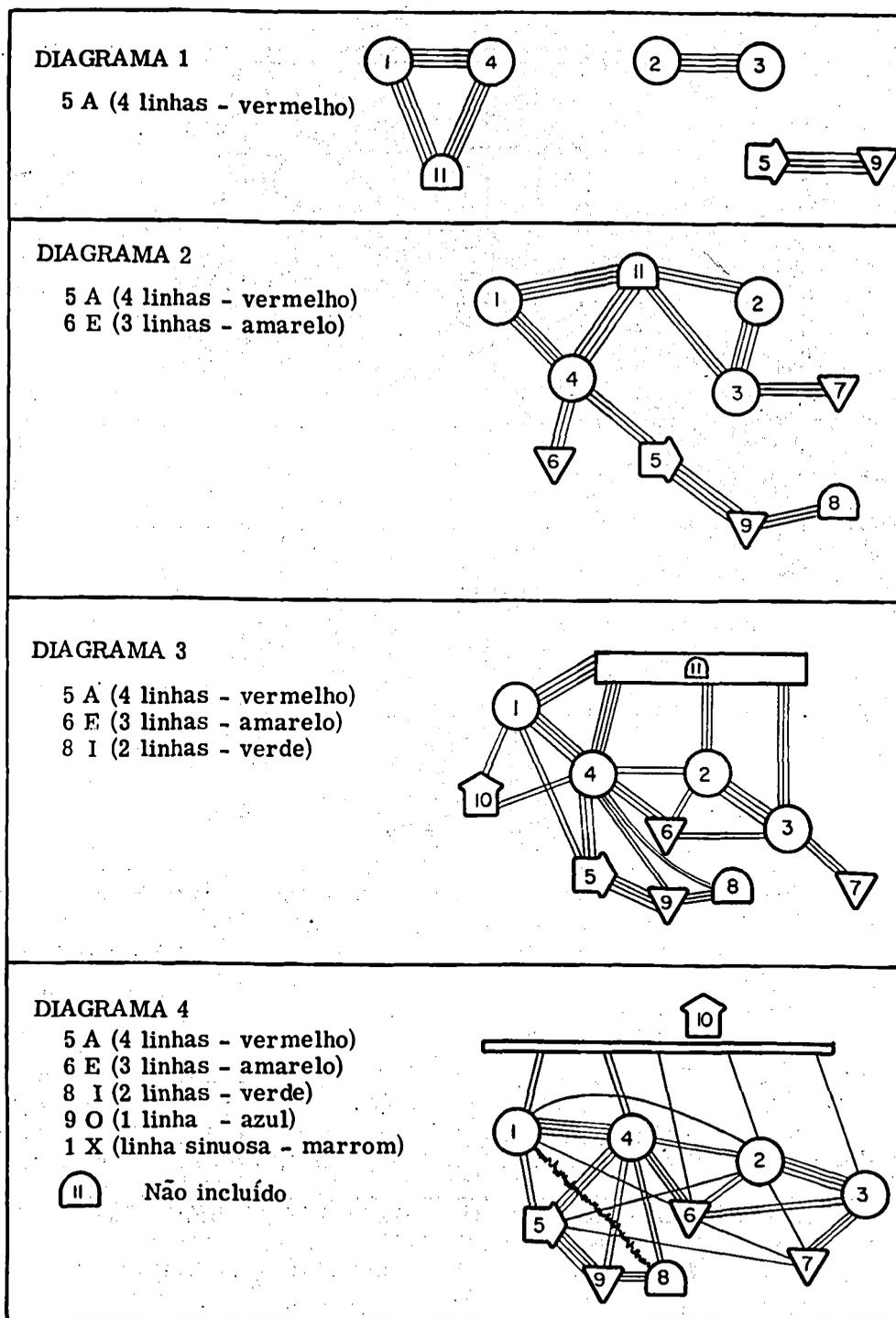


Figura 6-5 Procedimento de diagramação de inter-relações para o layout de uma pequena área de escritórios. Este exemplo é o mesmo da Fig. 5-2. Cada atividade é diagramada com seu símbolo e seu número de identificação. Essas convenções são parte inerente do sistema SLP. Observe que, em escritórios, o círculo é usado para representar operações burocráticas. As primeiras inter-relações a serem diagramadas são as classificadas com A (quatro linhas). Depois vêm as classificadas em E, e assim por diante. Note que a cada passo são feitos rearranjos para se conseguir a melhor configuração espacial. A atividade 11 (telefones) foi excluída do Diagrama 4 por ser totalmente descentralizada. Normalmente são feitos de três a oito diagramas para se conseguir um resultado satisfatório. Uma vez diagramados, os espaços destinados a cada atividade podem ser determinados, como será visto no Cap. 8

so trabalho a cada etapa, comparando o número de triângulos vermelhos, por exemplo, com o número de conexões de quatro linhas.

Um segundo método, usado quando se tem mais de vinte atividades, interpõe um outro passo. Este

correspondente à preparação de registros separados para cada inter-relação da carta, listando-os segundo a classificação de proximidades. O diagrama então é feito baseado nesta listagem, em vez de ser tirado diretamente da carta. Este passo in-

