

Cláudio Monico Innocencio



# Instalações Industriais

# APRESENTAÇÃO

É com satisfação que a Unisa Digital oferece a você, aluno(a), esta apostila de *Instalações Industriais*, parte integrante de um conjunto de materiais de pesquisa voltado ao aprendizado dinâmico e autônomo que a educação a distância exige. O principal objetivo desta apostila é propiciar aos(as) alunos(as) uma apresentação do conteúdo básico da disciplina.

A Unisa Digital oferece outras formas de solidificar seu aprendizado, por meio de recursos multidisciplinares, como *chats*, fóruns, aulas *web*, material de apoio e *e-mail*.

Para enriquecer o seu aprendizado, você ainda pode contar com a Biblioteca Virtual: [www.unisa.br](http://www.unisa.br), a Biblioteca Central da Unisa, juntamente às bibliotecas setoriais, que fornecem acervo digital e impresso, bem como acesso a redes de informação e documentação.

Nesse contexto, os recursos disponíveis e necessários para apoiá-lo(a) no seu estudo são o suplemento que a Unisa Digital oferece, tornando seu aprendizado eficiente e prazeroso, concorrendo para uma formação completa, na qual o conteúdo aprendido influencia sua vida profissional e pessoal.

A Unisa Digital é assim para você: Universidade a qualquer hora e em qualquer lugar!

**Unisa Digital**

# SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>5</b>
<b>1 PLANEJAMENTO DE INSTALAÇÃO INDUSTRIAL .....</b>	<b>7</b>
1.1 Projeto de Fábrica - Definição.....	7
1.2 Noções sobre os Itens do Projeto de Fábrica .....	8
1.3 Fluxograma do Projeto de Fábrica .....	11
1.4 Resumo do Capítulo .....	11
1.5 Atividades Propostas.....	12
<b>2 PLANEJAMENTO DA CAPACIDADE .....</b>	<b>13</b>
2.1 Demanda do Mercado: Noções Básicas .....	13
2.2 Medida da Capacidade.....	15
2.3 Avaliação Econômica de Alternativas de Capacidade.....	17
2.4 Resumo do Capítulo .....	19
2.5 Atividades Propostas.....	19
<b>3 LOCALIZAÇÃO DAS EMPRESAS .....</b>	<b>21</b>
3.1 Introdução.....	21
3.2 A Expansão e a Localização Industrial .....	22
3.3 Seleção da Região e do Lugar.....	23
3.4 Tipos de Localização .....	28
3.5 Modelos de Avaliação para a Localização das Empresas .....	28
3.6 Resumo do Capítulo .....	32
3.7 Atividades Propostas.....	33
<b>4 DIMENSIONAMENTO DE FÁBRICA.....</b>	<b>35</b>
4.1 Introdução.....	35
4.2 Problemas Decorrentes da Falta de um Estudo de Dimensionamento .....	35
4.3 Dimensionamento da Matéria-Prima .....	36
4.4 Dimensionamento em Indústrias de Montagem ou de Produtos de Peças.....	37
4.5 Resumo do Capítulo .....	46
4.6 Atividades Propostas.....	46
<b>5 LAYOUT (ARRANJO FÍSICO) DE INSTALAÇÕES .....</b>	<b>47</b>
5.1 Introdução.....	47
5.2 Tipos de <i>Layout</i> .....	47
5.3 Desenvolvimento do <i>Layout</i> Funcional .....	50
5.4 Avaliação do <i>Layout</i> .....	50
5.5 <i>Layout</i> em Linhas de Montagem .....	51
5.6 Balanceamento de Linhas de Montagem para Produto Único.....	51
5.7 <i>Layout</i> em Células de Manufatura.....	52
5.8 Resumo do Capítulo .....	52
5.9 Atividades Propostas.....	52

<b>6 ERGONOMIA.....</b>	<b>53</b>
6.1 Projeto do Posto de Trabalho - Aspectos Ergonômicos.....	53
6.2 Princípios da Economia de Movimentos .....	53
6.3 A Área de Trabalho .....	54
6.4 Assentos .....	55
6.5 Ambiente de Trabalho .....	55
6.6 Posto de Trabalho em Escritórios .....	56
6.7 Resumo do Capítulo .....	57
6.8 Atividades Propostas.....	57
<b>7 MOTORES .....</b>	<b>59</b>
7.1 Seleção e Aplicação dos Motores Elétricos Trifásicos .....	59
7.2 Seleção do Tipo de Motor para Diferentes Cargas.....	62
7.3 Instalação.....	63
7.4 Motores Elétricos .....	68
7.5 Características da Rede de Alimentação .....	75
7.6 Corrente de Partida em Motores Trifásicos.....	76
7.7 Sentido de Rotação de Motores Trifásicos .....	78
7.8 Resumo do Capítulo .....	78
7.9 Atividades Propostas.....	78
<b>8 DIMENSIONAMENTO (NORMAS E SIMBOLOGIA) DE INSTALAÇÕES .....</b>	<b>79</b>
8.1 Símbolos Gráficos .....	79
8.2 Simbologia Hidráulica e Pneumática .....	80
8.3 Simbologia Elétrica .....	82
8.4 Simbologia de Instalações a Vapor .....	85
8.5 Resumo do Capítulo .....	87
8.6 Atividades Propostas.....	87
<b>RESPOSTAS COMENTADAS DAS ATIVIDADES PROPOSTAS .....</b>	<b>89</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>93</b>

# INTRODUÇÃO

Caro(a) aluno(a),

O objetivo geral do curso é oferecer a você subsídios para um estudo abrangente sobre as interfaces que ocorrem entre produtos e produção, pois para atingir resultados satisfatórios é preciso haver uma equalização envolvendo o mercado e o fornecimento de serviços e operações; principalmente quando nos referimos à produção ou ao chão de fábrica. Essa equalização é resultante de uma postura empresarial, quando a estratégia, o produto e as técnicas de manufatura e serviços são bem aplicados.

Esta apostila e a disciplina, como um todo, buscam apresentar uma análise abrangente sobre as instalações industriais e sua importância no cenário empresarial, visto o montante de variáveis que as definem e que são totalmente interligadas entre si, tais como: o planejamento, o custo, as pessoas, o equipamento, o marketing, o produto, a edificação etc. A partir dessas variáveis, busca-se uma fábrica com uma alta produtividade, através da organização da produção, de projetos dos produtos e dos processos aderentes às necessidades mercadológicas, de um *layout* bem balanceado para dar uma vazão perfeita ao processo, de equipamentos e/ou componentes bem dimensionados e de postos de trabalhos preocupados com uma performance ótima das pessoas.

Dentro dessa perspectiva, o conteúdo está organizado de forma a promover uma visão sequencial dos eventos para uma instalação industrial sem customizações. Dessa forma, analisaremos o planejamento do projeto e da capacidade; veremos também as simulações para uma boa escolha da localização da empresa; observaremos como deveremos dimensionar nossa fábrica; veremos como desenvolver um *layout* que nos ajude a fluir nossas produções; analisaremos os postos de trabalho, para uma produtividade atraente; e observaremos que equipamentos deveremos dimensionar, quando falamos de motores e acessórios hidráulicos, elétricos, pneumáticos e a vapor.

Será um prazer acompanhá-lo(a) nesta viagem técnico-gerencial ao mundo das instalações industriais.

*Cláudio Monico Innocencio*

Caro(a) aluno(a),

Neste capítulo, analisaremos quais são as variáveis que compõem um planejamento empresarial. Vamos iniciar a discussão?

## 1.1 Projeto de Fábrica - Definição

Para seu conhecimento, prezado(a) aluno(a), um projeto total no empreendimento é chamado “projeto de fábrica” ou “*plant design*”.

Abrange a ideia da aplicação do capital, do planejamento das finanças, da localização da fábrica e do planejamento necessário ao levantamento dos equipamentos a serem utilizados.

Diferencia-se, portanto, do estudo do “arranjo físico” ou *layout*, com o qual é frequentemente confundido.

*Layout* é o estudo da disposição das instalações industriais em um espaço. Nisto reside a distinção: *layout* é tão somente um dos itens do *plant design*.

Quando se analisa um projeto de fábrica, estudam-se os seguintes itens:

- levantamento do capital;
- projeto do produto;
- estudo de mercado e previsão de vendas;
- estudo e seleção dos processos produtivos;
- decisão de comprar ou fazer;

- dimensionamento da fábrica e de sua capacidade produtiva;
- escolha de faixa de concorrência;
- localização da indústria;
- arranjo físico;
- estudo do edifício industrial;
- previsão de diversificação na produção;
- desenvolvimento da organização.

## 1.2 Noções sobre os Itens do Projeto de Fábrica

### Levantamento do Capital

Vamos entender? Devemos começar pelo levantamento do capital.

O esquema abaixo mostra que, algumas vezes, se possui o capital, então se procura a sua aplicação; em outras, se possui a aplicação, existindo, portanto, procura do capital.

**Figura 1** – Relação do capital e a aplicação.



Fonte: Olivério (1985).

O levantamento do capital pode ser equacionado como um problema de oferta e procura na visão de um empresário: existe a necessidade do capital (procura); para suprir essa necessidade, o empresário vai às fontes de obtenção de capital (oferta).

Existe necessidade de capital (procura de capital) para:

- a constituição do empreendimento;
- cobrir os custos operacionais;
- modificar a estrutura financeira do empreendimento;

Existem as fontes de obtenção (oferta do capital):

- recursos próprios;
- empréstimos pessoais e bancários;

- empréstimos de companhias de investimento, crédito e financiamento;
- créditos comerciais;
- empréstimos de instituições financeiras governamentais;
- empréstimos de organismos internacionais de crédito;
- vendas de ações;
- lucro operacional.

#### Atenção

Caro(a) aluno(a), você deve empreender estudos sobre a viabilidade econômica sobre o projeto, antes dos empréstimos. Dica: lei sobre Engenharia Econômica.

### Projeto do Produto

Para conhecermos bem um produto, é preciso empreender um estudo eficiente do mercado e da seleção do processo produtivo.

Segundo Maynard, projeto do produto é “a determinação e especificação dos produtos que possam ser manufaturados e distribuídos lucrativamente, produzindo satisfação humana em seu consumo.”

Da definição de Maynard, podemos concluir que o produto necessita satisfazer 3 requisitos: funcional, construtivo e de vendas (OLIVÉRIO, 1985):

- **Funcional** – o produto deve desempenhar, perfeitamente, a função que o consumidor espera que desempenhe.
- **Construtivo** – como fazer, com o que fazer, onde fazer. O aspecto construtivo às vezes entra em choque com o aspecto funcional.

- **De vendas** – aqui se consideram certos aspectos de vendas, como aparência, vantagens, adicionais em relação aos concorrentes, aspectos da Engenharia Humana no dimensionamento do produto, e aspectos psicológicos como cores, “moda” etc.

## Estudo do Mercado e Previsão de Vendas

Este tópico é estudado em Macroeconomia, fornecendo dados importantes ao nosso projeto. Vamos levar em consideração:

- o tamanho do empreendimento;
- a capacidade de absorção do mercado;
- a seleção do processo produtivo;
- o tipo de *layout* (em linha de produção ou não);
- a propaganda e os esforços de venda;
- o tipo de distribuição do produto;
- a determinação do nível do pessoal administrativo e técnico administrativo.

### Saiba mais

**Macroeconomia:** é uma das divisões da **ciência econômica** dedicada ao estudo, medida e observação de uma economia regional ou nacional como um todo.

Fonte: Wikipédia (2012).

## Estudo e Seleção dos Processos Produtivos

Vamos considerar duas vertentes:

- **Técnicas** – segundo os conceitos vistos na tecnologia – dos processos produtivos;
- **Econômicas** – onde a comparação de alternativas segue as regras da matemática financeira.

São suas etapas (OLIVÉRIO, 1985):

- a determinação do tipo de equipamento a executar uma determinada operação;
- a determinação dos materiais mais adequados para a elaboração de um determinado produto;
- a determinação da sequência de fabricação necessária para a obtenção do produto final;
- a determinação do retorno do investimento com a escolha do equipamento mais adequado economicamente para aquela etapa de fabricação.

## Comprar ou Fazer

Em um estudo bem elaborado, deverão ser considerados todos os custos que serão alterados: custo da matéria-prima, custo da mão de obra direta e seus encargos, custo da depreciação do equipamento, custo da administração, custo de juro do material em estoque e em processamento, custo do ferramental etc.

Olivério (1985) aponta algumas conclusões feitas a partir de estudos realizados no mercado:

- Apenas 50% das firmas compravam seus produtos por motivos econômicos;
- Parcela da decisão de comprar era tomada porque não se possuía espaço suficiente para a produção de todos os itens. Nas recessões de vendas dessas empresas, as peças eram produzidas internamente;
- A decisão de fazer era muitas vezes tomada como uma maneira de integrar todas as operações da fábrica;
- Peças demasiadamente complexas são feitas e não compradas, por não se ter confiança em fornecimento externo para esses itens.



A quem cabe decidir? A produção decide? Engenheiros de processo, baseados nas tecnologias existentes na fabricação, decidem? O presidente da companhia? O que você acha, prezado(a) aluno(a)?

Preferimos concluir que as decisões ou as regras do comprar ou fazer não são de responsabilidade do projeto de fábrica e sim afetos à alta administração.

## Dimensionamento da Fábrica e da sua Capacidade Produtiva

O estudo do dimensionamento da fábrica será visto em outro capítulo.

## Escolha da Faixa de Concorrência

De uma maneira geral, podemos dizer que:

- com produtos de baixo preço unitário, espera-se pequeno lucro unitário e grande volume de vendas;
- com produtos de alto preço unitário, espera-se alto lucro unitário e pequeno volume de vendas.

Na escolha da faixa de concorrência, devemos lembrar que:

- se o mercado ao qual pertence o produto escolhido é de pura concorrência (ou competição pura), a empresa deve se sujeitar ao preço de produto no mercado, por não poder modificá-lo;
- se o mercado é **monopolístico**, ao contrário, a empresa impõe o seu preço;
- se o mercado está situado entre esses dois extremos, deve-se conhecer quanto a empresa pode influir no mercado.

## Dicionário

Monopólio: domínio completo do mercado, geralmente, pela união de várias empresas em cartéis ou trustes.

Fonte: <http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php?lingua=portugues-portugues&palavra=monop%F3lio>.

## Localização da Indústria

Este assunto será visto em outro capítulo.

## Arranjo Físico

Este assunto será abordado com maior detalhamento mais à frente.

## Estudo do Edifício Industrial

O edifício (construção predial) deve ser projetado após a definição do arranjo físico ou *layout*. O edifício tem como finalidade proteger os equipamentos e deve ser parte integrante do processo industrial.

São necessárias informações sobre:

- movimentação interna;
- área de *layout*;
- tipo de equipamento;
- processo produtivo;
- fatores humanos envolvidos, como iluminação, umidade, ventilação etc.

## Desenvolvimento da Organização

Para sua informação, nunca se deve esquecer o dinamismo de uma empresa. Uma fábrica dimensionada somente com os dados de hoje dificilmente satisfará as exigências futuras.

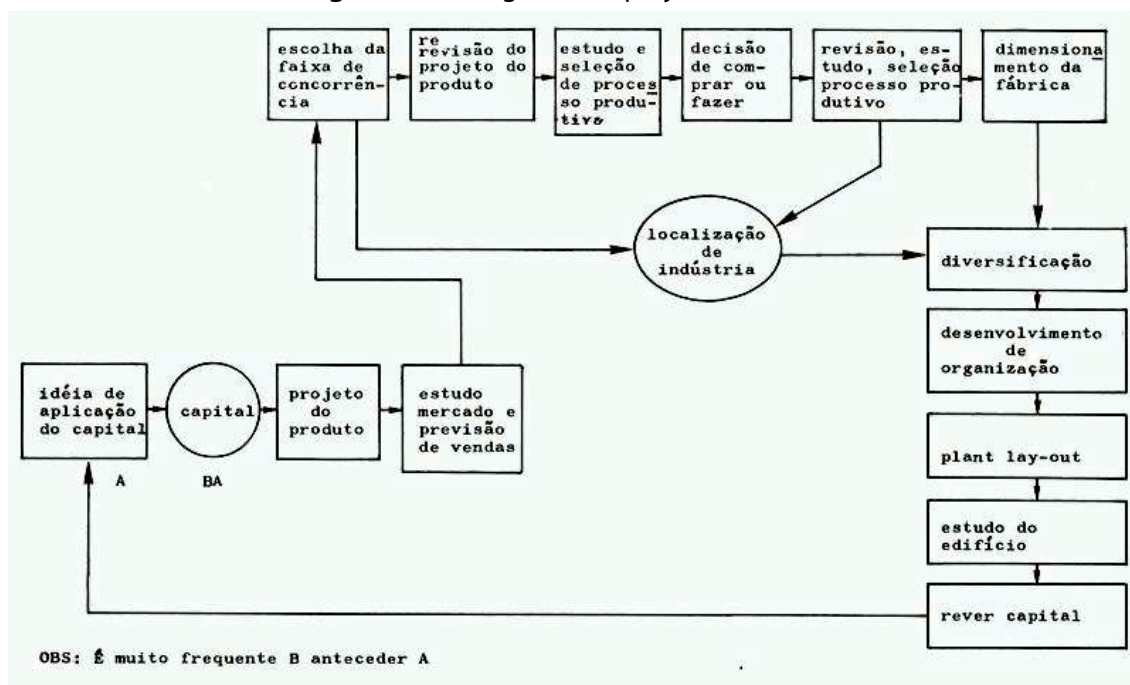
O que você deverá fazer (OLIVÉRIO, 1985)?

- Definir os objetivos da firma.
- Definir os objetivos das divisões da fábrica, de forma a possibilitar a obtenção do objetivo geral.
- Prever que a busca do objetivo final da empresa implica ampliações das seções, desmembramento de outras e criação de novas.
- Planejar uma fábrica que atenda ao presente e ao futuro.

### 1.3 Fluxograma do Projeto de Fábrica

Analise o fluxograma abaixo e verifique como acontecem as interações.

**Figura 2** – Fluxograma do projeto de fábrica.



Fonte: Olivério (1985).

### 1.4 Resumo do Capítulo

Caro(a) aluno(a),

Neste capítulo, estudamos como devemos planejar nossos projetos de fábrica, desde a ideia até a sua execução; porém considerando que todo o processo requer um planejamento até o final da implantação da fábrica.

## 1.5 Atividades Propostas

1. Quais são as etapas da seleção dos processos produtivos?
2. Indique qual é a alternativa que não tem ligação com o estudo do edifício industrial:
  - a) Movimentação interna.
  - b) Área de *layout*.
  - c) Edificação do fornecedor.
  - d) Processo produtivo.

## 2 PLANEJAMENTO DA CAPACIDADE

Caro(a) aluno(a),

Neste capítulo, trataremos de analisar quais são as variáveis que compõem um planejamento da capacidade da nossa fábrica.

Vamos analisar esse processo? Venha comigo!

Para uma decisão adequada quanto à localização, deve-se determinar qual a capacidade, onde e quando necessária. Uma análise adequada deve considerar a forma de medir a capacidade, determinar a demanda para os próximos anos e determinar qual é a capacidade a instalar. A análise deve incluir o desenvolvimento e a avaliação de alternativas para a tomada de decisão.

### 2.1 Demanda do Mercado: Noções Básicas

Conforme sabemos, dificilmente uma empresa isolada pode influir decisivamente na demanda do mercado: deve-se, principalmente, observar os fatores externos que a condicionam e saber analisá-los para suas conclusões.

Por que você deveria estudar a demanda do mercado quando do projeto da fábrica?

Porque esse estudo fornece dados vitais ao projeto, sem os quais se tornaria impossível qualquer planejamento.

A decisão da implantação de uma empresa repercute na operação da empresa durante um longo período de tempo, sendo necessário um estudo adequado da demanda para o futuro. A projeção da demanda fornece estimativas de necessidade ao longo do tempo.

#### Por exemplo:

Se existe o projeto de uma fábrica nova, dificilmente teremos dados seguros de venda e, mais ainda, da posição relativa da empresa face aos concorrentes. Quando se faz uma ampliação da fábrica, os dados de venda já são mais confiáveis

e se possui uma ideia mais realista da posição da empresa face aos concorrentes.

Se, nessas duas hipóteses, a fábrica é de produto existente, podem existir pressões dos concorrentes, descoberta de produtos que venham a substituir o atual na preferência do consumidor. Se o produto não existente, não existe curva de oferta e procura e o produto pode ser de demanda gerativa, ou seja, o produto e a propaganda irão criar a sua necessidade.

Então, teremos esquematicamente:

- Fábrica nova  $\Rightarrow$  Produto novo/Produto existente
- Ampliação de fábrica  $\Rightarrow$  Produto novo/Produto existente

A demanda de mercado fornece as seguintes informações:

### a) Volume de vendas e estrutura de preços

Devem ser conhecidos através da curva de oferta e procura do produto.

O volume de vendas é utilizado para o dimensionamento da fábrica; a estrutura dos preços auxilia os estudos dos planos de expansão.

### b) Requisitos de vendas

O levantamento dos requisitos poderá ser feito através de amostragem, em que as conclusões obtidas da amostra são extrapoladas para o universo. De outra forma, esses requisitos de vendas podem ser intuídos da observação dos costumes, modas, fatores psicológicos, ou estudados através da ergonomia; seu estudo possui estreita relação com o projeto do produto (ponto de vista funcional e de vendas).

Os requisitos de vendas são, portanto, interligados com o estudo de projeto do produto e auxiliam a seleção de processo produtivo (OLIVÉRIO, 1985).

### c) Posição no ciclo dos negócios

São duas as principais fases:

- expansão dos negócios;
- contração dos negócios.

Cada uma com duas divisões:

- **expansão** – conquista e prosperidade;
- **contração** – recessão e depressão.

Na expansão, exigem-se investimentos maiores porque há maior procura de máquinas e ferramental; na contração, o inverso sucede.

A posição no ciclo dos negócios auxilia os estudos do plano de expansão e oferta e procura de capital (OLIVÉRIO, 1985).

### d) Variações sazonais

Em poucas palavras, significa a variação da demanda do produto durante as estações do ano.

Um produto pode ter:

- **demanda constante durante o ano.** Ex.: lâmina de barbear, açúcar, sal etc.
- **demanda sazonal.** Ex.: brinquedos, ovos de páscoa etc.

#### Dicionário

Sazonal: relativo à sazão; próprio de uma estação do ano; que tem a duração de uma estação.

Fonte: <http://www.priberam.pt/dlpo/default.aspx?pal=sazonal>

O estudo das variações sazonais irá fornecer dados para o *layout* (estocagem) e para a oferta e procura de capital (capital de giro).

### e) Tipo de distribuição

A pesquisa do mercado nos fornece a faixa de mercado a ser atendida, e como o consumidor espera que o produto lhe seja oferecido.

Assim, teremos: distribuição direta ao consumidor; distribuição em grande escala ao intermediário, criação de redes de supermercados etc.

O tipo de distribuição orientará transportes e armazenamentos, e aspectos de venda (centros de distribuição, lojas, representações etc.) (OLIVÉRIO, 1985).

## 2.2 Medida da Capacidade

A capacidade é máxima produção (ou saída) de um empreendimento. Para que você entenda, em outras palavras, capacidade pode ser explicada como o nível máximo de atividade de valor adicionado que pode ser conseguido, em condições normais de operação e por um determinado período de tempo. A capacidade pode ser vista como:

- **capacidade do projeto, também denominada capacidade teórica:** aquela que o fornecedor ou fabricante dos equipamentos apresenta para o produto;
- **capacidade efetiva ou real:** a que o equipamento apresenta após o desconto de todos os tempos de parada tecnicamente necessários para que o equipamento ou o sistema implantado funcione adequadamente. Esses tempos podem ser os tempos de manutenções programadas obrigatórias, os tempos de preparação (tempos de *setup*), os tempos de aquecimento da máquina ou do processo, os tempos de limpeza e de descontaminação, entre outros.

Outro aspecto importante é não confundir capacidade com volume.

O volume de produção é o que produz atualmente, enquanto a capacidade é o máximo que pode ser produzido.

### Exemplo:

Em apenas um ano, a Petrobras dobrou a exportação média de petróleo. A empresa embarca diariamente cerca de 200 mil barris de petróleo do campo de Marlim, na Bacia de Campos (RJ). Em 2001, a média diária chegou a 100 mil barris. A estatal produz hoje mais de 1,5 milhão de barris/dia. A ideia é produzir 1,9 milhão de barris/dia em 2005. Com esse volume, a Petrobras não conseguirá refinar no país toda sua produção, por falta de capacidade instalada, necessitando de um investimento de cerca US\$ 4 bilhões em refino (MARTINS; LAUGENI, 2005).

A capacidade também depende das horas de trabalho que são determinadas para o funcionamento da empresa.

Finalmente, deve-se considerar se a capacidade deve ser medida em funcionamento de pico ou em funcionamento normal ou nominal.

Em algumas empresas, isso não faz sentido. Em uma fábrica de cimento, a capacidade é a denominada capacidade nominal – por exemplo, 5.000 toneladas por dia. Em que pese a fábrica poder produzir um pouco mais que isso, há várias razões técnicas que desaconselham uma produção fora dessa escala nominal. Veja como isso acontece:

### Exemplo:

A fabricante de motores Cummins (EUA) trabalhou na escala de pico, alguns anos atrás, devido a um aumento de demanda causado pela variação cambial do dólar. A fábrica trabalhou em três turnos, sete dias por semana. As horas extras cresceram e a produtividade diminuiu muito com os operários exaustos. Alguns operários novos, não tão bem qualificados, também foram contratados, diminuindo ainda mais a produtividade. Assim, apesar do sucesso de vendas, a empresa num período quadrimestral teve um prejuízo de US\$ 6,2 milhões (MARTINS; LAUGENI, 2005).

Assim, a definição do que deve ser tomado por base para a medida da capacidade depende se o foco é uma empresa de produtos ou uma empresa de serviços. Nas empresas de serviços, a capacidade é medida em função do insumo que

é entendido como o insumo mais crítico ou mais restritivo. Nas empresas industriais, a capacidade é definida em função do volume da produção que é desejada.

**Tabela 1** – Medida da capacidade na empresa.

<b>MEDIDA DA CAPACIDADE EM EMPRESAS INDUSTRIAIS E DE SERVIÇOS</b>		
<b>EMPRESA</b>	<b>INSUMOS</b>	<b>MEDIDA DE CAPACIDADE DE VOLUME DE PRODUÇÃO</b>
Fábrica de refrigerante	Horas máquinas disponíveis	Número de unidades/ano
Hotel	Leitos disponíveis	Nº de hóspedes/dia
Cinema	Número de assentos	Nº de espectadores/semana
Escola	Número de alunos	Nº de formados/ano
Fábrica de cimento	Volume do forno de clínquer	Toneladas/dia
Empresa de transportes	Número de poltronas	Nº de passageiros/ano
Usina hidroelétrica	Tamanho das turbinas	Potência gerada
Loja	Área da loja	Vendas/mês

**Fonte:** Martins e Laugeni (2005).

Assim, para determinar a capacidade, deve-se primeiro definir a forma de medi-la, considerando os aspectos de empresas multiprodutos e o tipo de empresa, caso necessário. Em seguida, devem-se verificar as horas de trabalho no empreendimento e se será considerado o pico de capacidade ou não.

#### **Saiba mais**

Forno de clínquer é o cimento numa fase básica de fabrico.

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Cimento>

#### **Capacidade a Instalar**

A projeção da demanda fornece estimativas de necessidades ao longo do tempo. A capacidade a ser instalada dependerá da precisão da estimativa da demanda e da parcela de mercado. Uma avaliação econômico-financeira do mercado e da empresa também deve ser realizada para ajudar a determinar a capacidade a instalar (MARTINS; LAUGENI, 2005).



## Exemplo 1

Vamos imaginar que a demanda projetada para todo o mercado seja:

**Tabela 2 – Demanda projetada.**

Ano	1	2	3	4	5
<b>Produto (Unid.)</b>	100.000	110.000	123.000	138.000	155.000

Fonte: Martins e Laugen (2005).

Sabe-se que a precisão da estimativa é de 10% (para mais ou para menos) para os anos 1 e 2, e de 20% para os demais anos. A empresa decide

que vai abranger uma participação de mercado de 35%. Portanto, o cenário de capacidades para a empresa é:

**Tabela 3 – Capacidades da empresa.**

Ano	1	2	3	4	5
<b>Capacidade máxima</b>	38.500	42.350	51.660	57.960	65.100
<b>Capacidade mínima</b>	31.500	34.650	34.440	38.640	43.400

Fonte: Martins e Laugen (2005).

Qual é a capacidade que a empresa vai considerar?

A decisão é bastante complexa e envolve o aspecto econômico-financeiro, além da questão da demanda do produto e da possibilidade que a empresa tem de abranger a parcela de mercado estipulada.

### Atenção

O cálculo estimado da capacidade da empresa tem que ser moldado em dados históricos, mercadológicos ou técnicos em função das máquinas.

## 2.3 Avaliação Econômica de Alternativas de Capacidade

A análise custo-volume ou do ponto de equilíbrio é uma das técnicas para um estudo de alternativas de capacidade.

O objetivo dessa análise é verificar como se relacionam os custos e a receita com a variação do volume de produção (ou capacidade produtiva).

Dividiremos os custos da seguinte maneira:

- **custos fixos:** são aqueles que não variam em qualquer que seja a quan-

tidade produzida. Alguns exemplos: impostos prediais, aluguel, custos de depreciação de máquinas e instalações, despesas administrativas, manutenções industriais, mão de obra indireta etc.;

- **custos variáveis (diretos sobre o produto):** são aqueles que variam diretamente com o volume de produção, tais como: matéria-prima, mão de obra direta etc. Podemos admitir que, à



medida que o volume de produção aumenta, os custos variáveis aumentam linearmente.

Considerando que:

CT = custo total de uma produção de Q unidades do produto

CF = custo fixo total

CV = custo variável (direto) unitário (custo para produzir uma unidade)

Q = quantidade produzida que corresponde ao lucro zero

PV = preço de venda unitário

R = receita total associada à produção

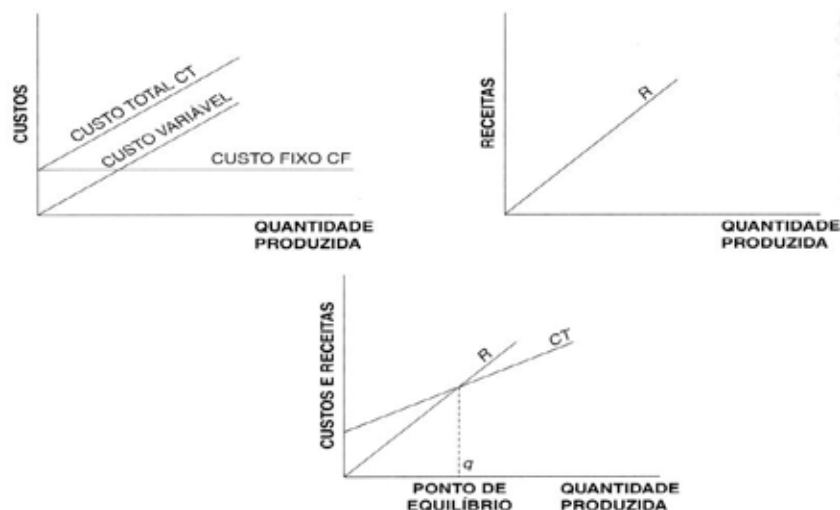
L = lucro

Concluimos que:

$$CT = CF + Q \cdot CV$$

$$Q = \frac{CF}{PV - CV} \text{ ou } \frac{L + CF}{PV - CV}$$

**Figura 3 – Custos, receitas e ponto de equilíbrio.**



Fonte: Moreira (2011).

### Exemplo:

Uma planta industrial apresenta custos fixos de R\$ 1 milhão mensais e custos diretos médios de produção da ordem de R\$ 150,00 por unidade produzida. O custo médio refere-se a uma linha de produtos semelhantes, cuja composição deverá permanecer aproximadamente constante. O preço médio de venda do produto pode ser assumido como R\$ 190,00 a unidade. Determinar:

- O ponto de equilíbrio para a planta.
- A produção necessária para proporcionar um lucro mensal de R\$ 160 mil.

### Solução

a) Ponto de equilíbrio

Temos:

$$CF = 1.000.000$$

$$CV = 150$$

$$PV = 190$$

Através da equação  $Q = \frac{CF}{PV-CV}$ , temos:

$$Q = \frac{1.000.000}{190 - 150} = 25.000 \text{ unidades}$$

b) Produção para o lucro de R\$ 160 mil.

Através da equação  $Q = \frac{L + CF}{PV-CV}$ , temos:

$$Q = \frac{L + CF}{PV-CV} = \frac{160.000 + 1.000.000}{190 - 150} = 29.000 \text{ unidades}$$

## 2.4 Resumo do Capítulo

Caro(a) aluno(a),

Determinada a capacidade com que a empresa vai operar, buscam-se as alternativas. Devem ser identificados os fatores que influem na localização e elaborados diferentes modelos de avaliação que permitam comparar as diversas localizações alternativas. Neste capítulo, foi vista também a necessidade de uma análise criteriosa entre os custos e as receitas e a variação do volume de produção (ou capacidade produtiva).

## 2.5 Atividades Propostas

1. Quais são as capacidades a serem dimensionadas no processo de projeto de fábrica?
2. Descreva como seria a distribuição no processo de demanda de mercado?

# 3

## LOCALIZAÇÃO DAS EMPRESAS

Caro(a) aluno(a),

Neste capítulo, analisaremos os critérios de escolha, para saber qual é o melhor lugar para edificar nosso projeto. Vamos acompanhar?

### 3.1 Introdução

É uma das etapas mais importantes do projeto de fábrica, exigindo uma análise bastante detalhada por parte do projetista, pois uma indústria mal localizada será continuamente afetada pela má localização.

Existe uma ligeira tendência de desconsiderar esse aspecto no projeto de fábrica. A atração por isenções fiscais passageiras e baixo custo de instalação, normalmente, posicionam uma indústria.

Muito frequentemente se encontram exemplos de indústrias mal localizadas. Ausência de disponibilidade de mão de obra, insuficiência de água para a operação, desconsideração da influência do clima no rendimento humano, e ausência de meios de comunicação adequados, rápidos e suficientes, para só citar alguns, são sintomas de que uma indústria foi posicionada sem estudo prévio, e que irá pagar no seu custo operacional as desvantagens de um estudo deficiente (OLIVÉRIO, 1985).

A seleção do local para a implantação de uma empresa, fábrica ou depósitos de produtos é uma decisão ligada à decisão diretamente influenciada pela estratégia empresarial.

Caro(a) aluno(a), quais razões estão levando a indústria têxtil a deixar Santa Catarina e São Paulo e ir para o Ceará?

Já para as empresas de serviço, os fatores importantes costumam ser a rede de transporte e comunicações, a proximidade com o mercado e com os concorrentes, a facilidade de comunicação com os clientes e os aspectos locais, como a existência de estacionamento para clientes num consultório odontológico.

Como no exterior, novas empresas são continuamente criadas pelos técnicos que ali adquirem conhecimento, experiência e, principalmente, se sentem motivados a inovar. Essa base científica tem atraído um número crescente de empresas multinacionais, que procuram se aproveitar das pesquisas de produtos veterinários e medicinais, bem como compostos para cosméticos (MARTINS; LAUGENI, 2005).

Por exemplo, não foi por outra razão que se instalaram em Montes Claros a Biobrás, única fabricante brasileira de insulina, hoje controlada pela dinamarquesa NN Holding do Brasil, e a brasileira Vallée, indústria de vacinas e medicamentos veterinários.

## 3.2 A Expansão e a Localização Industrial

A expansão é um fator que necessariamente deve ser considerado em um estudo de localização, sendo uma meta da indústria.

Espera-se que, durante as atividades normais, a indústria venha a se expandir, devido a um aumento do mercado, a uma melhoria face à concorrência, ou pela diversificação da sua linha de produtos.

Dessa forma, no estudo da localização, deve-se fornecer condições necessárias para a indústria, quanto à sua futura expansão.

Motivos para que um estudo de expansão deve ser realizado são (OLIVÉRIO, 1985):

- as instalações industriais tornaram-se obsoletas;
- o mercado absorve mais que a capacidade produtiva das indústrias do mesmo ramo;
- o produto fabricado não corresponde aos anseios do consumidor, que exige mais qualidade, melhor desempenho e menor preço de aquisição do produto;
- a fábrica irá diversificar sua produção, sem alterar as quantidades atualmente produzidas.

A expansão pode ser:

### a) Expansão centralizada

Existe a expansão centralizada quando os acréscimos geradores da expansão são aplicados nas instalações existentes, debaixo da mesma administração industrial.

Na expansão centralizada, é interessante efetuar o estudo do funcionamento da empresa em vários níveis de produção.

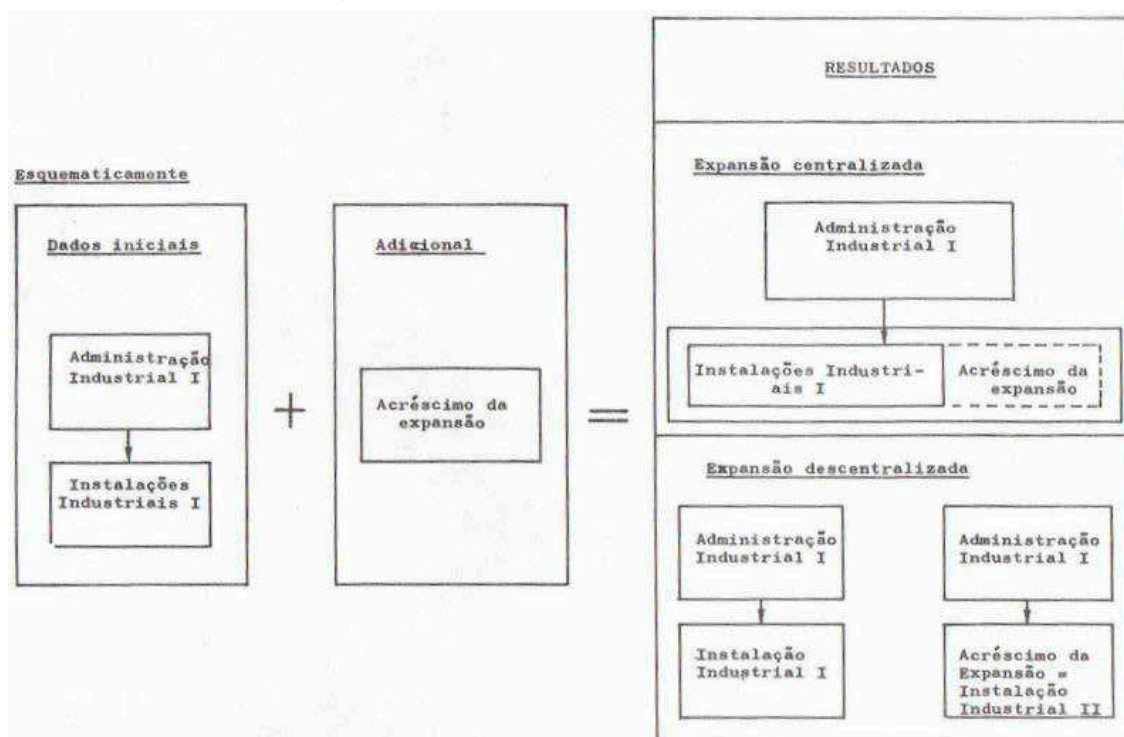
Existe sempre um tamanho ótimo operacional da empresa onde se obtém o lucro máximo: a operação desse ótimo é normalmente um dos objetivos do empresário. É o que nos ensina a lei dos rendimentos decrescente.

### b) Expansão descentralizada

Na expansão descentralizada, tais acréscimos são aplicados em novas instalações, subordinadas a outra administração industrial.

Com a descentralização, conseguimos algumas vantagens adicionais. Por exemplo:

- possibilidade de seleção de funcionários entre maior número de candidatos, já que o universo selecionado é maior;
- as melhores relações de trabalho que se conseguem em uma fábrica pequena;
- menor índice de absenteísmo;
- maior satisfação individual, devido à maior importância dada ao indivíduo;
- maior dedicação ao trabalho.

**Figura 4** – Esquema expansão e localização.

Fonte: Olivério (1985).

### 3.3 Seleção da Região e do Lugar

Na Tabela 4, são apresentados os fatores que devem ser estudados para a seleção da região e do lugar.

**Tabela 4** – Fatores para seleção de região e lugar.

Fatores que devem ser estudados na seleção	Da região	De lugar
Mercado	X	
Matéria-prima	X	
Clima	X	
Energia	X	X
Transportes	X	X
Mão de obra e salários	X	X
Leis e impostos	X	X
Serviços urbanos e atitudes de comunidade		X
Água e escoamento de resíduos		X
Comunicações		X

Fonte: Olivério (1985).

Detalhando os fatores de seleção da região, teremos:

### a) Mercado

Existem dois tipos de mercado de consumo:

- Concentrado;
- Disperso.

**Concentrado** – quase que obriga a localização da indústria em uma determinada região.

Por exemplo, as fábricas de autopeças são quase que exclusivamente localizadas nas proximidades de São Bernardo do Campo (SP);

**Disperso** – deve-se então localizar economicamente a indústria, de modo a se conseguir o menor custo de distribuição do produto.

#### Atenção

Prezado(a) aluno(a), não se deve esquecer, todavia, que a própria localização da indústria pode estimular as vendas na região de sua sede.

### b) Matéria-prima

Como o mercado de consumo, as fontes de matéria-prima podem ser concentradas ou dispersas.

No primeiro caso, podemos exemplificar com a localização de uma refinação de minério: a refinação deve ser localizada nas proximidades das fontes de carvão.

### c) Clima

O clima deve ser considerado quando da localização da indústria, porque:

- influencia rendimento humano, aumentando ou diminuindo o custo da mão de obra;
- influencia os processos industriais, afetando o custo e qualidade do produto.

Devem ser considerados os seguintes fatores em relação ao clima:

- temperatura média da região;
- estudos das variações sazonais de temperaturas;
- poluição atmosférica;
- grau de umidade do ar;
- pressão atmosférica;
- velocidade e direção dos ventos.

### d) Energia

Sob o ponto de vista da utilização de energia, devem ser obedecidas duas condições básicas (OLIVÉRIO, 1985):

- deve existir disponibilidade para o atendimento da demanda atual de energia;
- deve ou deverá existir energia que atenda às possíveis expansões da indústria.

**Fontes de informação:** Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica (CNAEE); Eletrobras; e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

### e) Transportes

No estudo da localização industrial, o transporte deve ser considerado por (OLIVÉRIO, 1985):

- tipo de carga e de descarga necessários ao material a ser transportado;
- urgência do transporte, devido às características do produto;

- necessidade de cuidados especiais no transporte: refrigeração, perigo de explosão etc.;
- custo unitário do transporte;
- levantamento dos transportes existentes e estudo da sua adequação às necessidades da empresa.