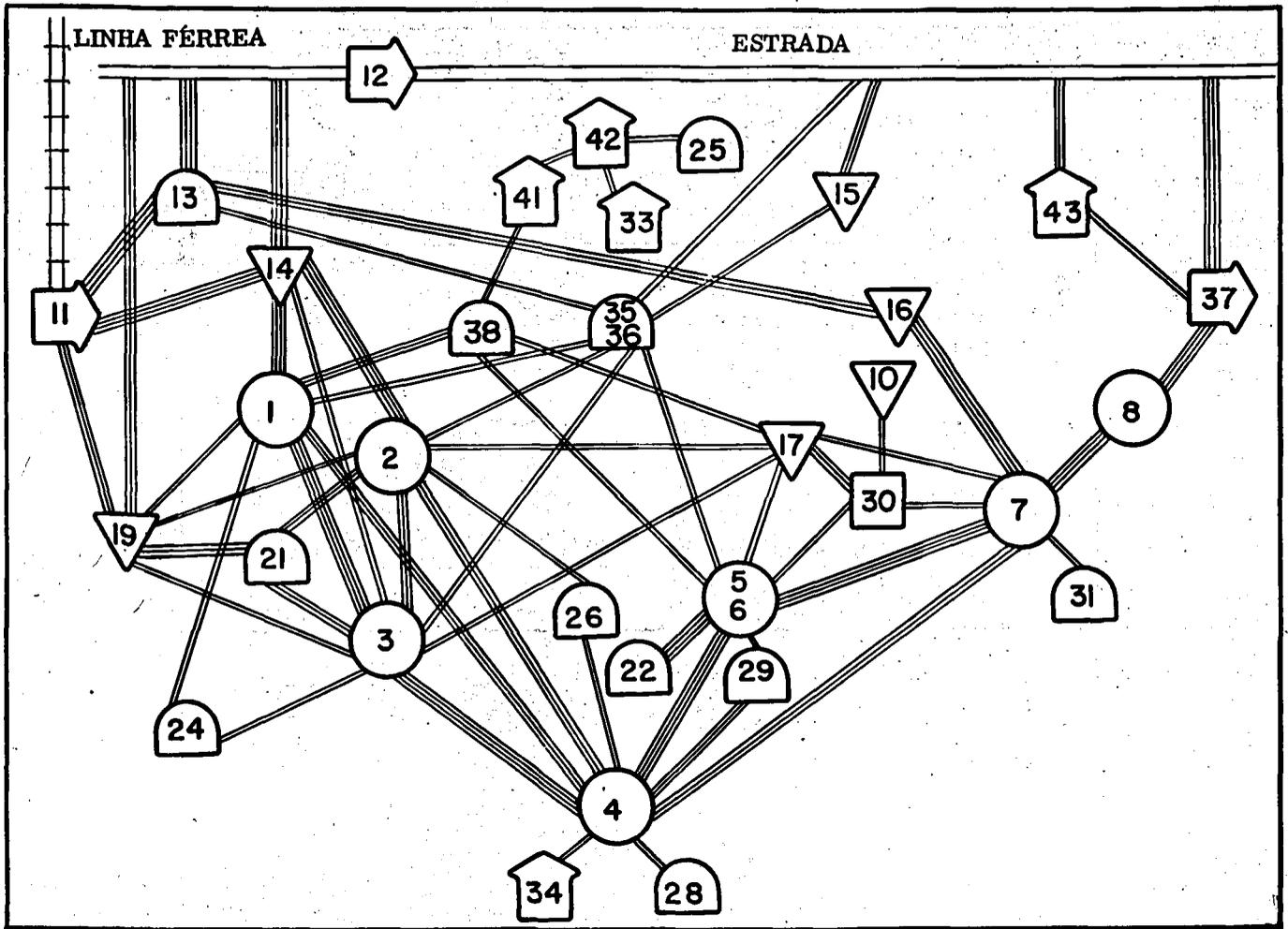


Figura 6-6 Um diagrama combinado de fluxo e outras relações que não o fluxo. Este diagrama só vai até a classificação "Importante" (2 linhas). As outras classificações virão depois. A linha férrea e a estrada estão colocadas apenas para facilitar a identificação dessas atividades posteriormente. É bom observar que as atividades 5 e 6 estão agrupadas - fato que deve ser ocorrido quando a construção da *Carta de interligações preferenciais*

intermediário auxilia a evitar erros, e em diagramas complexos, economizará tempo (ver Fig. 6-7).

Citamos, no Cap. 5, as conseqüências da transformação dos valores de intensidade de fluxo na

classificação AEIOU. Não podemos nos esquecer de que o cálculo desses valores de fluxo é baseado nas previsões de P, Q e R. É altamente improvável que essas previsões tenham precisão maior que

INTER-RELAÇÕES DAS ATIVIDADES POR CLASSIFICAÇÃO DE PROXIMIDADE	
Atividades A - Absolutamente necessário (4 linhas - vermelho)	
1. Prensas	e 3. Tornos
2. Laminador	14. Estoque de aço
3. Tornos	e 14. Estoque de aço
4. Tratamento térmico	e 4. Tratamento térmico
5 e 6. Rebolos (5)	e 5. Rebolos
Limpeza (6)	e 7. Montagem
	22. Resfriamento

Figura 6-7 Quando existem muitas inter-relações, uma análise delas pode evitar erros e esquecimentos além de garantir a aceitação das classificações. Isto é feito listando cada par de atividades e classificando-os segundo o grau de proximidade desejada. Começando pela classificação A. A diagramação será feita na mesma ordem. O exemplo da figura se refere ao da Fig. 6-6

12,5% — que é o limite de precisão da classificação AEIOU quando são utilizados os graus intermediários. Por essas e outras razões, o diagrama de inter-relações entre atividades e fluxo tem maior aceitação na maioria dos projetos de layout (ver Apêndice X).

Nossa explicação acerca da construção do diagrama se concentrou em operações a serem realizadas num mesmo andar. Em caso de vários andares, o procedimento é o mesmo. Começamos exatamente da mesma forma e fazemos o diagrama como se tratasse de um único andar. Quando as áreas de cada atividade já estão estabelecidas, começamos a desenvolver o diagrama de inter-relações entre espaços fazendo então os ajustes e rearranjos para serem adaptados a prédios com mais de um andar. O Apêndice XIII estabelece um procedimento específico para aplicações do SLP a edifícios de vários andares.