**Fontes de informações:** Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT); Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima (RFFSA); e IBGE.

#### f) Mão de obra

A mão de obra deve ser estudada sob os seguintes enfoques (OLIVÉRIO, 1985):

- disponibilidade atual;
- estabilidade do oferecimento da mão de obra – disponibilidade futura;
- custo;
- produtividade.

Para se estudar uma região ou local quanto à mão de obra, pode-se adotar um procedimento semelhante aos apresentados a seguir (OLIVÉRIO, 1985):

- existindo agências de emprego na região, estabelecer contato com as mesmas e examinar as fichas dos candidatos a emprego;
- não existindo, levantar informações nas escolas sobre o número de formados em cursos técnicos, administrativos, científicos e locais onde trabalham;
- levantar informações nas indústrias da região;
- examinar jornais para estudar as ofertas de emprego e as relações entre empregados e empregadores;

- colocar ofertas em jornais e estudar os candidatos, quando não existir outra alternativa;
- estudar o *turnover* da região (nas delegacias de trabalho) e determinar as causas.

**Outras fontes de informações:** Ministério da Educação (MEC) e IBGE.

#### g) Salários

O salário afeta muito o custo do produto.

Sobre o aspecto “salário”, é mais vantajosa a região que implica menor custo de mão de obra por unidade de produto fabricado.

Você deve avaliar o fator salário/produtividade que mede, com mais propriedade, a influência real do salário sobre o custo do produto.

Em estudo de localização de indústria, deve-se (OLIVÉRIO, 1985):

- comparar alternativas com níveis salariais e de produtividade diferentes;
- não se esquecer que uma vantagem salarial pode ser momentânea e que uma indústria deve ser localizada para servir também às condições futuras.

**Fontes de informações:** Anuário Estatístico da Previdência Social (AEPS) e IBGE.

#### h) Leis e taxas

Ao contrário de alguns países, a maior parte das leis que interferem com a produção possui, no Brasil, âmbito nacional.

Por isso, dificilmente precisaremos analisar duas regiões de legislação diferente.

- As leis trabalhistas possuem âmbito nacional.

- Os salários-mínimos variam de região para região.
- Existem leis federais sobre reflorestamento, eliminação de resíduos etc.

### Dicionário

Âmbito: circuito, recinto, espaço cerrado ou que se considera cerrado; campo de ação.

Fonte: <http://www.priberam.pt/DIPO/default.aspx?pal=%C3%A2mbito>

Quando se trata de isenção de determinações das taxas (OLIVÉRIO, 1985):

- não se pode esquecer de que é bem transitório;
- deve-se estimar sempre o tempo durante o qual irá existir a vantagem da taxa mais baixa;
- não se pode esquecer que, com a mudança do governo, tudo pode mudar.

**Fontes de informações:** Informações Objetivas (IOB).

#### i) Atitudes da comunidade e serviços urbanos

Aconselha-se (OLIVÉRIO, 1985):

- olhar o desenvolvimento urbano da região;
- olhar o nível cultural, social e educacional;
- procurar prever que influências pode a indústria ter sobre a comunidade;
- olhar o problema das greves e como são encaradas;
- não se esquecer que um dos grandes problemas da indústria é conservar o seu funcionário.

**Fontes de informações:** Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) e IBGE.

#### j) Água e eliminação de resíduos

Deve-se estudar (OLIVÉRIO, 1985):

- fluxos médios;
- fluxos máximos e mínimos;
- variações sazonais;
- composição química;
- fator pH;
- temperatura.

Existem leis no Brasil que regulam a eliminação de resíduos para evitar a poluição da atmosfera e da água.

Algumas vezes, no entanto, é de interesse da própria indústria a captação de resíduos, que podem ser reaproveitados nos processos industriais ou vendidos como subproduto.

Ex.: Ouro, material radioativo, cloro etc.

**Fontes de informações:** Ministério da Agricultura; prefeituras municipais e IBGE.

#### k) Comunicações

Deve-se verificar:

- a adequação dos transportes coletivos como meio de comunicação;
- as vias urbanas e os transportes individuais, como meios de comunicações;
- comunicações telefônicas;
- comunicações postais.

Poderemos acrescentar, ainda, os seguintes fatores de seleção do local:

- o edifício a ser construído;



- tamanho do terreno;
- vias de acesso: rodoviária, ferroviária e fluvial;
- dimensões mínimas das redes de água, gás e elétrica;
- volume de água a ser utilizado;
- requisitos das redes de esgoto;
- áreas de segurança para odores prejudiciais, barulho, fumaça etc.;
- pressão necessária à extinção de incêndios.

Em função da densidade populacional, existem três alternativas de localização:

- cidade;
- subúrbio;
- campo.

Detalhando estas três alternativas, teremos:

#### ▪ **Localização em cidade**

Você deve considerar as seguintes condições:

- mão de obra especializada;
- processos industriais que dependem de serviços urbanos: gás, coleta de lixo etc.
- necessidade de edifícios industriais de vários andares;
- contato rápido com fornecedores e consumidores;
- transporte rápido para os operários.

#### ▪ **Subúrbio**

Você deve considerar as seguintes condições:

- mão de obra semiespecializada ou feminina;
- menos gastos com impostos;
- operários que morem nas redondezas;
- maior facilidade de expansão;
- menor custo do terreno;
- proximidade dos grandes centros, sem as desvantagens dos grandes centros.

#### ▪ **Campo**

Você deve considerar as seguintes condições:

- necessidade de amplos espaços para operação e expansão da indústria;
- os mais baixos impostos e custos de terreno;
- mão de obra não especializada;
- salários mais baixos, para vencer a concorrência;
- moral de trabalho mais elevada;
- processo produtivo perigoso ou indesejável nas grandes cidades.

### 3.4 Tipos de Localização

A localização das empresas pode influir decisivamente na sua competitividade. Assim, surgiram outros tipos de agrupamento de empresas, tais como:

#### Condomínio Industrial

Muito utilizado no Brasil na implantação das montadoras de automóveis na década de 1990, o condomínio industrial caracteriza-se pela localização dos fornecedores dentro da planta da montadora, ou adjacente a ela. Os fornecedores são escolhidos pela montadora, que determina as características da planta do fornecedor e orienta estrategicamente todos os participantes do condomínio. Os produtos fornecidos são normalmente conjuntos montados, que podem ser fabricados por *joint ventures* criadas somente para uma linha de produto.

#### Saiba mais

*Joint venture* ou empreendimento conjunto é uma associação de empresas, que pode ser definitiva ou não, com fins lucrativos, para explorar determinado(s) negócio(s), sem que nenhuma delas perca sua personalidade jurídica.

#### Consórcio Modular

É uma ampliação do conceito de condomínio industrial, onde o fornecedor se localiza dentro da planta da montadora e é responsável por todas as etapas de montagem de seus itens no veículo.

#### Cluster

*Cluster* é um nome utilizado para caracterizar um agrupamento natural de empresas similares em determinada região geográfica, com as mesmas características econômicas e com um objetivo comum de competitividade.

#### Exemplo:

Na área industrial: a região de Montes Claros (MG) como *cluster* da área bioquímica.

### 3.5 Modelos de Avaliação para a Localização das Empresas

Os modelos podem ser classificados em fatores quantitativos e qualitativos.

#### Modelo de Avaliação de Fatores Quantitativos

Pode-se classificar em três alternativas:

#### 1. Modelo de centro de gravidade

No modelo do centro de gravidade, procura-se avaliar o local de menor custo para a instalação da empresa, considerando o fornecimento de matérias-primas e os mercados consumidores.

**Exemplo:**

Na rede a seguir, MP é um ponto de fornecimento de matérias-primas e PA é um ponto de consumo de produtos acabados.

A Localização Horizontal (LH) e a Localização Vertical (LV) são calculadas como mostrado nas Tabelas 5 e 6.

**Tabela 5** – Distribuição de locais.

DISTRIBUIÇÃO DOS LOCAIS					
km 500	MP1			PA 1	PA 2
km 400		MP2	PA3		
km 300	PA 4				
km 200					
km 100	PA5				MP3
km 0	100	200	300	400	500

Fonte: Martins e Laugení (2005).

**Tabela 6** – Custos e quantidades.

CUSTOS/QUANTIDADES				
DADOS				
Local	Quantidade (T)	Custo de transporte (por T por km)	Localização (horizontal e vertical)	
MP1	200	3	100	500
MP2	400	2	200	400
MP3	300	2	500	100
PA1	150	4	400	500
PA2	300	3	500	500
PA3	50	5	300	400
PA4	250	4	100	300
PA5	50	3	100	100

Fonte: Martins e Laugení (2005).

$$\text{Localização horizontal} = \frac{(200 \times 3 \times 100 + 400 \times 2 \times 200 + \dots + 250 \times 4 \times 100 + 50 \times 3 \times 100)}{(200 \times 3 + 400 \times 2 + 300 \times 2 + 150 \times 4 + \dots + 250 \times 4 + 50 \times 3)}$$

$$\text{Localização vertical} = \frac{(200 \times 3 \times 500 + 400 \times 2 \times 400 + \dots + 250 \times 4 \times 300 + 50 \times 3 \times 100)}{(200 \times 3 + 400 \times 2 + 300 \times 2 + 150 \times 4 + \dots + 250 \times 4 + 50 \times 3)}$$

$$\text{LH} = 1.400.000 / 4.900 = 285,7$$

$$\text{LV} = 1.845.00 / 4.900 = 376,5$$

O ponto X desejado representa a localização apropriada.

## 2. Método dos momentos

O método dos momentos é semelhante ao método do centro de gravidade, com a seguinte particularidade: a ponderação de um determinado centro (cidade) contra os demais centros existentes em uma determinada região geográfica. Para cada centro, calcula-se o momento que as demais cidades somadas possuem. O momento (M) é:

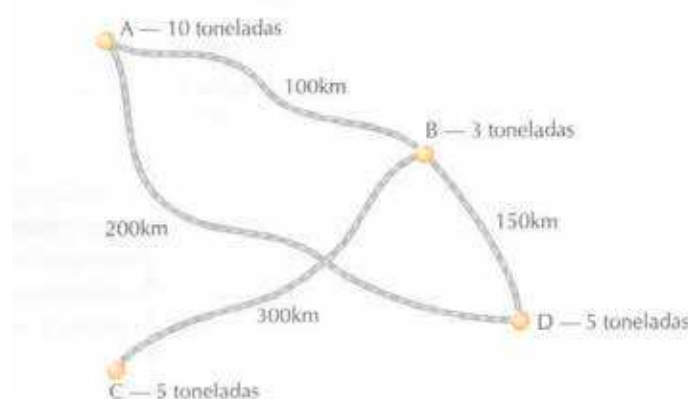
$M = (\text{custo unitário de transporte} \times \text{quantidade} \times \text{distância})$

O centro que tiver a menor soma de momentos será o escolhido.

### Exemplo:

Em um estudo de localização industrial, foi selecionada a região a seguir, que abrange as cidades A, B, C e D. Dado que os demais fatores de localização não favorecem nenhuma das cidades com relação às outras, vamos determinar a localização de mínimo custo de transporte. Supõe-se que os custos unitários de transporte são os mesmos para qualquer tipo de carga transportada e é independente da origem ou do destino da carga, sendo igual a \$ 2,00 por tonelada por quilometro transportado (\$ 2,00/t.km).

**Figura 5** – Distâncias entre polos.



**Fonte:** Martins e Laugeni (2005).

### Rede de transporte

Cálculos dos momentos:

$$A: \$2,00 \times 3t \times 100 \text{ km} + 2 \times 5 \times 400 + 2 \times 5 \times 200 = \$ 6.600,00$$

$$B: 2 \times 10 \times 100 + 2 \times 5 \times 300 + 2 \times 5 \times 150 = \$ 6.500,00$$

$$C: 2 \times 10 \times 400 + 2 \times 3 \times 300 + 2 \times 5 \times 450 = \$ 14.300,00$$

$$D: 2 \times 10 \times 200 + 2 \times 3 \times 150 + 2 \times 5 \times 450 = \$ 9.400,00$$

Portanto, a menos soma de momentos na cidade B.

### 3. Método do ponto de equilíbrio

No método do ponto de equilíbrio, são comparadas diferentes localidades em função dos custos totais de operação (custos fixos + custos variáveis).

#### Exemplo:

Uma empresa reduziu a provável localização de sua nova fábrica a três localidades: A, B e C. Com os dados de custos fixos e de custos variáveis, vamos determinar a melhor localização:

**Tabela 7** – Localidade X custos.

Localidade	Custos fixos por (\$)	Custo variável unitário (\$)
<b>A</b>	<b>120.000,00</b>	<b>64,00</b>
<b>B</b>	<b>300.000,00</b>	<b>25,00</b>
<b>C</b>	<b>400.000,00</b>	<b>15,00</b>

Fonte: Martins e Laugeni (2005).

Inicialmente, vamos representar as retas dos custos totais para cada localidade. O primeiro ponto de cada reta de custo é calculado para a

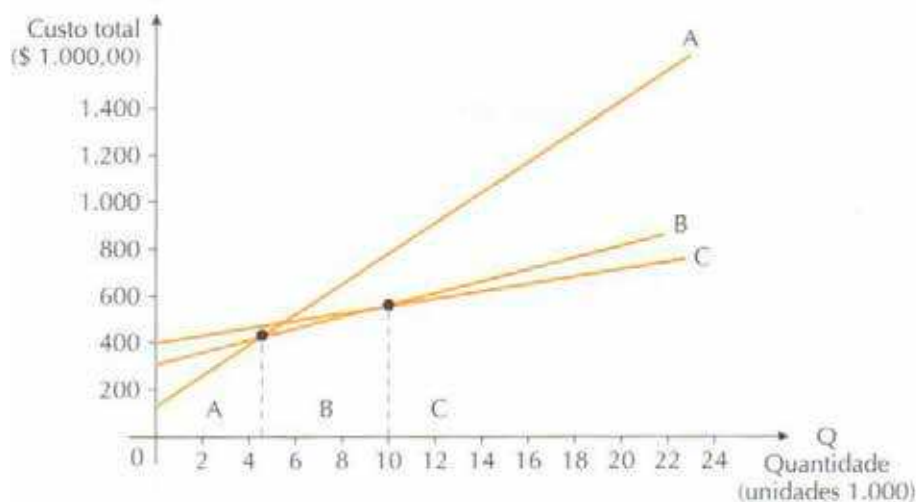
quantidade  $Q = 0$ , e é o próprio custo fixo de cada localidade. Vamos calcular o custo total para uma quantidade,  $Q = 20.000$  unidades. Teremos:

Custo total de A (em \$ 1.000,00) =  $120 + 64 \times 20 = \$ 1.400,00$

Custo total de B (em \$ 1.000,00) =  $300 + 25 \times 20 = \$ 800,00$

Custo total de C (em \$ 1.000,00) =  $400 + 15 \times 20 = \$ 700,00$

**Figura 6** – Custos x quantidade.



Fonte: Martins e Laugeni (2005).

Calculando os pontos de intersecção das retas, temos:

Intersecção entre A e B:  $120 + 64 \times Q = 300 + 25 \times Q$  e  $Q = 4.615$  unidades

Intersecção entre B e C:  $300 + 25 \times Q = 400 + 15 \times Q$  e  $Q = 10.000$  unidades

Para uma produção de até 4.615 unidades, a melhor localização é A: entre 4.615 unidades e 10.000 unidades, a melhor localização é B: e acima de 10.000 unidades, a melhor localização é C. Nos pontos de intersecção não há vantagens de custos de uma localidade com relação à outra.

### Avaliação de Fatores Qualitativos

Uma empresa deseja ponderar os fatores qualitativos de quatro cidades candidatas para sediar sua nova unidade. A empresa, inicialmente

definiu os fatores a serem considerados e atribuiu a cada um deles um peso, sendo que o total dos pesos soma 100. Posteriormente, pediu a seus principais executivos que atribuíssem a cada uma das cidades uma nota, entre 0 (pior condição) e 10 (melhor condição), para cada um dos fatores. Para cada cidade, tomou-se a nota média, e a tabela para a decisão final apresentou os resultados que seguem. Que cidade deve ser escolhida?

**Tabela 8** – Fatores qualitativos.

FATORES					
PESO	FATOR	NOTAS MEDIAS POR FATOR			
		A	B	C	D
10	Disponibilidade de pessoal	7,5	8,0	6,5	5,0
15	Aspectos sindicais	10,0	5,0	7,0	9,5
20	Restrições ambientais	5,0	7,5	9,0	6,5
15	Qualidade de vida	9,0	8,0	9,5	8,5
15	Suprimento de materiais	6,5	6,0	7,5	8,5
15	Isenção de impostos	5,0	8,0	8,0	8,5
10	Desenvolvimento regional	5,0	6,0	8,0	6,5
Total		682,5	695,0	805,0	770,0

Fonte: Martins e Laugeni (2005).

Dentro do critério apresentado, a cidade C seria a escolhida.

## 3.6 Resumo do Capítulo

Entre os fatores que influem na localização de uma empresa industrial, destacam-se por sua importância os fatores de pessoal, quanto à disponibilidade de pessoal qualificado e quanto à atitude sindical. De mesma importância são a localização dos mercados consumidores e a localização dos fornecedores de qualidade, e a qualidade da rede de transportes. De grande relevância também são as facilidades oferecidas, como isenção de taxas e impostos e a oferta de serviços específicos existentes no local, como água tratada, estação coletiva para tratamento de esgotos industriais, energia elétrica, linhas digitais para telecomunicação, escolas técnicas especializadas, hospitais, entre outros. Outros fatores importantes são a qualidade de vida, os aspectos culturais da religião, o clima, a proximidade de empresas do mesmo tipo, o custo do terreno e da construção, os regulamentos ambientais e as atitudes da comunidade.

### 3.7 Atividades Propostas

1. Qual é a diferença básica entre um *cluster* e um consórcio modular?
2. Qual é o fator que NÃO tem ligação com a seleção da região e do lugar:
  - a) Clima.
  - b) Transportes.
  - c) Mão de obra.
  - d) Capital de investimento.
  - e) Mercado.

## 4 DIMENSIONAMENTO DE FÁBRICA

Caro(a) aluno(a),

Neste capítulo, iremos dimensionar variáveis pertinentes à produção. Acompanhe, pois as variáveis são importantes e complexas.

### 4.1 Introdução

O dimensionamento da fábrica envolve todos os seus aspectos: direção, administração, parte técnica, produção, vendas etc.

No entanto, iremos estudar somente o dimensionamento de fatores diretamente ligados à produção: material direto, mão de obra direta, mão de obra de preparação, equipamento produtivo, ferramental.

Existe uma regra a comandar o dimensionamento:

Um estudo de dimensionamento é obrigatório em qualquer projeto de fábrica. Mesmo que não se possuam dados de vendas, o estudo deve ser realizado, caso contrário, será introduzida uma série de problemas que impossibilitam o satisfatório funcionamento da indústria.

### 4.2 Problemas Decorrentes da Falta de um Estudo de Dimensionamento

A fábrica nasce sob visão **empírica**, isto é, da observação das necessidades do todo e da experiência em atitudes para retificar sua concretização.

#### Dicionário

Empírico: que é baseado na experiência e na observação (ex.: *conhecimento empírico*).

Fonte: <http://www.priberam.pt/dlpo/default.aspx?pal=emp%C3%ADrico>

Não se possui um dado comparativo para se medir a eficiência da fábrica. Podemos dizer que os dados de vendas e dimensionamento podem ser olhados como meta a ser atingida, e a atuação executiva se faz através da comparação entre o desempenho atual e o previsto do projeto. Se a atual supera (ou iguala) o previsto, não há problemas, pois os estudos foram efetuados referindo-se à previsão e ela foi superada (ou igualada). Não sendo atingida a previsão, são possíveis dois tipos de falha: de projeto ou de execução. Se o erro é de projeto, este pode ser refeito em face da realidade, e teremos a meta refeita e atualizada,



possibilitando correções em tempo hábil, provavelmente. Se o erro é de execução, levantado através da comparação com o projeto, deve-se localizá-lo e corrigi-lo (OLIVÉRIO, 1985).

### 4.3 Dimensionamento da Matéria-Prima

Existem produtos que são formados pela mistura de matérias-primas e que, dessa forma, podem ser definidos a partir da porcentagem de seus componentes.

O quadro de composição percentual expresso a seguir exemplifica o dimensionamento de matéria-prima para esse tipo de produto.

**Tabela 9** – Composição centesimal de matéria-prima.

Misturas	1	2	3
Produto Final			
A	10	20	70
B	30	70	-
C	5		95
TOTAL	100%		
Mistura	1	2	3
Matérias-primas			
$\alpha$	20	80	95
$\beta$	30	10	
$\lambda$	50	10	5
TOTAL	100%		

Fonte: Olivério (1985).

Esse quadro, conjugado com a previsão de vendas, nos fornece o consumo de matéria-prima.

**Tabela 10** – Consumo de matéria-prima.

Misturas	1	2	3	PREVISÃO VENDAS
Produto Final				
A	5000 x 0,1 0,5 ton.	5000 x 0,2 1,0 ton.	5000 x 0,7 3,5 ton.	5000 kg
B	3,0	7,0		10000 kg
C	0,5		9,5	10000 kg
TOTAL	4,0 ton.	8,0 ton.	13,0 ton.	
$\alpha$	4 x 0,2 0,8	8 x 0,8 6,4	13 x 0,95 12,35	19,55 ton.
$\beta$	1,2	0,8		2,0 ton.
$\lambda$	2,0	0,8	0,65	3,45 ton.
TOTAL	4 ton.	8 ton.	13 ton.	

Fonte: Olivério (1985).

Do exemplo anterior, você poderá ver que o consumo de material direto será:

Matéria-prima  $\alpha$  \_\_\_\_\_ 19,55 ton.

Matéria-prima  $\beta$  \_\_\_\_\_ 2,0 ton.

Matéria-prima  $\lambda$  \_\_\_\_\_ 3,45 ton.

### Atenção

O dimensionamento da matéria-prima é melhor detalhado utilizando ferramentas como o *Material Resource Planning* (MRP), para o cálculo das necessidades de materiais.

## 4.4 Dimensionamento em Indústrias de Montagem ou de Produtos de Peças

Você verá que se pode classificar e traduzir alguns dimensionamentos através de situações problemas.

### Dimensionamento do Número de Equipamentos Necessários

#### Situação problema 1

Vamos considerar o seguinte em um equipamento (torno):

- Tempo de preparação ( $S_2$ ).
- Tempo de usinagem ( $S_3$ ).
- Tempo de utilização do equipamento com eficiência de 100% ( $S$ ).
- $S = S_2 + S_3$ .

Considerando-se a eficiência de 85% ( $St$ ), temos:

$$St = S/0,85$$

Caso tenhamos uma previsão de vendas de 50.000 produtos A por ano, e 200 dias úteis por ano, teremos uma produção necessária de 250 produtos A por dia. Seja um dia de trabalho, de 8 horas ou 480 minutos, utilizando matérias-primas como aço 1045 e A1. Calcule o nº de tornos.

O nº de tornos ( $N_t$ ) terá um dimensionamento de:

$$N_t = St. (250/480)$$

Ou

$$N_t = \frac{S_2 + S_3}{0,85} \times \frac{250}{480}$$

### Dimensionamento da Mão de Obra de Preparação ( $N_p$ )

O número mínimo de preparadores ( $N_p$ ), ainda aproveitando o exemplo anterior (torno), poderá ser calculado como:

$$N_p = \frac{S_2}{0,85} \times \frac{250}{480}$$

### Dimensionamento da Mão de Obra de Usinagem ( $N_u$ )

Supondo-se que a mão de obra não permaneça inativa enquanto se prepara a máquina, e que existe outro torno onde se possa trabalhar, teremos:

$$N_u = \frac{S_3}{0} \times \frac{250}{480}$$

Caso o próprio operário prepare a máquina:

$$N_p = \frac{S_2 + S_3}{0} \times \frac{250}{480}$$

### Dimensionamento da Matéria-Prima

Considerando o consumo da matéria-prima como:

- Consumo de matéria-prima 1045 por produto A (S4).
- Consumo de matéria-prima A1 por produto A (S5).

$$N_{1045} = S_4 \times 250 \text{ g/dia}$$

$$N_{A1} = S_5 \times 250 \text{ g/dia}$$

Para determinação de consumos mensais ou anuais, basta multiplicar as expressões acima pelo número de dias de trabalho contidos no mês ou no ano.

### Dimensionamento de Dispositivos, Ferramentas e Instrumentos de Controle

Deve-se proceder a sua catalogação e a pesquisa de dispositivos semelhantes que possam ser utilizados em duas ou mais operações. No caso simples de não existirem dispositivos semelhantes, nem necessidade dos mesmos em duplicata, o número total de dispositivos será a soma do número de dispositivos para cada uma das peças (OLIVÉRIO, 1985).

O dimensionamento pode ser feito de maneira análoga a que descrevemos.

#### Saiba mais

A manutenção deverá fazer parte desse dimensionamento, conjuntamente com a Engenharia, para melhor detalhamento dos projetos de dispositivos, ferramentas e instrumentos de controle.

### Dimensionamento para Vários Níveis da Previsão de Vendas

É interessante, nesta fase, estabelecermos o dimensionamento para vários níveis de produção. Para todos esses níveis, a tabela elaborada para o produto A permanece constante.

**Tabela 11** – Dimensionamento em níveis de produção.

Previsão vendas (diário)	Tôrnos			matéria prima (g)
	nº de operários usinagem	nº preparados	nº de equipamentos	
100	$\frac{S_3}{0,85} \times \frac{100}{480}$	$\frac{S_2}{0,85} \times \frac{100}{480}$	$\frac{S_2 + S_3}{0,85} \times \frac{100}{480}$	$S_4 \times 100$
200	$\frac{S_3}{0,85} \times \frac{200}{480}$	$\frac{S_2}{0,85} \times \frac{200}{480}$	$\frac{S_2 + S_3}{0,85} \times \frac{200}{480}$	$S_4 \times 100$
300	$\frac{S_3}{0,85} \times \frac{300}{480}$	$\frac{S_2}{0,85} \times \frac{300}{480}$	$\frac{S_2 + S_3}{0,85} \times \frac{300}{480}$	$S_4 \times 100$

Fonte: Olivério (1985).

## Situação problema 2

Uma fábrica de rodas estampadas deseja instalar um número de prensas que seja suficiente para produzir 1.000.000 de rodas por ano. Cada prensa deve trabalhar em 2 turnos de 8 horas por dia, com um trabalho útil de 6,9 horas/turno, e produzir uma roda a cada 0,8 minuto. Considerando que existe uma perda de 1% na produção e que o ano tem 300 dias úteis, quantas prensas são necessárias para atender à demanda estipulada?

- **Determinação da quantidade de rodas que cada prensa pode produzir por ano**

$$\text{Número de rodas} = \frac{6,9 \frac{\text{h}}{\text{turno}} \times 60 \text{ min/h}}{0,8 \text{ min} \times \text{prensa/roda}} = 517,5 \text{ rodas/prensa.turno}$$

O número de “rodas sem defeito” é:  $517,5 \times 0,99 = 512,33 \text{ rodas/prensa.turno}$ .

Em dois turnos serão produzidas:  $512,33 \times 2 = 1.024,66 \text{ rodas/prensa}$ .

Em um ano serão produzidas:  $1.024,66 \times 300 \text{ dias/ano} = 307.398 \text{ rodas/prensa.ano}$ .

- **O número de prensas**

$$\text{O número de prensas será: } N = \frac{1.000.000 \text{ de rodas/ano}}{307.398 \frac{\text{rodas}}{\text{prensa}} \cdot \text{ano}} = 3,25 \text{ prensas.}$$

## Dimensionamento de Mão de Obra Direta e Equipamentos (Outro Método)

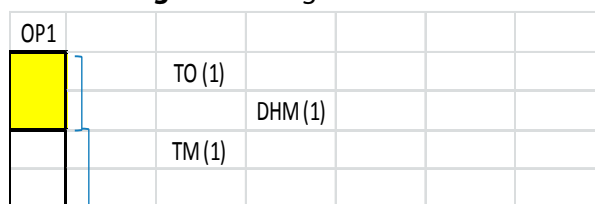
### Diagrama Homem-Máquina (DHM)

É a situação de trabalho que existe quando um operário atende 1,2,3,.....n máquinas, numa sequência predeterminada e existindo tempo-padrão para o atendimento de cada uma das operações.

Para você entender melhor veja, a seguir:

## ▪ Diagrama unitário

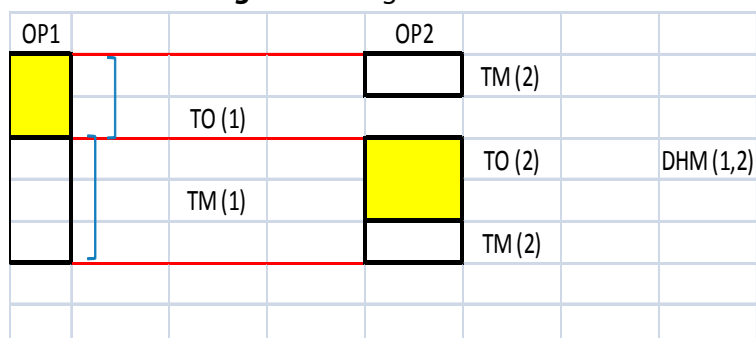
**Figura 7 – Diagrama unitário.**



Fonte: Olivério (1985).

## ▪ Diagrama binário

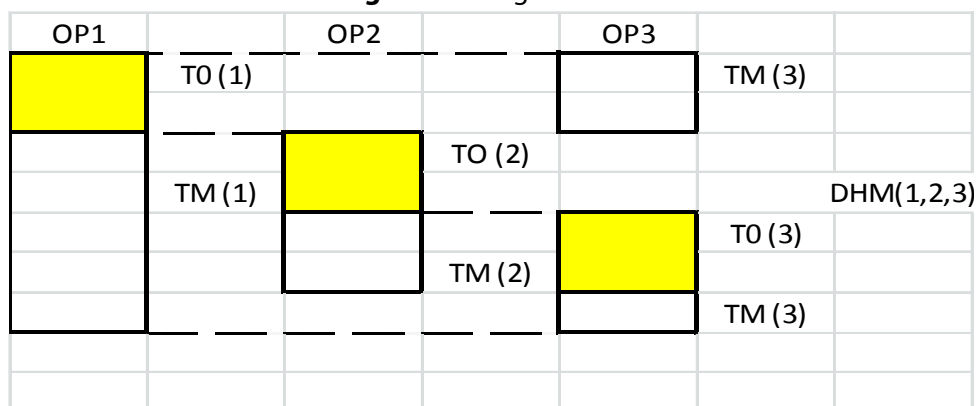
**Figura 8 – Diagrama binário.**



Fonte: Olivério (1985).

## ▪ Diagrama ternário

**Figura 9 – Diagrama ternário.**



Fonte: Olivério (1985).

Vamos falar de definições importantes para você entender melhor:

- **Tempo do Operário (TO):** é o tempo da parte da operação que não pode ser executada sem o concurso do operário.
- **Tempo da Máquina (TM):** é o tempo da parte da operação que é executada automaticamente pela máquina, sem a menor participação do operário.

- **Tempo da Unidade do Diagrama (TUD):** é o tempo gasto para se executar uma só vez as operações de um mesmo diagrama. É o tempo de ciclo.
- **Tempo de Ciclo:** tempo de produção de uma peça ou operação.

Vamos pensar:

- **DHM Unitário.** OP 1:  $TUD(1) = TO(1) + TM(1)$
- **DHM Binário.** OP 1 e OP 2:

a)  $TO(1) \geq TM(2)$  e  $TO(2) \geq TM(1)$ , geram:

$$TUD(1,2) = TO(1) + TO(2)$$

$$TO(1) < TM(2) \text{ e/ou } TO(2) < TM(1)$$

Então, verifica-se:

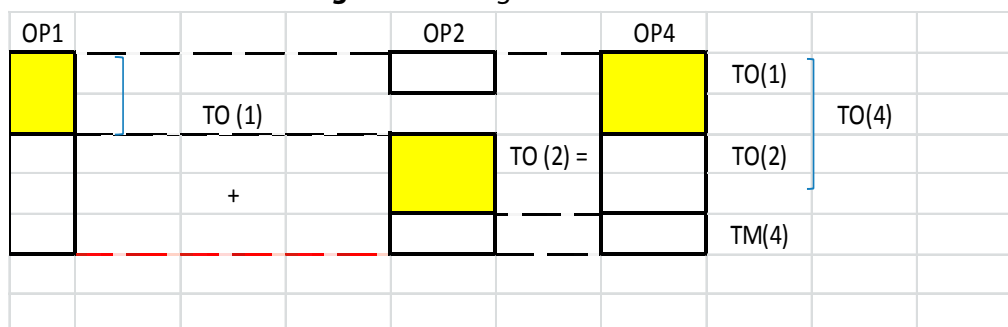
$$[TO(2) + TM(2)] - [TO(1) + TM(1)] > 0, \text{ então: } TUD(1,2) = TO(2) + TM(2) = TUD(2)$$

$$[TO(2) + TM(2)] - [TO(1) + TM(1)] < 0, \text{ então: } TUD(1,2) = TO(1) + TM(1) = TUD(1)$$

$$[TO(2) + TM(2)] - [TO(1) + TM(1)] = 0, \text{ então: } TUD(1,2) = TUD(1) \text{ OU } TUD(2)$$

- **DHM Ternário:** Combinando 1 com 2 e consequentemente definindo uma operação OP4 teremos:

**Figura 10 – Diagrama combinado.**



Fonte: Olivério (1985).

$$TO(4) = TO(1) + TO(2) \quad e \quad TM(4) = TUD(1,2) - [TO(1)+TO(2)]$$

Combinando OP3 com OP4, utilizando as regras de DHM binário teremos:

b)  $TO(4) \geq TM(3)$  e  $TO(3) \geq TM(4)$ , geram:

$$TUD(1,2,3) = TO(4) + TO(3)$$

$$TO(4) < TM(3) \text{ e/ou } TO(3) < TM(4)$$

Então, verifica-se:

$$[TO(3)+TM(3)] - [TO(4)+TM(4)] > 0, \text{ então: } TUD(1,2,3) = TO(3) + M(3) = TUD(3)$$

$$[TO(3)+TM(3)] - [TO(4)+TM(4)] < 0, \text{ então: } TUD(1,2,3) = TO(4)+TM(4) = TUD(4)$$

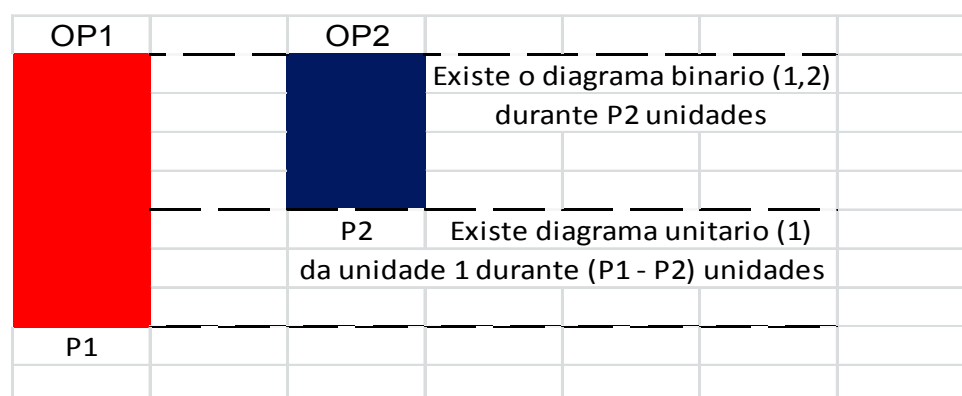
$$[TO(3)+TM(3)] - [TO(4)+TM(4)] = 0, \text{ então: } TUD(1,2,3) = TUD(4) \text{ ou } TUD(3)$$

- **Tempo Total de Execução de um Diagrama (TED):** é o tempo para se executar toda a produção prevista de peças de um diagrama.
- **DHM Unitário:** sendo P1 a produção prevista da operação 1.

$$TED(1) = TUD(1) \cdot P1$$

- **DHM Binário:** Sendo P1 e P2 as produções, e sendo  $P1 \geq P2$ , você poderá ter:

**Figura 11** – Diagrama produção x operação – binário.



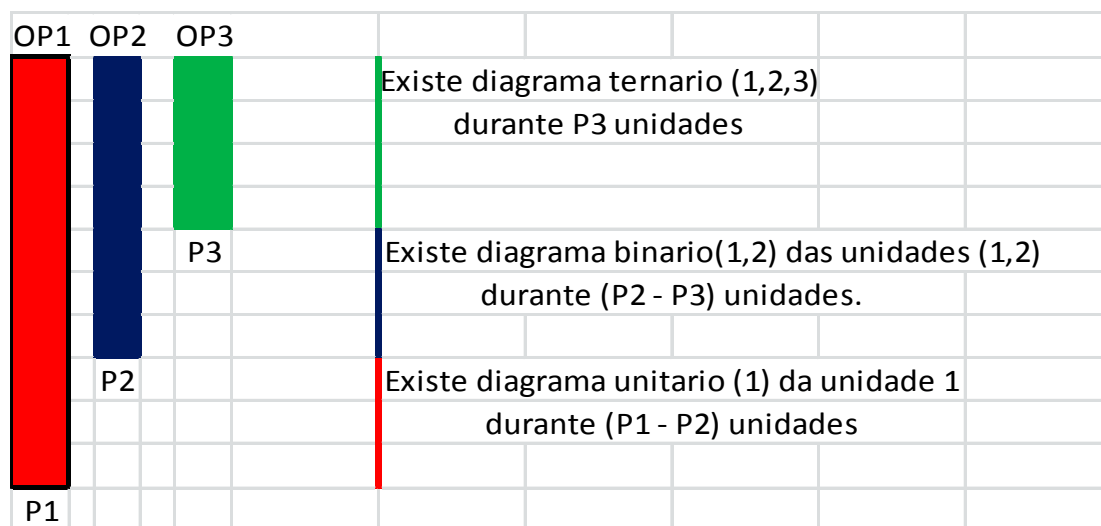
Fonte: Olivério (1985).

$$TED(1,2) = TUD(1,2) \cdot P2 + TUD(1) \cdot (P1 - P2)$$

### ▪ DHM Ternário

Caro(a) aluno(a), entenda P1, P2 e P3 como as produções, na condição que  $P1 > P2 > P3$ , então:

**Figura 12** – Diagrama produção x operação – ternário.



Fonte: Olivério (1985).

Portanto, teremos:

$$TED(1,2,3) = TUD(1,2,3) \cdot P3 + TUD(1,2) \cdot (P2 - P3) + TUD(1) \cdot (P1 - P2)$$

- **Combinação da DHM:** é qualquer conjunto de DHM que esgota todas as operações e que possua, uma e uma só vez, uma operação qualquer.

Suponha que existam 5 operações de 1 a 5 (OLIVÉRIO, 1985).

O seguinte conjunto de DHM é uma combinação: DHM(1), DHM(2), DHM(3), DHM(4), DHM(5), acompanhado de outra combinação DHM(1,3), DHM(4,5) e DHM(2).

A combinação DHM(1,2), DHM(4,5) NÃO EXISTE, pois a operação 3 NÃO PERTENCE ao conjunto.

A combinação DHM(1,2), DHM(2,3) e DHM(4,5) NÃO EXISTE, pois a operação 2 aparece 2 vezes no conjunto.

- **Tempo da Combinação de DHM (TC):** é a soma de TED dos DHMs que compõem a combinação.  
Representa-se: TC [DHM(1,2), DHM(3,4), DHM(5)].
- **Combinação de DHM de Ótimo Tempo (COT):** é a combinação que possui menor tempo da combinação de todas as combinações possíveis.
- **Tempo da Combinação de DHM de Ótimo Tempo (TCOT):** é a soma dos tempos dos DHMs que compõem a COT.



## Exemplos

### Exemplo 1

**Tabela 12** – Dados para dimensionamento 1.

OP	TO	TM	P
1	4	7	30
2	7	6	20
3	7	5	10

Fonte: Olivério (1985).

Calcule os DHMs.

Solução:

#### ▪ DHM Unitário

$$\text{DHM}(1) \text{ TUD}(1) = \text{TO}(1) + \text{TM}(1) = 4 + 7 = 11$$

$$\text{TED}(1) = \text{TUD}(1) \cdot P_1 = 30 \cdot 11 = 330$$

#### ▪ DHM Binário

$$\text{DHM}(1,2) \dots \text{TO}(1) = 4 < \text{TM}(2) = 6$$

$$\text{TO}(2) = 7 = \text{TM}(2) = 7$$

$$[\text{TO}(2) + \text{TM}(2)] - [\text{TO}(1) + \text{TM}(1)] = (7 + 6) - (4 + 7) = 2 > 0$$

Então:

$$\text{TUD}(1,2) = \text{TO}(2) + \text{TM}(2) = 6 + 7 = 13$$

$$\text{TED}(1,2) = \text{TUD}(1,2) \cdot P_2 + \text{TUD}(1) \cdot (P_1 - P_2) = 13 \cdot 20 + 11(30 - 20) = 370$$

#### DHM (2,3)

$$\text{TO}(2) = 7 > \text{TM}(3) = 5 \quad \text{TUD}(2,3) = \text{TO}(2) + \text{TO}(3) = 7 + 7 = 14$$

$$\text{TO}(3) = 7 > \text{TM}(2) = 6$$

$$\text{TED}(2,3) = \text{TUD}(2,3) \cdot P_3 + \text{TUD}(2) \cdot (P_2 - P_3) = 14 \cdot 10 + 13 \cdot (20 - 10) = 270$$

#### ▪ DHM Ternário

$$\text{DHM}(1,2,3)$$

$$\text{Como: } (4) = (1) + (2)$$

$$\text{TO}(4) = \text{TO}(1) + \text{TO}(2) = 4 + 7 = 11$$

$$\text{TM}(4) = \text{TUD}(1,2) - \text{TO}(4) = 13 - 11 = 2$$

**DHM(4,3)**

$$TO(4) = 11 > TM(3) = 7 \quad TUD(4,3) = TO(4) + TO(3) = 11 + 7 = 18$$

$$TO(3) = 7 > TM(4) = 2$$

$$\begin{aligned} TED(1,2,3) &= TUD(1,2,3) \cdot P_3 + TUD(1,2) \cdot (P_2 - P_3) + TUD(1) \cdot (P_1 - P_2) \\ &= 18 \cdot 10 + 13 \cdot (20 - 10) + 11 \cdot (30 - 20) = 420 \end{aligned}$$

*Exemplo 2*

Efetuiremos o dimensionamento da mão de obra direta e dos equipamentos produtivos para a execução de uma peça A, com as operações 1, 2, 3 em DHMs ternários.

**Tabela 13** – Dados para dimensionamento 2.

EQUIPAMENTOS	OP	TO min./unid.	TM min./unid.
Torno	1	4	5
Fresadora	2	4	5
Furadeira	3	2	1

Fonte: Olivério (1985).