Algumas vezes temos um edifício já existente e, durante a confecção do diagrama, descobrimos que determinadas características não podem, definitivamente, ser alteradas (elevados, fundações etc). Então devemos identificá-las e listá-las na carta de interligações preferenciais considerando-as como atividade fixas durante a construção do diagrama.

### Considerações de localização

A diagramação das inter-relações pode ser feita não se levando em conta o local a ser utilizado. Isso nos dá liberdade para desenvolver o diagrama sem idéias preconcebidas e restrições ou a considerar as limitações práticas cedo demais.

Se assim procedermos temos grande possibilidade de descobrir contribuições reais para nossos planos de arranjo físico. Depois passamos ao ajuste do arranjo ideal às limitações práticas relativas aos elementos fixos e restrições de construção.

Por outro lado, poderia tomar muito tempo seguir este caminho. Além disso, em alguns casos, sabemos a priori que seremos obrigados a usar um local pré-estabelecido, sem nenhuma possibilidade de mudar as características do prédio. Nessas situações, será mais prático fazer a diagramação diretamente sobre a planta dos andares disponíveis.

Até agora, diagramamos somente as atividades e não os espaços que elas necessitam. Isto é, não nos preocupamos em montar as áreas conforme seu tamanho; estamos interessados somente em relacionar visualmente as atividades umas às outras de acordo com a proximidade relativa estabelecida. Mais tarde, o espaço necessário a cada a-

### PROCEDIMENTO PARA DIAGRAMAÇÃO DE INTER-RELAÇÕES

1. Identificar com nome e número as atividades (áreas ou características) a serem diagramadas. A codificação deve ser feita usando os símbolos correspondentes e de preferência, feita diretamente da Carta de interligações preferenciais.
2. Se ainda não foi feito durante a construção da Carta de interligações preferenciais, devem-se transformar as intensidades de fluxo de material na classificação da proximidade (A, E, I, O, U) combinando-as com outros tipos de inter-relações.
3. Diagramar as inter-relações A (4 linhas) primeiro (Diagrama 1).
4. Rearranjar de forma que as linhas de conexão tenham mesmo comprimento. Acrescentar as inter-relações E (3 linhas). Este será o Diagrama 3. Colocar as inter-relações XX (2 linhas sinuosas).
5. Rearranjar de modo que os comprimentos das inter-relações E sejam iguais entre si e valendo o dobro do comprimento das inter-relações I (2 linhas). Rearranjar o diagrama, se necessário.
6. Colocar as inter-relações X (1 linha sinuosa) e O (1 linha). Rearranjar o diagrama (duas ou três vezes) até conseguir um resultado satisfatório. O comprimento das linhas de inter-relações O deve ser quatro vezes maior que a das inter-relações A, e as outras inter-relações devem possuir comprimento proporcional.
7. Verificar e aprimorar o diagrama final. Ele será a base para o layout quando forem acrescentados os dados de espaço e forem feitos ajustes provenientes das considerações de mudança e limitações práticas.



tividade será incorporado ao diagrama. Mas no estágio atual nós trabalhamos somente com as atividades.

#### Conclusão

Apesar de existirem muitos métodos para a diagramação do fluxo de material e das relações entre atividades, o procedimento simples e ordenado descrito neste capítulo é o caminho mais rápido e prático. Muitos aprimoramentos podem ser feitos em projetos mais complexos ou sofisticados, mas

para a maioria dos casos esta técnica é adequada. De fato, este procedimento é uma técnica de aplicação universal no arranjo de inter-relações entre atividades em um modelo geográfico. Por isso é aplicável no planejamento de indústrias, empresas de prestação de serviços, escritórios etc. Além disso apresenta uma convenção específica para diagramar inter-relações de valor negativo, o que não é feito pelos outros métodos de diagramação.

A Fig. 6-8 traz um resumo do procedimento a ser seguido na construção do diagrama de fluxo e/ou inter-relações.