Solução:

Sejam:

Produção peça A:  $P = 500$  unid./dia.

Tempo da jornada diária =  $TJT = 500$  min./unid.

Cálculo do TUD

$$TUD(1,2,3) = TO(1) + TO(2) + TO(3) = 4 + 4 + 2 = 10 \text{ min./unid.}$$

Dimensionamento de mão de obra direta

Como o mesmo operário executa as operações 1, 2, 3, pois elas pertencem ao mesmo DHM, teremos:

$$\text{Nº de operários de mão de obra direta} = NO = \frac{TU \times P}{TJT} = \frac{10 \times 500}{500} = 10 \text{ operários.}$$

Dimensionamento de equipamentos

O tempo de execução da peça A em cada equipamento será de 10 min./unid., pois a cada 10 min. a peça é liberada do DHM.

Portanto:

$$\text{Nº de tornos} = N_T = \frac{TUD \times P}{TJT} = 10 \text{ tornos}$$

$$\text{Nº de fresadoras} = N_{Fr} = \frac{TUD \times P}{TJT} = 10 \text{ fresadoras}$$

$$\text{Nº de furadeiras} = N_{Fu} = \frac{TUD \times P}{TJT} = 10 \text{ furadeiras}$$

## 4.5 Resumo do Capítulo

Caro(a) aluno(a), depois desses cálculos, você verá que uma decisão final, com relação aos números dimensionados, dependerá da confiabilidade dos dados do modelo e da capacidade econômico-financeira da empresa.

## 4.6 Atividades Propostas

1. O que é e para que serve um DHM?
2. Quais são os riscos de um não dimensionamento de projeto?

# 5

## LAYOUT (ARRANJO FÍSICO) DE INSTALAÇÕES

Caro(a) aluno(a),

Neste capítulo veremos a importância do *layout*, também chamado arranjo físico, no pro-

cesso produtivo. Venha entender como funciona esse universo e depois ter a capacidade de simular situações diferentes.

### 5.1 Introdução

Planejar o *layout* de certa instalação significa tomar decisões sobre a forma como serão dispostos, nessa instalação, os centros de trabalho que ali devem permanecer.

Centros de trabalho são conceituados como alguma coisa que ocupe espaço: um departamento, uma sala, máquinas, bancadas etc.

Os três motivos que tornam importantes as decisões sobre o *layout* são:

- Elas afetam a capacidade da instalação e a produtividade das operações.
- Mudanças no *layout* podem implicar gasto considerável de dinheiro.
- As mudanças podem representar elevados custos e/ou dificuldades técnicas para futuras reversões.

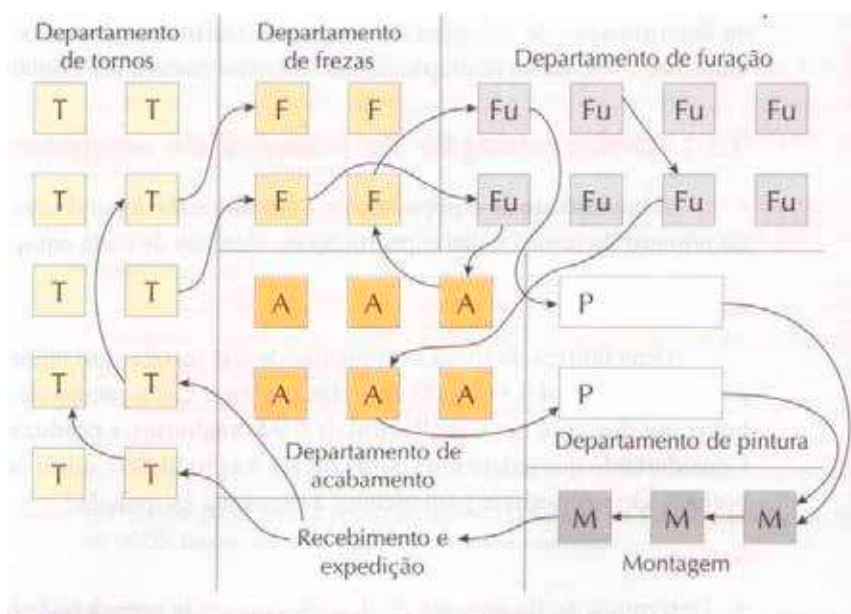
### 5.2 Tipos de *Layout*

Os tipos principais de *layout* são por processo ou funcional, em linha, celular, por posição fixa e combinados.

#### **Layout por Processo ou Funcional**

No *layout* por processo ou funcional, todos os processos e os equipamentos do mesmo tipo são desenvolvidos na mesma área e também operações ou montagens semelhantes são agrupadas na mesma área. O material se desloca buscando os diferentes processos.

O *layout* é flexível para atender a mudanças de mercado, atendendo a produtos diversificados em quantidades variáveis ao longo do tempo. Apresenta um fluxo longo dentro da fábrica, que é adequado a produções diversificadas em pequenas e médias quantidades. Esse *layout* também possibilita uma relativa satisfação no trabalho (MARTINS; LAUGENI, 2005).

**Figura 13 - Layout funcional.**

Fonte: Martins e Laugeni (2005).

### Layout em Linha

No *layout* em linha, as máquinas ou as estações de trabalho são colocadas de acordo com a sequência das operações e são executadas de acordo com a sequência estabelecida sem caminhos alternativos. O material percorre um caminho previamente determinado no processo.

É indicado para produção com pouca ou nenhuma diversificação, em quantidade constante ao longo do tempo e em grande quantidade. Requer um alto investimento em máquinas e pode apresentar problemas com relação à qualidade dos produtos fabricados. Para os operadores costuma gerar monotonia e estresse (MARTINS; LAUGENI, 2005).

**Figura 14 – Layout em linha.**

Fonte: Martins e Laugeni (2005).

## Layout Celular

O *layout* celular ou célula de **manufatura** consiste em arranjar em um só local (a célula) máquinas diferentes que possam fabricar o produto inteiro.

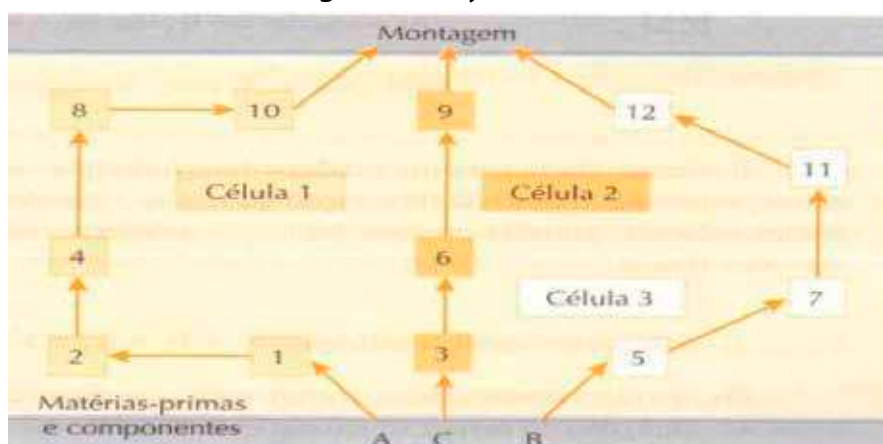
### Dicionário

Manufatura: obra feita à mão; grande estabelecimento industrial, fábrica.

Fonte: <http://www.priberam.pt/dlpo/default.aspx?pal=MANUFATURA>

O material se desloca dentro da célula buscando os processos necessários. Sua principal característica é a relativa flexibilidade quanto ao tamanho de lotes por produto. Isso permite elevado nível de qualidade e de produtividade, apesar de sua especificidade para uma família de produtos. Diminui também o transporte do material e os estoques. A responsabilidade sobre o produto fabricado é centralizada e enseja satisfação no trabalho (MARTINS; LAUGENI, 2005).

**Figura 15 – Layout celular.**



Fonte: Martins e Laugeni (2005).

## Layout por Posição Fixa

No *layout* por posição fixa, o material permanece fixo em uma determinada posição e as máquinas se deslocam até o local, executando as operações necessárias, conforme a Figura 16.

**Figura 16 – Layout posição fixa.**



Fonte: Martins e Laugeni (2005).

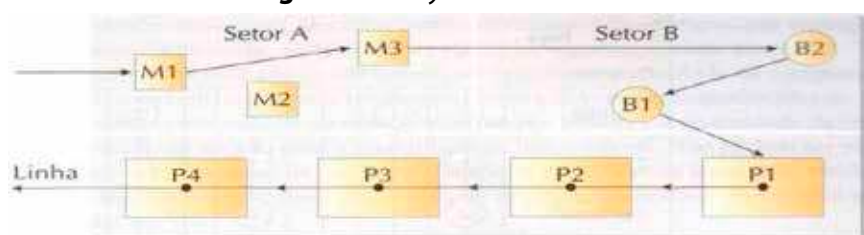
É recomendado para um produto único, em quantidade pequena ou unitária, e, em geral, não repetitivo. É o caso da fabricação de navios, grandes transformadores elétricos, turbinas, pontes rolantes, grandes prensas, balanças rodoferrviárias e outros produtos de grandes dimensões físicas (MARTINS; LAUGENI, 2005).

## Layouts Combinados

Os *layouts* combinados ocorrem para que sejam aproveitadas em um determinado processo as vantagens do *layout* funcional e da linha de montagem.

Pode-se ter uma linha constituída de áreas em sequência com máquinas de mesmo tipo, como o *layout* funcional, continuando posteriormente com uma linha clássica.

**Figura 17** – Layout combinado.



Fonte: Martins e Laugeni (2005).

## 5.3 Desenvolvimento do Layout Funcional

Devem ser estabelecidos os centros produtivos, de maneira a minimizar os custos de transporte de material, e devem ser alocados os demais centros da administração industrial, como

controle da qualidade, manutenção, almoxarifado, recebimento de materiais, expedição, entre outros.

## 5.4 Avaliação do Layout

A avaliação do *layout* deve ser realizada considerando-se seus aspectos quantificáveis e não quantificáveis. O aspecto quantificável refere-se ao custo de transporte dos materiais e é avaliado por:

$$\text{Custo do transporte} = \sum C_{ij} \times D_{ij} \times Q_{ij}$$

Em que:

$C_{ij}$  = Custo para transportar uma unidade entre a origem  $i$  e o destino  $j$

$D_{ij}$  = Distância entre a origem  $i$  e o destino  $j$

$Q_{ij}$  = Quantidade (ou volume) transportada entre a origem  $i$  e o destino  $j$

### Saiba mais

O custo de transportes pode ter muito mais variáveis em seu cálculo, que deve ser detalhado no estudo dos custos logísticos.

## 5.5 Layout em Linhas de Montagem

Entendemos como linha de montagem uma série de trabalhos comandados pelo operador, que devem ser executados em sequência e que são divididos em postos de trabalho, nos quais trabalham um ou mais operadores com ou sem o auxílio de máquinas.

### Atenção

O que se procura nesse tipo de layout é otimizar o tempo dos operadores e das máquinas, realizando o que se denomina balanceamento da linha.

## 5.6 Balanceamento de Linhas de Montagem para Produto Único

Para o balanceamento, deve-se, em primeiro lugar, determinar o tempo do ciclo. O Tempo do Ciclo (TC) expressa a frequência com que uma peça deve sair da linha ou, em outras palavras, o intervalo de tempo entre duas peças consecutivas.

Por exemplo, suponhamos que uma linha deva produzir 1.000 peças em 6,5 horas de trabalho. O tempo de ciclo é  $6,5 \times 60 \text{ minutos} / 1.000 = 0,39 \text{ minuto/peça}$ . Isto é, a cada 0,39 minuto, a linha deve produzir uma peça, para que seja alcançada a produção de 1.000 peças nas 6,5 horas disponíveis. Podemos expressar o tempo de ciclo como:

$$TC = \frac{\text{Tempo de produção}}{\text{Quantidade de peças no tempo de produção}}$$

A partir do tempo de ciclo, determinamos o número mínimo de operadores que, teoricamente, seriam necessários para que se tivesse aquela produção (número teórico, N):

$$N = \frac{\text{Tempo total para produzir uma peça na linha}}{\text{Tempo de ciclo}}$$

Sendo  $T_i$  o tempo da peça em cada operação, temos:

$$N = \sum T_i / TC$$

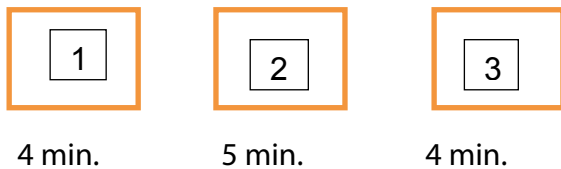
Em seguida, deve-se verificar se o número teórico de operadores é suficiente para os requisitos de produção, determinando-se o número real de operadores (NR). Esse número real é determinado por simulação, distribuindo-se os trabalhos em postos e alocando-se a cada posto de trabalho o menor número de operadores possíveis. Para essa alocação, devemos sempre considerar que o tempo de cada operador deverá ser menor ou, no limite, igual ao TC. Uma vez determinada a solução, calculamos a eficiência do balanceamento (E). A eficiência do balanceamento é igual a:  $E = N / NR$  (MARTINS; LAUGENI, 2005).

### Exemplo 1

#### Tempo da peça x tempo do ciclo

- Tempo da peça = tempo de todas as tarefas.
- Tempo de ciclo = intervalo de tempo entre duas peças consecutivas (tempo máximo).



**Figura 18** – Operações x tempo.

**Fonte:** Martins e Laugení (2005).

- Tempo da peça =  $4 + 5 + 4 = 13$  (considerando 1 operador).
- Tempo de ciclo =  $\text{máx.}(4,5,4)$  (para 1 operador por posto de trabalho).

### **Exemplo 2**

#### Cálculo do tempo de ciclo

$$C = \frac{\text{Tempo máximo disponível}}{\text{Produção desejada}} = \frac{40 \text{ h} \times 60}{6000} = 0,4 \text{ min./unidade}$$

## **5.7 Layout em Células de Manufatura**

O *layout* em células de manufatura baseia-se no trabalho cooperativo ou em time de pessoas que formam um grupo coeso com relação à

produção a realizar. Há muitas vantagens na formação das células: a qualidade, a produtividade e a motivação aumentam.

## **5.8 Resumo do Capítulo**

Para chegarmos ao *layout* da empresa, temos que seguir uma sequência lógica, partindo da localização da unidade industrial e passando pela determinação da capacidade, mostrando a importância do *layout* no processo.

## **5.9 Atividades Propostas**

1. Quais são os tipos de *layout* identificados neste capítulo?
2. Explique o que é o tempo do ciclo?

## 6 ERGONOMIA

Caro(a) aluno(a),

Neste capítulo, iremos abordar dois fatores importantíssimos no processo de implantação da fábrica: o estudo dos tempos e os métodos de trabalho. Esses fatores resumem-se na **Ergonomia**. Convidamos você para acompanhar de perto esse assunto e desenvolver o sentido da experiência (balão de ensaio).

### Dicionário

Ergonomia: estudo das relações entre o trabalhador e o equipamento usado por este para realizar seu trabalho, da relação homem-máquina.

### 6.1 Projeto do Posto de Trabalho - Aspectos Ergonômicos

O trabalho e o local de trabalho devem se adequar ao homem, e não o contrário.

Nos trabalhos desenvolvidos manualmente, devemos abordar alguns aspectos fundamentais, como quais os movimentos que o operador realiza e quais as características do posto de trabalho e condições do ambiente de trabalho.

### Saiba mais

A **Ergonomia** é foco do processo fabril desde a Revolução Industrial, com Frederick Taylor que estruturou a Administração Científica, com o objetivo de medir a eficiência individual, através dos estudos de tempos cronometrados e os métodos.

### 6.2 Princípios da Economia de Movimentos

Os princípios da economia de movimentos representam 22 regras básicas (MARTINS; LAUGENI, 2005).

#### Princípios para o uso do corpo humano

1. As mãos devem iniciar os movimentos ao mesmo tempo.
2. As mãos não devem permanecer paradas ao mesmo tempo (a não ser em períodos de descanso).
3. Os braços devem ser movimentados simetricamente e em sentidos opostos.
4. O movimento das mãos deve ser o mais simples possível.
5. Deve-se utilizar o pulso.

6. As mãos devem executar movimentos suaves e contínuos.
7. Devem ser utilizados movimentos balísticos, por serem mais precisos.
8. Deve-se manter o ritmo do trabalho.
7. O assento deve seguir os conceitos ergonômicos.
8. O conjunto mesa-assento deve permitir que o operador possa trabalhar alternadamente sentado e em pé.

#### Princípios para o ambiente de trabalho

1. Deve haver um local predeterminado para todos os materiais, ferramentas e demais objetos.
2. Os materiais, as ferramentas e demais objetos devem ser dispostos obedecendo aos aspectos antropométricos do operador.
3. Deve ser utilizada a alimentação de peças por gravidade.
4. Devem ser utilizados alimentadores de peças que possibilitem a retirada fácil da peça pelo operador.
5. Os objetos devem ser posicionados de maneira a permitir uma sequência adequada de utilização.
6. Devem haver boas condições ambientais (luz, ruído, temperatura, umidade).

#### Princípios para as ferramentas e para os equipamentos

1. Devem ser utilizados gabaritos e suportes para livrar as mãos de segurar objetos.
2. Duas ou mais ferramentas devem ser combinadas.
3. Os objetos devem estar disponíveis para o uso.
4. Em trabalhos que utilizam a força dos dedos, a carga de trabalho de cada dedo deve ser distribuída de acordo com a força de cada um deles.
5. Os cabos das ferramentas devem seguir um projeto ergonômico.
6. As alavancas e demais acionadores de máquinas devem seguir um projeto ergonômico.

## 6.3 A Área de Trabalho

A antropometria foi definida como a ciência de medida do tamanho corporal (NASA, 1978). A antropometria é um ramo das ciências biológicas que tem como objetivo o estudo dos caracteres mensuráveis da morfologia humana.

A importância das medidas ganhou especial interesse na década de 1940, provocada de um lado pela necessidade da produção em massa, pois um produto mal dimensionado pode provocar a elevação dos custos, e, por outro lado, devido ao surgimento dos sistemas de trabalho complexos onde o desempenho humano é crítico e o desenvolvimento desses sistemas depende das dimensões antropométricas dos seus operadores (MARTINS; LAUGENI, 2005).

Os dados antropométricos definem as medidas da Tabela 15 para as áreas de trabalho. Veja a importância desse assunto.

Quais são, afinal, as dimensões médias do brasileiro? Para responder a essa pergunta, técnicos da Associação Brasileira do Vestuário percorreram o Brasil de fita métrica na mão, medindo os habitantes de Norte a Sul, não só quanto ao peso e a estatura, mas também de outras 167 medidas antropométricas que definem as dimensões-chave do corpo brasileiro.

**Atenção**

Caro(a) aluno(a), os dados antropométricos são válidos para estudo de medida do homem. Para efeito robótico (dispositivos mecatrônicos), deverão ser realizadas outras análises de medidas.

Costuma-se dizer que a altura média do brasileiro é de 1,70 m. “Isso é um mero chute, não existe”, diz Carlos Mauricio Duque dos Santos, diretor da DCA Ergonomia e Design. “O ‘homem médio’ é uma abstração matemática.” (apud MARTINS; LAUGENI, 2005).

## 6.4 Assentos

Os assentos devem ter medidas adequadas ao usuário e devem ser observados alguns princípios gerais, como a largura do assento, que deve estar de acordo com a largura torácica da pessoa, e o encosto, que deve permitir uma postura de relaxamento. O assento de cadeira deve ser reto, com braços e deve ser ajustável permitindo regulagens à altura da mesa de trabalho e às mudanças de postura com o pé apoiado no chão de maneira normal. A cadeira ainda deve possuir rodízios para facilitar o deslocamento.

**Tabela 14** – Dimensões básicas de assentos para postura ereta.



VARIÁVEL	POSTURA ERETA	POSTURA RELAXADA
a. Altura do assento	35cm a 42cm	40cm a 47cm
b. Largura do assento	40cm a 45cm	40cm a 45cm
c. Comprimento do assento	35cm a 40cm	40cm a 43cm
d. Espaço livre assento-encosto	15cm a 20cm	—
e. Altura máxima do encosto	48cm	63cm
f. Largura do encosto	35cm a 48cm	35cm a 48cm
g. Altura dos braços	21cm a 22cm	21cm a 22cm
h. Ângulo do assento	até 3°	19° a 20°
i. Ângulo assento-encosto	101° a 104°	105° a 115°

Fonte: Martins e Laugeni (2005).

## 6.5 Ambiente de Trabalho

As principais condições que um bom ambiente de trabalho deve possuir são:

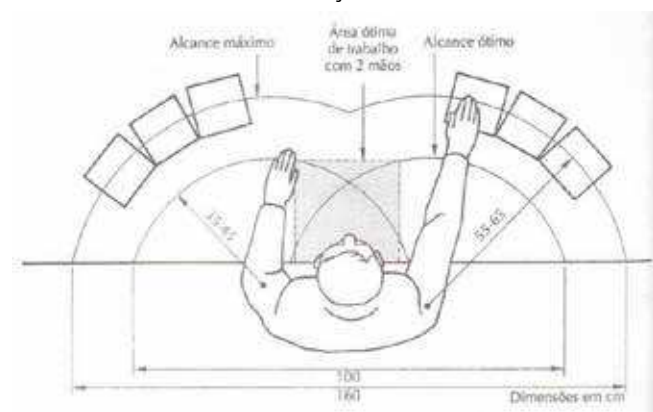
- Temperatura: entre 20 °C e 24 °C;
- Umidade relativa: entre 40% e 60%;
- Ruído: até 80 decibéis não se observam danos ao aparelho auditivo do trabalhador, podendo haver danos a partir desse nível;
- Iluminação: a iluminação pode variar em função do tipo de trabalho realiza-

do, mais seja qual for o local de trabalho recomenda-se um mínimo de 300 lux como iluminação mínima de escritórios, 400 a 600 lux para trabalhos normais e 1.000 lux até 2.000 lux para a execução de trabalhos de precisão. Note-se que não adianta ultrapassar os 2.000 lux, pois não haverá melhora para o operador, podendo existir fadiga visual para níveis de iluminação acima dos 2.000 lux (MARTINS; LAUGENI, 2005).

## 6.6 Posto de Trabalho em Escritórios

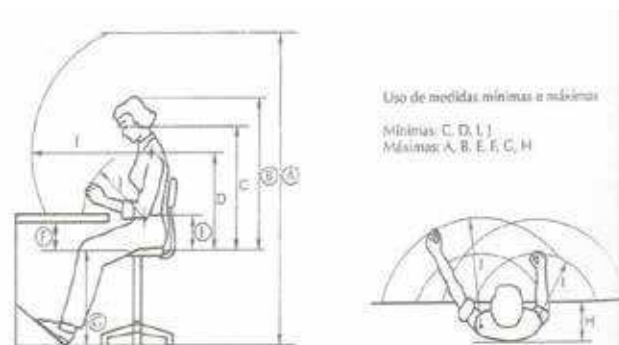
Um posto de trabalho em um escritório corresponde ao local onde se executam as atividades do trabalho, tanto administrativas quanto operacionais. Ele deve, assim, obedecer às mesmas recomendações de um posto de trabalho em uma empresa industrial. Dessa forma, deve-se observar que os assentos sejam giratórios e tenham apoio para os pés, permitam a regulação da altura, tenham rodízios e apoio flexível para as costas. Os terminais de computador são uma grande fonte de lesões por esforços repetitivos, devendo ter teclado ergonômico, ajustável e monitores com tela antirreflexiva e inclináveis. As impressoras podem ser uma alta fonte de ruído, conforme o tipo, necessitando de isolamento acústico. A iluminação também deve ser verificada, sendo o nível recomendado 500 lux. A temperatura e a umidade deverão estar na faixa de 20 °C a 24 °C e 40% a 60%, respectivamente, conforme as condições de um bom ambiente de trabalho (MARTINS; LAUGENI, 2005).

**Figura 19** – Medidas antropométricas – mãos e braços.



Fonte: Martins e Laugeni (2005).

**Figura 20** – Medidas antropométricas – mínimas e máximas.



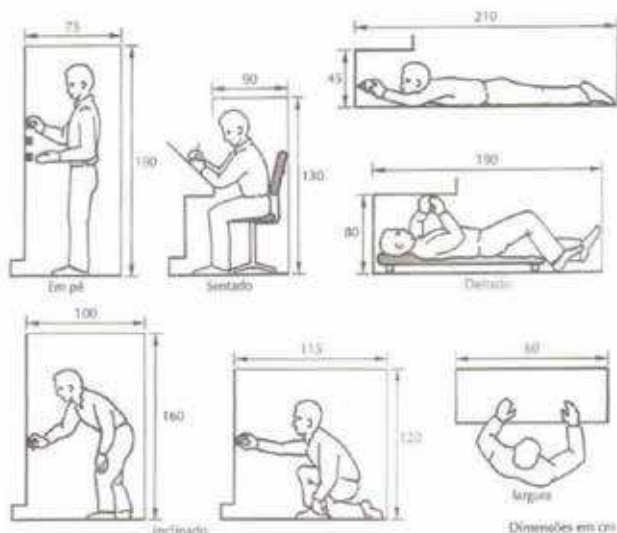
Fonte: Martins e Laugeni (2005).

**Tabela 15** – Medidas antropométricas recomendadas.

MEDIDAS RECOMENDADAS						
MEDIDA ANTRPOMÉTRICA	CRITÉRIO	MULHERES		HOMENS		MEDIDA ADOPTADA
	MÍN.	MÁX.	5%	95%	5%	95%
A. Estatura	X		151,0	172,5	162,9	184,1
B. Altura da cabeça, sentado	X		80,5	91,4	84,9	96,2
C. Altura dos olhos, sentado	X		58,0	78,5	73,9	84,4
D. Altura dos ombros, sentado	X		53,8	63,1	56,1	65,5
E. Altura do cotovelo, sentado	X		19,1	27,8	19,3	28,0
F. Largura das pernas	X		11,8	17,3	11,7	15,7
G. Altura do assento (poplitea)	X		35,1	43,4	39,9	48,0
H. Profundidade do tórax	X		23,8	35,7	23,3	31,8
I. Comprimento do antebraço	X		29,2	36,4	32,7	38,9
J. Comprimento do braço	X		51,6	76,2	66,2	78,7

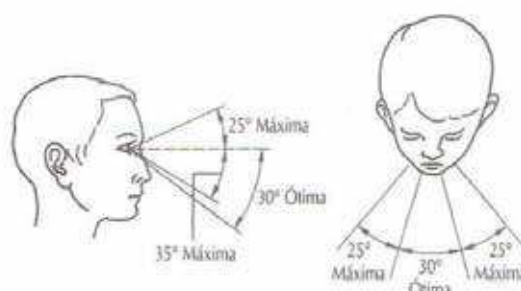
Fonte: Martins e Laugeni (2005).

**Figura 21** – Espaços de trabalho recomendados para algumas posturas típicas (cm).



Fonte: Martins e Laugeni (2005).

**Figura 22** – Áreas de visão ótima e máxima.



Fonte: Martins e Laugeni (2005).

## 6.7 Resumo do Capítulo

Com base no conteúdo abordado, temos que ter uma visão mais ampla do que é ter um posto de trabalho bem adaptado às nossas necessidades, não só para melhorar as condições de trabalho fisicamente falando, mas também para aumentar a motivação dos trabalhadores. Fica aí uma reflexão para você analisar.

## 6.8 Atividades Propostas

1. Qual é a importância das medidas antropométricas?
2. Dentro dos Princípios da Economia de Movimentos, cite duas regras para o corpo, para as ferramentas e equipamentos e para o ambiente de trabalho.



# 7 MOTORES

Caro(a) aluno(a),

Neste capítulo, desenvolveremos uma abordagem sobre motores elétricos e a sua respectiva seleção e instalação, circuitos e dispositivos para

partida/parada, reversão de motores e dimensionamento (normas/simbologia) de instalações elétricas (baixa tensão), hidráulicas, pneumáticas e de caldeiras (vapor).

## 7.1 Seleção e Aplicação dos Motores Elétricos Trifásicos

Na engenharia de aplicação de motores é comum e, em muitos casos práticos, que você compare as exigências da carga com as características do motor. Existem muitas aplicações que podem ser corretamente acionadas por mais de um tipo de motor, e a seleção de um determinado tipo nem sempre exclui o uso de outros tipos.

A seleção do tipo adequado de motor, com respeito ao conjugado, fator de potência, rendi-

mento e elevação de temperatura, isolamento, tensão e grau de proteção mecânica, somente pode ser feita após uma análise cuidadosa, considerando parâmetros como: custo inicial, capacidade da rede, necessidade da correção do fator de potência, conjugados requeridos, efeito da inércia da carga, necessidade ou não de regulação de velocidade, exposição da máquina em ambientes úmidos, poluídos e/ou agressivos.

**Tabela 16** – Comparação entre diferentes tipos de máquinas.

Tipo	Motor de indução de gaiola	Motor de indução de anéis
Projeto	Rotor não bobinado	Rotor bobinado
Corrente de partida	Alta	Baixa
Conjugado de partida	Baixo	Alto
Corrente de partida / corrente nominal	Alta	Baixa
Conjugado máximo	> 160% do conjugado nominal	> 160% do conjugado nominal
Rendimento	Alto	Alto
Equipamento de partida	Simple para partida direta	Relativamente simples
Equipamento de proteção	Simple	Simple
Espaço requerido	Pequeno	Reostato requer um espaço grande
Manutenção	Pequena	Nos anéis – frequente
Custo	Baixo	Alto

Fonte: WEG (2012).

Na seleção correta dos motores, é importante que você considere as características técnicas de aplicação e as características de carga, no que se refere a aspectos mecânicos, para calcular:

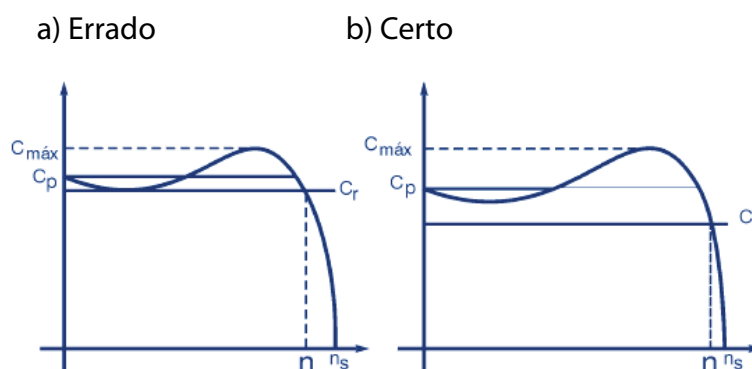
### a) Conjugado de partida

Conjugado requerido para vencer a inércia estática da máquina e produzir movimento. Para que uma carga, partindo da velocidade zero, atinja a sua velocidade nominal, é necessário que o conjugado do motor seja sempre superior ao conjugado da carga.

### b) Conjugado de aceleração

Conjugado necessário para acelerar a carga à velocidade nominal. O conjugado do motor deve ser sempre maior que o conjugado de carga, em todos os pontos entre zero e a rotação nominal. No ponto de interseção das duas curvas, o conjugado de aceleração é nulo, ou seja, é atingido o ponto de equilíbrio a partir do qual a velocidade permanece constante. Esse ponto de interseção entre as duas curvas deve corresponder à velocidade nominal.

**Figura 23** – Seleção de motor considerando o conjugado resistente da carga.



Fonte: WEG (2012).

Onde:

$C_{m\max}$  = conjugado máximo

$C_p$  = conjugado de partida

$C_r$  = conjugado resistente

$n_s$  = rotação síncrona

$n$  = rotação nominal

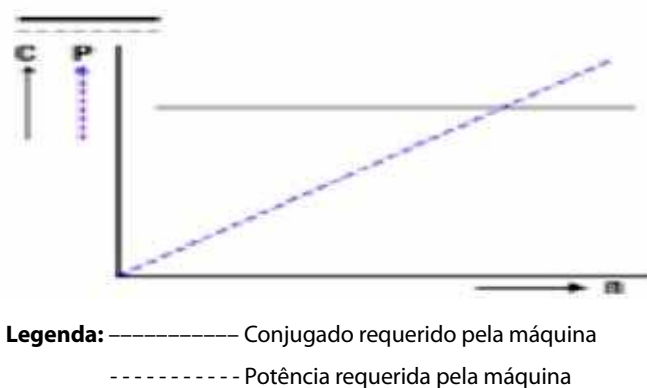
### c) Conjugado nominal

Conjugado nominal necessário para mover a carga em condições de funcionamento à velocidade específica.

### d) Conjugado constante

Nas máquinas desse tipo, o conjugado permanece constante durante a variação da velocidade e a potência aumenta proporcionalmente com a velocidade.



**Figura 24 – Potência X conjugado.**

Fonte: WEG (2012).

C = Conjugado resistente: constante

P = Potência: proporcional ao número de rotações (n)

### e) Conjugado variável

Você encontra casos de conjugado variável nas bombas, nos ventiladores, em que o conjugado varia com o quadrado na velocidade.

#### Características da rede de alimentação

- Tensão de alimentação do motor (e dos aquecedores internos, quando necessários)<sup>6</sup>
- Frequência nominal em Hz.
- Método de partida (quando essa informação não for fornecida, será considerado como partida direta).

#### Características do ambiente

- Altitude.
- Temperatura ambiente.
- Atmosfera ambiente.

#### Características construtivas

- Forma construtiva.
- Potência em kW, velocidade em rpm.
- Fator de serviço.
- Potência térmica.

- Sentido de rotação (horário ou anti-horário, olhando-se pelo lado do acionamento).

#### Características da carga

- Momento de inércia da máquina acionada e a que rotação está referida.
- Curva de conjugado resistente.
- Dados de transmissão.
- Cargas axiais e seu sentido, quando existentes
- Cargas radiais e seu sentido, quando existentes.
- Regime de funcionamento da carga (nº de partidas/hora).

Em resumo, a correta seleção do motor implica que o mesmo satisfaça as exigências requeridas pela aplicação específica.

Sob esse aspecto o motor deve, basicamente, ser capaz de:

- Acelerar a carga em tempo suficientemente curto para que o aquecimento não venha a danificar as características físicas dos materiais isolantes.

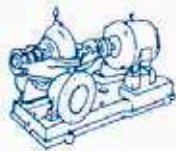
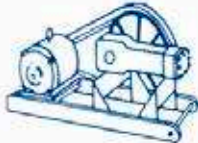


- Funcionar no regime especificado sem que a temperatura de suas diversas partes ultrapasse a classe do isolante, ou que o ambiente possa vir a provocar a destruição do mesmo.

### Atenção

Fazendo uma análise do ponto de vista econômico, os motores devem funcionar com valores de rendimento e fator de potência dentro da faixa ótima para a qual foram projetados.

## 7.2 Seleção do Tipo de Motor para Diferentes Cargas

**Tabela 17 – Tipos de cargas de motor.**

Tipos de carga	Conjugado requerido		Característica da carga	Tipo de motor usado
	Partida	Máximo		
 Bombas centrífugas, ventiladores, furadeiras, compressores, retificadoras, trituradoras.	Entre 1 e 1,5 vezes o conjugado nominal	Valores máximos entre 220% e 250% do nominal	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Condições de partidas fáceis, tais como: engrenagens intermediárias, baixa inércia ou uso de acoplamentos especiais, simplificam a partida.</li> <li>○ Máquinas centrífugas, tais como: bombas onde o conjugado aumenta em função do quadrado da velocidade até um máximo, conseguido na velocidade nominal.</li> <li>○ Na velocidade nominal pode estar sujeita a pequenas sobrecargas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Conjugado normal</li> <li>○ Corrente de partida normal</li> <li>○ Categoria N</li> </ul>
 Bombas alternativas, compressores, carregadores, alimentadores, laminadores de barras.	Entre 2 e 3 vezes o conjugado nominal	Não maior que 2 vezes o conjugado nominal	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Conjugado de partida alto para vencer a elevada inércia, contra pressão, atrito de parada, rigidez nos processos de materiais ou condições mecânicas similares.</li> <li>○ Durante a aceleração, o conjugado exigido cai para o valor do conjugado nominal.</li> <li>○ É desaconselhável sujeitar o motor à sobrecargas, durante a velocidade nominal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Conjugado de partida alto</li> <li>○ Corrente de partida normal</li> <li>○ Categoria N</li> </ul>
 Pressas punçadoras, guindastes, pontes rolantes, elevadores de tábua, tesouras mecânicas, bombas de óleo para poços.	3 vezes o conjugado nominal	Requer 2 a 3 vezes o conjugado nominal. São consideradas perdas durante os picos de carga.	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Cargas intermitentes, as quais requerem conjugado de partida, alto ou baixo. Requerem partidas frequentes, paradas e reversões.</li> <li>○ Máquinas acionadas, tais como: pressas punçadoras, que podem usar volantes para suportar os picos de potência.</li> <li>○ Pequena regulação é conveniente para amenizar os picos de potências e reduzir os esforços mecânicos no equipamento acionado.</li> <li>○ A alimentação precisa ser protegida dos picos de potências, resultantes das flutuações de carga.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Conjugado de partida alto</li> <li>○ Corrente de partida normal</li> <li>○ Alto escoamento</li> <li>○ Categoria D</li> </ul>
 Ventiladores, máquinas-ferramentas.	Algumas vezes precisa-se somente de parte do conjugado nominal, e outras, muitas vezes o conjugado nominal	1 ou 2 vezes o conjugado nominal em cada velocidade.	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Duas, três ou quatro velocidades fixas são suficientes.</li> <li>○ Não é necessário o ajuste de velocidade.</li> <li>○ O conjugado de partida pode ser pequeno (ventiladores) ou alto (transportadores).</li> <li>○ As características de funcionamento em várias velocidades, podem variar entre potência constante, conjugado constante ou características de conjugado variável.</li> <li>○ Máquinas de cortar metal tem potência constante; cargas de atrito são típicas do conjugado constante; ventiladores são de conjugado variável.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Conjugado normal ou alto (velocidades múltiplas)</li> </ul>

Fonte: WEG (2012).

## 7.3 Instalação

Caro(a) aluno(a), as máquinas elétricas devem ser instaladas em locais de fácil acesso para inspeção e manutenção.

Se a atmosfera ambiente for úmida, corrosiva ou contiver substâncias ou partículas deflagráveis, é importante assegurar o correto grau de proteção. A instalação de motores onde existam vapores, gases ou poeiras inflamáveis ou combustíveis, oferecendo possibilidade de fogo ou explosão, deve ser feita de acordo com as Normas IEC 60079-14, NBR 5418, VDE 165, NFPA - Art. 500 e UL-674.

A distância recomendada entre a entrada de ar do motor (para motores com ventilação externa) e a parede deve ficar em torno de 1/4 do diâmetro da abertura da entrada de ar.

O ambiente, no local de instalação, deverá ter condições de renovação do ar da ordem de 20 m<sup>3</sup> por minuto para cada 100 kW de potência da máquina, considerando temperatura ambiente de até 40 °C e altitude de até 1000 m.

### Aspectos Mecânicos

#### Fundações

A fundação onde será colocado o motor deverá ser plana e isenta de vibrações. Recomenda-se, portanto, uma fundação de concreto para motores acima de 100 cv. O tipo de fundação dependerá da natureza do solo no local da montagem, ou da resistência dos pisos em edifícios.

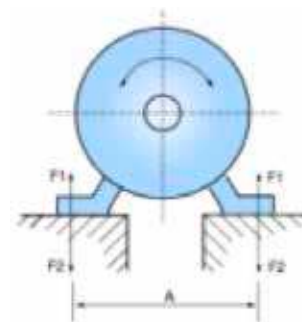
No dimensionamento da fundação do motor, deverá ser considerado o fato de que o motor pode, ocasionalmente, ser submetido a um torque maior que o torque nominal.

Baseado na Figura 25, os esforços sobre a fundação podem ser calculados pelas equações:

$$F1 = 0.5.g.G - (4. C_{\text{máx}} / A)$$

$$F2 = 0.5.g.G + (4. C_{\text{máx}} / A)$$

**Figura 25** – Esforços sobre a base.



Fonte: WEG (2012).

Onde:

F1 e F2: Esforços de um lado

G: Aceleração da gravidade (9.8 m/s<sup>2</sup>)

G: Peso do motor (kg)

C<sub>máx</sub>: Torque máximo (Nm)

Obtido do desenho dimensional do motor (m)

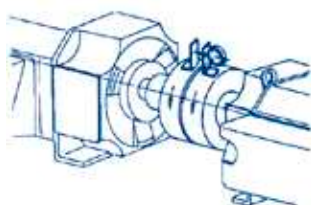
Chumbadores ou bases metálicas devem ser usadas para fixar o motor na fundação.

#### Alinhamento

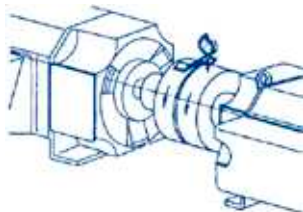
Para a sua informação, a máquina elétrica deve estar perfeitamente alinhada com a máquina acionada, especialmente nos casos de acoplamento direto.

Um alinhamento incorreto pode causar defeito nos rolamentos, vibração e mesmo ruptura do eixo.

A melhor forma de se conseguir um alinhamento correto é usar relógios comparadores, colocados um em cada semilua, um apontando radialmente e outro, axialmente. Assim é possível verificar simultaneamente o desvio de paralelismo e o desvio de concentricidade, ao dar-se uma volta completa nos eixos.

**Figura 26** – Desvio de paralelismo.

Fonte: WEG (2012).

**Figura 27** – Desvio de concentricidade.

Fonte: WEG (2012).

## Acoplamento

### ▪ Acoplamento direto

Você deve sempre preferir o acoplamento direto, devido ao menor custo, reduzido espaço ocupado, ausência de deslizamento (correias) e maior segurança contra acidentes.

No caso de transmissão com redução de velocidade, é usual também o acoplamento direto através de redutores.

### ▪ Acoplamento por engrenagens

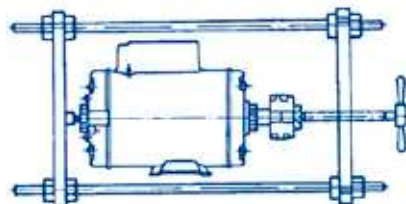
Acoplamento por engrenagens mal alinhadas dá origem a solavancos que provocam vibrações na própria transmissão e no motor.

É imprescindível, portanto, que os eixos fiquem em alinhamento perfeito, rigorosamente paralelos no caso de engrenagens retas e em ângulo certo em caso de engrenagens cônicas ou helicoidais.

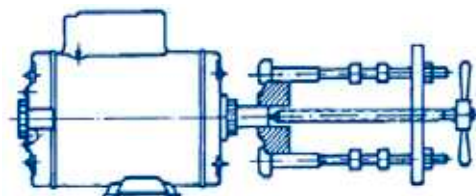
### ▪ Acoplamento por meio de polias e correias

Quando uma relação de velocidade é necessária, a transmissão por correia é a mais frequentemente usada.

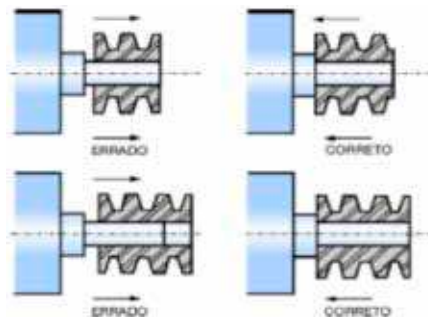
**Montagem de polias:** para a montagem de polias em pontas de eixo com rasgo de chaveta e furo roscado na ponta, a polia deve ser encaixada até na metade do rasgo da chaveta apenas com esforço manual do montador.

**Figura 28** – Dispositivo para montagem de polias.

Fonte: WEG (2012).

**Figura 29** – Dispositivo para a remoção de polias.

Fonte: WEG (2012).

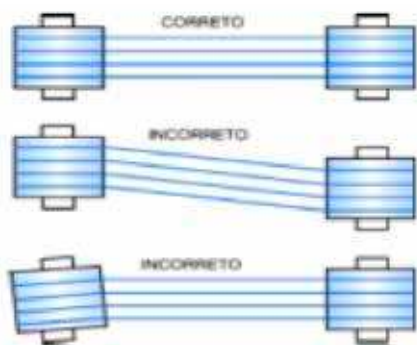
**Figura 30** – Posicionamento correto da polia no eixo.

Fonte: WEG (2012).

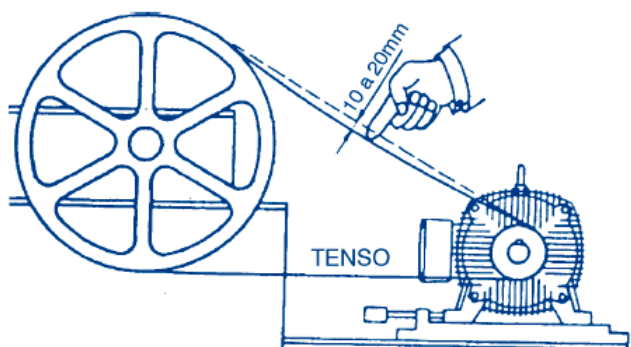
## Funcionamento

Devem-se evitar esforços radiais desnecessários nos mancais, situando os eixos paralelos entre si e as polias perfeitamente alinhadas.



**Figura 31** – Correto alinhamento das polias.

Fonte: WEG (2012).

**Figura 32** – Tensões na correia.

Fonte: WEG (2012).

## Vibração

A vibração de uma máquina elétrica está intimamente relacionada com a vibração na sua montagem e por isso é geralmente desejável que você efetue as medições de condições reais de instalação e funcionamento.

## Suspensão livre

Essa condição é obtida pela suspensão da máquina por uma mola ou pela montagem dessa máquina sobre um suporte elástico (molas, borrachas etc.). A deformação da base elástica em função da rotação da máquina deve ser no mínimo igual aos valores da Tabela 18, e no máximo igual a 50% da altura total da base.

**Tabela 18** – Deformação da base elástica em função da rotação.

Rotação nominal (rpm)	Deformação da base elástica (mm)
3600	1,0
1800	4,5
1200	10
900	18

Fonte: WEG (2012).

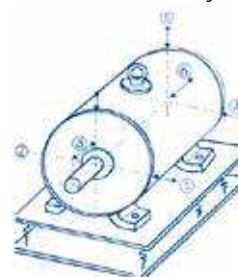
## Chaveta

Para o balanceamento e medição da severidade de vibração de máquinas com o rasgo de chaveta na ponta de eixo, esse rasgo deve ser preenchido com meia chaveta, recortada de maneira a preenchê-lo até a linha divisória entre o eixo e o elemento a ser acoplado.

## Pontos de medição

As medições da severidade de vibração você deve efetuá-las sobre os mancais, na proxi-

midade do eixo, em três direções perpendiculares, com a máquina funcionando na posição que ocupa em condições normais (com eixo horizontal ou vertical).

**Figura 33** – Pontos de medição de vibração.

Fonte: WEG (2012).

**Tabela 19** – Limites recomendados para severidade de vibração, conforme NBR 11.390 e IEC 60.034-14.

Grau de Vibração	Velocidade	Máximo valor eficaz da velocidade de vibração para a altura H do eixo		
	rpm da máquina	56 a 132	160 a 225	250 a 400
		mm/s	mm/s	mm/s
N <sup>1)</sup> (normal)	600 ≤ V ≤ 1800	1,8	1,8 (2,8)	2,8 (3,5)
	1800 < V ≤ 3600	1,8	2,8	4,5
R (reduzida)	600 ≤ V ≤ 1800	0,71	1,12	1,8
	1800 < V ≤ 3600	1,12	1,8	2,8
S (especial)	600 ≤ V ≤ 1800	0,45	0,71	1,12
	1800 < V ≤ 3600	0,71	1,12	1,8

Fonte: WEG (2012).

## Balanceamento

Para sua melhor orientação, conforme a NBR 8.008, balanceamento é o processo que procura melhorar a distribuição de massa de um corpo, de modo que este gire em seus mancais sem forças de desbalanceamento.

### Tipos de balanceamento

As principais aplicações por tipo de balanceamento são apresentadas na tabela abaixo.

**Tabela 20** – Tipos de balanceamento.

Balanceamento	Tipo de máquina
Normal (N)	○ Máquinas sem requisitos especiais, tais como: Máquinas gráficas, laminadores, britadores, bombas centrífugas, máquinas têxteis, transportadores, etc.
Reduzido (R)	○ Máquinas de precisão para trabalho sem vibração, tais como: Máquinas a serem instaladas sobre fundamento isolado à prova de vibração, mandriladoras e fresadoras de precisão, tornos, furadeiras de coordenadas, etc.
Especial (S)	○ Máquinas para trabalho de alta precisão, tais como: retíficas, balanceadoras, mandriladora de coordenadas, etc.

Fonte: WEG (2012).

## Aspectos Elétricos

É de grande importância que você observe a correta alimentação de energia elétrica. A seleção dos condutores, sejam os dos circuitos de alimentação dos motores, sejam os dos circuitos terminais ou dos de distribuição, deve ser baseada na corrente nominal dos motores, conforme norma NBR 5.410.

Considere uma isolação tipo PVC com temperatura de 70 °C no condutor, em temperatura ambiente de 30 °C.

Nos casos de temperaturas acima da especificada e/ou agrupamentos de vários circuitos, devem ser verificados os fatores de correção indicados na norma NBR 5.410/1997.

**Exemplo:**

Localizar na parte superior da tabela correspondente, a tensão nominal do motor e a coluna da distância do mesmo à rede de alimentação.

1. Dimensionar os condutores para um motor de 15 cv, IV polos, trifásico, 220 V, corrente nominal de 40 A FS 1,15, localizado a 60 m da rede de alimentação e operando em regime de serviço contínuo (S1), com instalação dos condutores em eletrodutos não metálicos.

**Solução:**

- a) Corrente a ser localizada:  $40 \times 1,15 = 46 \text{ A}$
- b) Valor na Tabela 21  $\geq 57 \text{ A}$  (primeiro valor superior a 46 A)
- c) Bitola mínima:  $16 \text{ mm}^2$ .

**Tabela 21** – Bitola de fios e cabos (PVC – 70 °C) para alimentação de motores trifásicos em temperatura ambiente de 30 °C, instalados com condutores aéreos (queda de tensão < 4%).

Tensão (V)	Distância do motor ao centro de distribuição ( metros )													
110	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	125	150	200
220	30	40	50	60	80	100	120	140	160	180	200	250	300	400
380	50	70	80	100	140	170	200	240	280	310	350	430	520	690
440	60	80	100	120	160	200	240	280	320	360	400	500	600	800
Corrente (A)	Bitola de fio ou cabo ( condutor em mm² )													
13,5	1,5	2,5	2,5	4	4	6	6	10	10	10	16	16	25	25
17,5	2,5	2,5	4	4	6	10	10	10	16	16	16	25	25	35
24	4	4	6	6	10	10	16	16	16	25	25	35	35	70
32	6	6	10	10	16	16	25	25	35	35	50	70	95	120
41	10	10	16	16	25	25	35	50	50	70	70	95	150	185
57	10	10	16	16	25	25	35	50	50	70	70	95	150	185
76	16	16	16	25	35	50	50	70	95	95	120	185	240	300
101	25	25	25	35	50	95	95	95	120	150	185	400	500	X
125	35	35	35	35	70	95	120	150	185	240	300	X	X	X
151	50	50	50	50	95	120	150	240	300	400	500	X	X	X
192	70	70	70	70	120	185	240	400	X	X	X	X	X	X
232	95	95	95	95	150	300	500	X	X	X	X	X	X	X
269	120	120	120	120	240	400	X	X	X	X	X	X	X	X
309	150	150	150	150	300	X	X	X	X	X	X	X	X	X
353	185	185	185	240	500	X	X	X	X	X	X	X	X	X
415	240	240	240	300	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
473	300	300	300	500	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
566	400	400	500	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
651	500	500	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fonte: WEG (2012).

Com esses valores da distância de 60 m e corrente de 57 A, encontra-se como bitola do condutor o valor de  $16 \text{ mm}^2$ .

**Proteção dos Motores**

A proteção térmica dos motores é fator determinante para o bom desempenho dos mesmos e para o aumento de sua vida útil. Deve ser dimensionada de acordo com o motor e o tipo de carga, assegurando um trabalho contínuo e uma maior vida útil de todo equipamento.

**Tabela 22** – Fator de ciclo de serviço.

Tempo de serviço nominal do motor Classificação	5 min	15 min	30 a 60 min	Contínuo
Curto (operação de válvulas, atuação de contatos, etc)	1,10	1,20	1,50	
Intermitente (elevadores de passageiros ou carga, ferramentas, bombas, pontes-rolantes, etc)	0,85	0,85	0,90	1,40
Periódico (laminadores, máquinas de mineração, etc)	0,85	0,90	0,95	1,40
Variável	1,10	1,20	1,50	2,00

Fonte: WEG (2012).

## 7.4 Motores Elétricos

Caro(a) aluno(a), seria interessante o seu total entendimento de que o motor elétrico é a máquina destinada a transformar energia elétrica em energia mecânica. O motor de indução é o mais usado de todos os tipos de motor, pois combina as vantagens da utilização de energia elétrica – baixo custo, facilidade de transporte, limpeza e simplicidade de comando – com sua construção simples, custo reduzido, grande versatilidade de adaptação às cargas dos mais diversos tipos e melhores rendimentos.

### Tipos de Motor Elétrico

#### *Motores de corrente contínua*

São motores de custo mais elevado e, além disso, precisam de uma fonte de corrente contínua, ou de um dispositivo que converta a corrente alternada comum em contínua. Podem funcionar com velocidade ajustável entre amplos limites e se prestam a controles de grande flexibilidade e precisão. Por isso, seu uso é restrito a casos especiais em que essas exigências compensam o custo muito mais alto da instalação.

#### *Motores de corrente alternada*

São os mais utilizados, porque a distribuição de energia elétrica é feita normalmente em corrente alternada. Os principais tipos são:

- **Motor síncrono:** funciona com velocidade fixa; utilizado somente para grandes potências (devido ao seu alto custo em tamanhos menores) ou quando se necessita de velocidade invariável.
- **Motor de indução:** funciona normalmente com uma velocidade constante, que varia ligeiramente com a carga mecânica aplicada ao eixo.



**Figura 34** – Universo tecnológico dos motores elétricos.

Fonte: WEG (2012).

**Saiba mais**

Os motores de indução, devido à sua grande simplicidade, robustez e baixo custo, são os mais utilizados de todos, sendo adequado para quase todos os tipos de máquinas acionadas, encontradas na prática. Atualmente, é possível controlarmos a velocidade dos motores de indução com o auxílio de inversores de frequência.

*Energia e potência mecânica*

A potência mede a “velocidade” com que a energia é aplicada ou consumida.

$$W = F \cdot d \text{ (N. m)}$$

$$\text{Obs.: } 1 \text{ Nm} = 1 \text{ J} = W \cdot \Delta t$$

A potência exprime a rapidez com que essa energia é aplicada e se calcula dividindo a energia ou trabalho total pelo tempo gasto para realizá-lo.

$$P_{\text{mec}} = \frac{F \times d}{t} \text{ (W)}$$

como 1 cv = 736 W, então,

$$P_{\text{mec}} = \frac{F \times d}{736 \times t} \text{ (cv)}$$

Onde:

C = conjugado em Nm

F = força em N

ℓ = braço de alavanca em m

r = raio da polia em m

v = velocidade angular em m/s

d = diâmetro da peça em m

n = velocidade em rpm

**Conceitos Básicos**

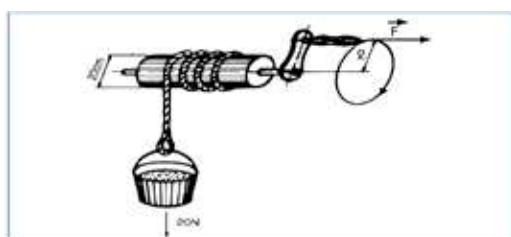
São apresentados a seguir os conceitos de algumas grandezas básicas.

*Conjugado*

O conjugado (também chamado torque, momento ou binário) é a medida do esforço necessário para girar um eixo.

**Figura 35** – Conjugado.

$$C = F \cdot \ell \quad (\text{N. m})$$



Fonte: Mamede Filho (2012).

Relação entre unidades de potência

$$P \text{ (kW)} = 0,736 \cdot P \text{ (cv)} \text{ ou}$$

$$P \text{ (cv)} = 1,359 \cdot P \text{ (kW)}$$

Energia e potência elétrica

Embora a energia seja uma coisa só, ela pode se apresentar de formas diferentes. Se ligarmos uma resistência a uma rede elétrica com tensão, passará uma corrente elétrica que irá aquecer a resistência. A resistência absorve energia elétrica e a transforma em calor, que também é uma forma de energia. Um motor elétrico absorve energia elétrica da rede e a transforma em energia mecânica disponível na ponta do eixo.

Circuitos de corrente contínua

A “potência elétrica”, em circuitos de corrente contínua, pode ser obtida através da relação da tensão (U), corrente (I) e resistência (R) envolvidas no circuito, ou seja:

$$P = U \cdot I \text{ (W)} \quad \text{ou} \quad P = R \cdot I^2 \text{ (W)}$$

Onde: U = tensão em volt  
I = corrente em ampère  
R = resistência em ohm  
P = potência média em watt

Circuitos de corrente alternada▪ **Resistência**

No caso de “resistências”, quanto maior for a tensão da rede, maior será a corrente e mais depressa a resistência irá se aquecer. Isso quer dizer que a potência elétrica será maior. A potência elétrica absorvida da rede, no caso da resistência, é calculada multiplicando-se a tensão da rede pela corrente, se a resistência (carga), for monofásica.

$$P = U_f \times I_f \text{ (W)}$$

No sistema trifásico, a potência em cada fase da carga será  $P_f = U_f \times I_f$ , como se fosse um sistema monofásico independente. A potência total será a soma das potências das três fases, ou seja:

$$P = 3P_f = 3 \times U_f \times I_f$$

Lembrando que o sistema trifásico é ligado em estrela ou triângulo, temos as seguintes relações:

$$\text{Ligação estrela: } U = 3 U_f \text{ e } I = I_f$$

$$\text{Ligação triângulo: } U = U_f \text{ e } I = 3 \cdot I_f$$

Assim, a potência total, para ambas as ligações, será:

$$P = 3 \cdot U \cdot I \text{ (W)}$$

▪ **Cargas reativas**

Para as “cargas reativas”, ou seja, onde existe defasagem, como é o caso dos motores de indução, essa defasagem tem que ser levada em conta e a expressão fica:

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \varphi \text{ (W)}$$

Onde U e I são, respectivamente, tensão e corrente de linha e  $\cos \varphi$  é o ângulo entre a tensão e a corrente de fase.

*Potências aparente, ativa e reativa*Potência aparente (S)

Corresponde à potência que existiria se não houvesse defasagem da corrente, ou seja, se a carga fosse formada por resistências.

Então,

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} \text{ (VA)}$$

### Potência ativa (P)

É a parcela da potência aparente que realiza trabalho, ou seja, que é transformada em energia.

$$P = 3 \times U \times I \times \cos \varphi \text{ (W)} \text{ ou } P = S \cdot \cos \varphi \text{ (W)}$$

### Potência reativa (Q)

É a parcela da potência aparente que “não” realiza trabalho. Apenas é transferida e armazenada nos elementos passivos (capacitores e indutores) do circuito.

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} \text{ (VA)}$$

### Fator de potência

O fator de potência, indicado por  $\cos \varphi$ , onde  $\varphi$  é o ângulo de defasagem da tensão em relação à corrente, é a relação entre a potência real (ativa) P e a potência aparente S.

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P \text{ (kW)} \times 1000}{\sqrt{3} \times U \cdot I}$$

Assim,

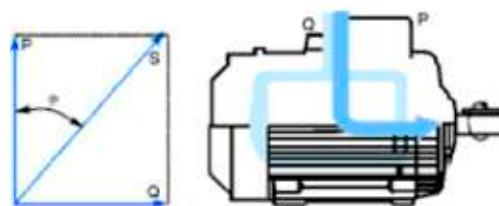
- Carga Resistiva:  $\cos \varphi = 1$
- Carga Indutiva:  $\cos \varphi$  atrasado
- Carga Capacitiva:  $\cos \varphi$  adiantado

Os termos ‘atrasado’ e ‘adiantado’ referem-se à fase da corrente em relação à fase da tensão.

A relação entre potência ativa, medida em kW, e a potência aparente, medida em kVA, chama-se **fator de potência**, determinado medindo-

-se a potência de entrada, a tensão e a corrente de carga nominal.

**Figura 36 – Fator de potência.**



Fonte: WEG (2012).

### Correção do fator de potência

O aumento do fator de potência é realizado com a ligação de uma carga capacitiva, em geral, um capacitor ou motor síncrono superexcitado, em paralelo com a carga.

### Rendimento

O motor elétrico absorve energia elétrica da linha e a transforma em energia mecânica disponível no eixo. O rendimento define a eficiência com que é feita essa transformação.

Chamando Potência útil ( $P_u$ ) a potência mecânica disponível no eixo e Potência absorvida ( $P_a$ ) a potência elétrica que o motor retira da rede, o **rendimento** será a relação entre as duas, ou seja:

$$\eta = \frac{P_u \text{ (W)}}{P_a \text{ (W)}} = \frac{736 \times P \text{ (cv)}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi} = \frac{1000 \times P \text{ (kW)}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi}$$

ou

$$\eta\% = \frac{736 \times P \text{ (cv)}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi} \times 100$$

### Dicionário

Rendimento: eficiência relativa no desempenho de determinada função ou tarefa.

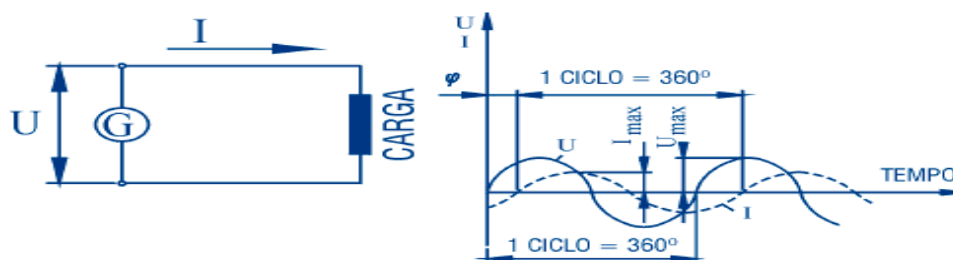
## Sistemas de Corrente

### Alternada monofásica

A corrente alternada se caracteriza pelo fato de que a tensão em vez de permanecer fixa, como entre os polos de uma bateria, varia com o tempo, mudando de sentido alternadamente, donde o seu nome. Pode ser:

No sistema monofásico uma tensão alternada  $U$  (volt) é gerada e aplicada entre dois fios, aos quais se liga a carga, que absorve uma corrente  $I$  (ampère).

**Figura 37** – Sistema monofásico.



Fonte: WEG (2012).

### Frequência

É o número de vezes por segundo que a tensão muda de sentido e volta à condição inicial. É expressa em "ciclos por segundo" ou "hertz", simbolizada por Hz.

$$U = U_{\max} / \sqrt{2} \text{ e } I = I_{\max} / \sqrt{2}.$$

### Tensão máxima ( $U_{\max}$ )

É o valor de "pico" da tensão, ou seja, o maior valor instantâneo atingido pela tensão durante um ciclo (esse valor é atingido duas vezes por ciclo, uma vez positivo e uma vez negativo).

### Defasagem ( $\varphi$ )

É o "atraso" da onda de corrente em relação à onda da tensão.

Em vez de ser medido em tempo (segundos), esse atraso é geralmente medido em ângulo (graus) correspondente à fração de um ciclo completo, considerando 1 ciclo = 360 graus.

### Corrente máxima ( $I_{\max}$ )

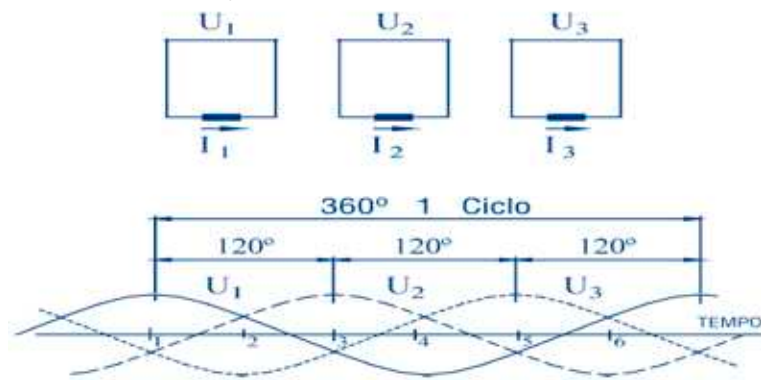
É o valor de "pico" da corrente.

### Alternada trifásica

### Valor eficaz de tensão e corrente ( $U$ e $I$ )

É o valor da tensão e corrente contínuas que desenvolvem potência correspondente àquela desenvolvida pela corrente alternada. Pode-se demonstrar que o valor eficaz vale:

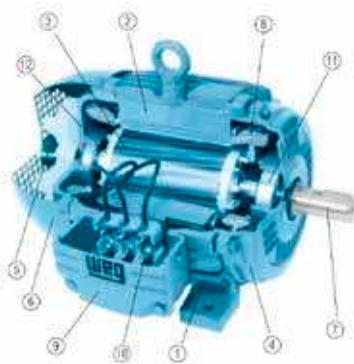
O sistema trifásico é formado pela associação de três sistemas monofásicos de tensões  $U_1$ ,  $U_2$  e  $U_3$ , tais que a defasagem entre elas seja de  $120^\circ$ , ou seja, os "atrasos" de  $U_2$  em relação a  $U_1$ , de  $U_3$  em relação a  $U_2$  e de  $U_1$  em relação a  $U_3$  sejam iguais a  $120^\circ$  (considerando um ciclo completo =  $360^\circ$ ). O sistema é equilibrado, isto é, as três tensões têm o mesmo valor eficaz  $U_1 = U_2 = U_3$ , conforme a Figura 38.

**Figura 38** – Sistema equilibrado.

Fonte: WEG (2012).

## Motor de Indução Trifásico

O motor de indução trifásico é composto fundamentalmente de duas partes: estator e rotor.

**Figura 39** – Motor trifásico.

Fonte: WEG (2012).

### Estator

- Carcaça (1): é a estrutura suporte do conjunto; de construção robusta em ferro fundido, aço ou alumínio injetado, resistente à corrosão e com aletas.
- Núcleo de chapas (2): as chapas são de aço magnético, tratadas termicamente para reduzir ao mínimo as perdas no ferro.
- Enrolamento trifásico (8): três conjuntos iguais de bobinas, uma para cada fase, formando um sistema trifásico ligado à rede trifásica de alimentação.

### Rotor

O rotor é composto por:

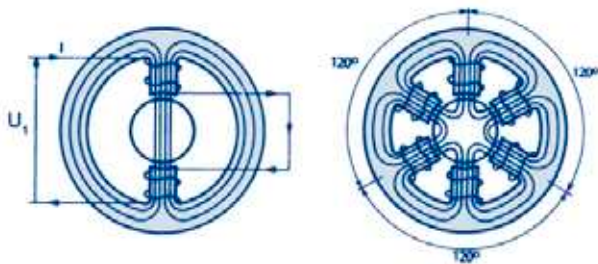
- Eixo (7): transmite a potência mecânica desenvolvida pelo motor. É tratado termicamente para evitar problemas como empenamento e fadiga.
- Núcleo de chapas (3): as chapas possuem as mesmas características das chapas do estator.
- Barras e anéis de curto-circuito (12): são de alumínio injetado sob pressão numa única peça.

Outras partes do motor de indução trifásico:

- Tampa (4).
- Ventilador (5).
- Tampa defletora (6).
- Caixa de ligação (9).
- Terminais (10).
- Rolamentos (11).

## Princípio de Funcionamento – Campo Girante

Quando uma bobina é percorrida por uma corrente elétrica, é criado um campo magnético dirigido conforme o eixo da bobina e de valor proporcional à corrente.

**Figura 40** – Campo magnético e campo girante.

Fonte: WEG (2012).

**Velocidade síncrona ( $n_s$ )**

A velocidade síncrona do motor é definida pela velocidade de rotação do campo girante, a qual depende do número de polos ( $2p$ ) do motor e da frequência ( $f$ ) da rede, em hertz.

O campo girante percorre um par de polos ( $p$ ) a cada ciclo. Assim, como o enrolamento tem polos ou pares de polos, a velocidade do campo será:

$$N_s = (60 \times f) / p \quad (\text{rpm})$$

Note que o número de polos do motor terá que ser sempre par, para formar os pares de polos. Para as frequências e “polaridades” usuais, as velocidades síncronas são:

**Tabela 23** – Velocidades síncronas.

Nº de pólos	Rotação síncrona por minuto	
	60 Hertz	50 Hertz
2	3.600	3.000
4	1.800	1.500
6	1.200	1.000
8	900	750
10	720	600

Fonte: WEG (2012).

**Escorregamento ( $s$ )**

Se o motor gira a uma velocidade diferente da velocidade síncrona, ou seja, diferente da velocidade do campo girante, o enrolamento do rotor “corta” as linhas de força magnética do campo e,

pelas leis do eletromagnetismo, circularão nele correntes induzidas.

Note que quanto maior for a carga, maior terá que ser o conjugado necessário para acioná-la. Para obter o conjugado, terá que ser maior a diferença de velocidade para que as correntes induzidas e os campos produzidos sejam maiores.

Portanto, à medida que a carga aumenta, cai a rotação do motor. Quando a carga for zero (motor em vazio), o motor girará praticamente com a rotação síncrona. A diferença entre a velocidade do motor  $n$  e a velocidade síncrona  $n_s$  chama-se escorregamento  $s$ , que pode ser expresso em rpm, como fração da velocidade síncrona, ou como porcentagem desta.

$$s = (n_s - n) / n_s \quad (\text{rpm}) \quad \text{ou} \quad s(\%) = (n_s - n) / n_s \times 100$$

**Velocidade nominal ( $n$ )**

É a velocidade (rpm) do motor funcionando à potência nominal, sob tensão e frequência nominais. Depende do escorregamento e da velocidade síncrona.

$$n = n_s \times \left( 1 - \frac{s(\%)}{100} \right) \quad (\text{rpm})$$



## 7.5 Características da Rede de Alimentação

### O Sistema

Caro(a) aluno(a), para sua informação, no Brasil, o sistema de alimentação pode ser monofásico ou trifásico. O sistema monofásico é utilizado em serviços domésticos, comerciais e rurais, enquanto o sistema trifásico, em aplicações industriais, ambos em 60 Hz.

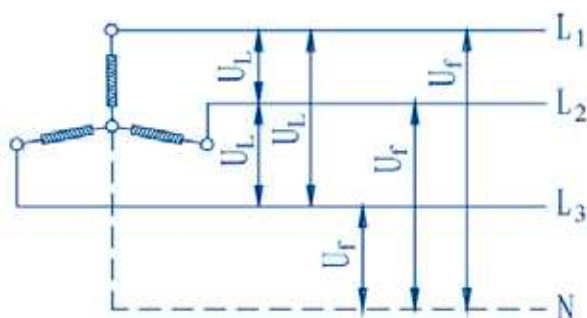
#### Trifásico

As tensões trifásicas mais usadas nas redes industriais são:

- Baixa tensão: 220 V, 380 V e 440 V.
- Média tensão: 2.300 V, 4.160 V e 6.600 V.

O sistema trifásico estrela de baixa tensão consiste de três condutores de fase (L1, L2, L3) e o condutor neutro (N), sendo este conectado ao ponto estrela do gerador ou secundário dos transformadores.

**Figura 41** – Sistema trifásico.



Fonte: WEG (2012).

#### Monofásico

As tensões monofásicas padronizadas no Brasil são as de 127 V (conhecida como 110 V) e 220 V.

Os motores monofásicos são ligados a duas fases (tensão de linha  $U_L$ ) ou a uma fase e ao neutro (tensão de fase  $U_f$ ). Assim, a tensão nominal do motor monofásico deverá ser igual à tensão  $U_L$  ou  $U_f$  do sistema.

### Tensão Nominal

É a tensão para a qual o motor foi projetado.

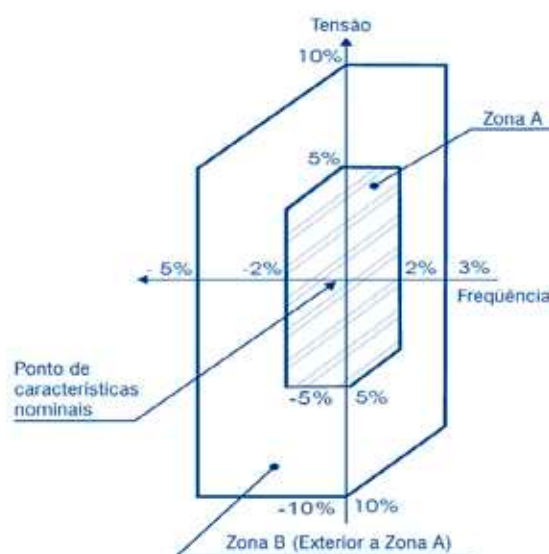
### Frequência Nominal (Hz)

É a frequência da rede para a qual o motor foi projetado.

### Tolerância de Variação de Tensão e Frequência

Conforme norma NBR 7.094:1996, para os motores de indução, as combinações das variações de tensão e de frequência são classificadas como Zona A ou Zona B.

**Figura 42** – Limites das variações de tensão e de frequência em funcionamento.



Fonte: WEG (2012).

## 7.6 Corrente de Partida em Motores Trifásicos

As partidas podem ser classificadas em:

### Partida Direta

A partida de um motor trifásico de gaiola deverá ser direta, por meio de contadores. Deve-se ter em conta que, para um determinado motor, as curvas de conjugado e corrente são fixas, independentemente da carga, para uma tensão constante.

No caso em que a corrente de partida do motor for elevada, você perceberá a ocorrência das seguintes consequências prejudiciais:

- elevada queda de tensão no sistema de alimentação da rede. Em função disso, provoca a interferência em equipamentos instalados no sistema;
- o sistema de proteção (cabos, contadores) deverá ser superdimensionado, ocasionando um custo elevado;
- a imposição das concessionárias de energia elétrica que limitam a queda de tensão da rede.

Caso a partida direta não seja possível, devido aos problemas citados acima, pode-se usar sistema de partida indireta para reduzir a corrente de partida:

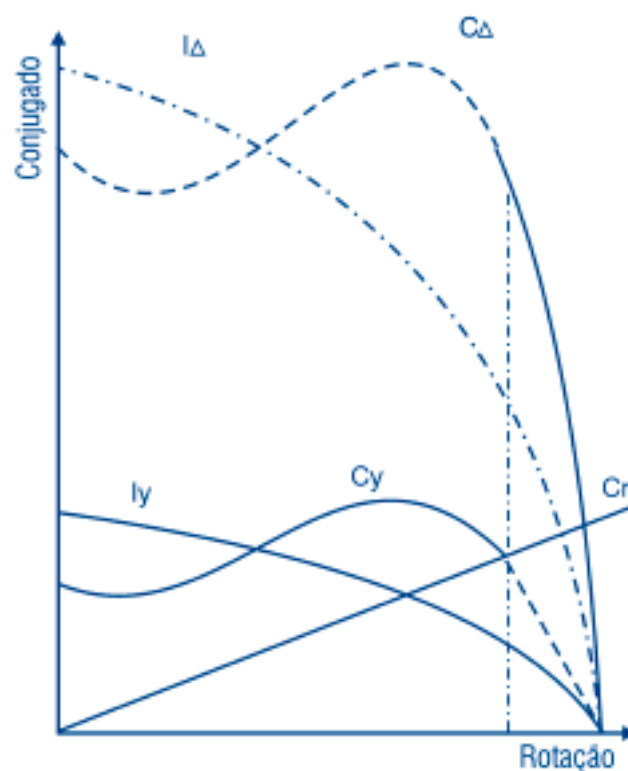
- chave estrela-triângulo;
- chave compensadora;
- chave série-paralelo;
- partida eletrônica (*soft-starter*).

### Partida com Chave Estrela-Triângulo (Y - $\Delta$ )

Entenda que é fundamental para a partida que o motor tenha a possibilidade de ligação em

dupla tensão, ou seja, em 220/380 V, em 380/660 V ou 440/760 V. A partida estrela-triângulo poderá ser usada quando a curva de conjugado do motor é suficientemente elevada para poder garantir a aceleração da máquina com a corrente reduzida. Na ligação estrela, a corrente fica reduzida para 25 a 33% da corrente de partida na ligação triângulo. O conjugado resistente da carga não poderá ultrapassar o conjugado de partida do motor, nem a corrente no instante da mudança para triângulo poderá ser de valor inaceitável.

**Figura 43** – Corrente e conjugado para partida estrela-triângulo de um motor de gaiola acionando uma carga com conjugado resistente  $C_r$ .

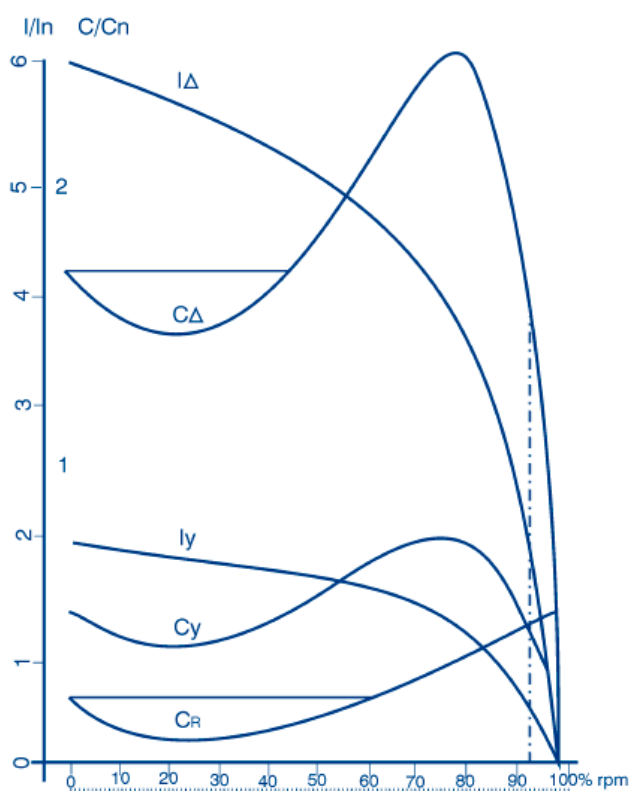


Fonte: WEG (2012).

- $I_{\Delta}$  – corrente em triângulo
- $I_Y$  – corrente em estrela
- $C_Y$  – conjugado em estrela
- $C_{\Delta}$  – conjugado em triângulo
- $C_r$  – conjugado resistente



**Figura 44** – Corrente e conjugado para partida estrela-triângulo de um motor de gaiola acionando uma carga com conjugado resistente  $C_R$  menor.



Fonte: WEG (2012).

$I_{\Delta}$  – corrente em triângulo

$I_Y$  – corrente em estrela

$C_{\Delta}$  – conjugado em triângulo

$C_Y$  – conjugado em estrela

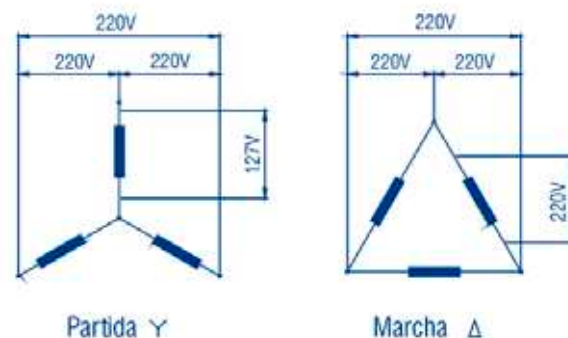
$C/C_n$  – relação entre o conjugado do motor e o conjugado nominal

$I/I_n$  – relação entre a corrente de partida e a corrente nominal

$C_R$  – conjugado resistente

Esquemáticamente, na Figura 45, tem-se a ligação estrela-triângulo num motor para uma rede de 220 V, notando-se que a tensão por fase durante a partida é reduzida para 127 V.

**Figura 45** – Ligação estrela-triângulo num motor para uma rede de 220 V.



Fonte: WEG (2012).

### Partida com Chave Compensadora

A chave compensadora pode ser usada para a partida de motores sob carga.

Ela reduz a corrente de partida, evitando uma sobrecarga no circuito, deixando, porém, o motor com um conjugado suficiente para a partida e aceleração. A tensão na chave compensadora é reduzida através de autotransformador que possui normalmente taps de 50, 65 e 80% da tensão nominal.

### Partida com Chave Série-Paralelo

Para partida em série-paralelo é necessário que o motor seja religável para duas tensões, a menor delas igual a da rede e a outra duas vezes maior.

### Partida Eletrônica (Soft-Starter)

O avanço da eletrônica permitiu a criação da chave de partida a estado sólido, a qual consiste de um conjunto de pares de tiristores (SCR) (ou combinações de tiristores/diodos), um em cada borne de potência do motor.

No final do período de partida, ajustável tipicamente entre 2 e 30 segundos, a tensão atinge seu valor pleno após uma aceleração suave ou uma rampa ascendente, ao invés de ser submetido a incrementos ou saltos repentinos.

Com isso, você consegue manter a corrente de partida (na linha) próxima da nominal e com suave variação.

Além da vantagem do controle da tensão (corrente) durante a partida, a chave eletrônica

apresenta, também, a vantagem de não possuir partes móveis ou que gerem arco, como nas chaves mecânicas. Este é um dos pontos fortes das chaves eletrônicas, pois sua vida útil torna-se mais longa.

**Tabela 24** – Métodos de partida x motores.

Execução dos enrolamentos	Tensão de serviço	Partida com chave estrela-triângulo	Partida com chave compensadora	Partida com chave série-paralela	Partida com Soft-starter
220/380 V	220V 380V	SIM NÃO	SIM SIM	NÃO NÃO	SIM SIM
220/440V 230/460V	220V/230V/ 440V/460V	NÃO NÃO	SIM SIM	SIM NÃO	SIM SIM
380/660V	380V	SIM	SIM	NÃO	SIM
220/380/440/760V	220V 380 440	SIM NÃO SIM	SIM SIM SIM	SIM SIM NÃO	SIM SIM SIM

Fonte: WEG (2012).

## 7.7 Sentido de Rotação de Motores Trifásicos

Um motor de indução trifásico trabalhará em qualquer sentido, dependendo da conexão com a fonte elétrica. Para inverter o sentido de rotação, inverte-se qualquer par de conexões entre motor e fonte elétrica.

## 7.8 Resumo do Capítulo

Vimos o universo de motores elétricos, especificamente o que é um motor elétrico, seus tipos, como fazer uma boa seleção e sua instalação, seus principais componentes, alguns conceitos importantes, o circuito e os seus métodos de partida.

## 7.9 Atividades Propostas

1. Como se classifica o sistema de alimentação e onde é utilizado?
2. Quais são os tipos de corrente de partida?

## 8

## DIMENSIONAMENTO (NORMAS E SIMBOLOGIA) DE INSTALAÇÕES

Caro(a) aluno(a),

Neste capítulo, mostraremos algumas simbologias e normas de instalações elétricas, hi-

dráulicas e pneumáticas, para sua melhor familiarização com os componentes e equipamentos.

Abordaremos, também, as caldeiras no cenário das instalações a vapor.

### 8.1 Símbolos Gráficos

#### Escopo

A primeira parte da norma estabelece princípios de orientação quanto ao uso dos símbolos gráficos. Os símbolos gráficos representam os elementos internos de um circuito e são construídos a partir de símbolos básicos e elementos funcionais estabelecidos com base em regras gerais instituídas para o planejamento e desenvolvimento dos símbolos funcionais. Os símbolos básicos e as regras de construção são também especificados.

#### Dicionário

Escopo: alvo, mira ou intuito.

#### Referência Normativa

- ISO 1219-1, Fluid power systems and components – Graphic symbols and circuit diagrams – Part 1: Graphic symbols.
- ISO 1219-2, Fluid power systems and components – Graphic symbols and circuit diagrams – Part 2: Circuit diagrams.

#### Saiba mais

Os diagramas são representações gráficas de um determinado fenômeno.

- Draft International Standard ISO/DIS 14617-5, Graphical symbols for diagrams. Part 5: Measurement and control devices

#### Definições

- **Símbolos básicos:** são representações gráficas utilizadas para a formação de símbolos funcionais.
- **Símbolos funcionais:** são representações gráficas das funções dos componentes hidráulicos e pneumáticos, sendo constituídos de símbolos básicos.

#### Declaração de Identificação

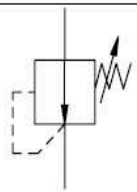
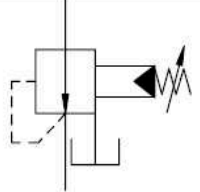
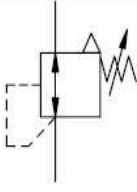

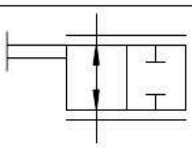
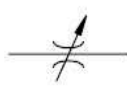

Use o seguinte enunciado quando a elaboração e a construção de circuitos hidráulicos e/ou pneumáticos estiverem fundamentadas ou em consenso com a norma NBR 8.896.

“Os diagramas de circuitos estão em conformância com a norma NBR 8.896, Sistemas e componentes hidráulicos e pneumáticos – Símbolos gráficos e diagramas de circuitos.”

## 8.2 Simbologia Hidráulica e Pneumática




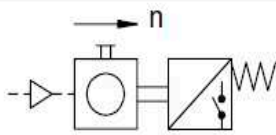
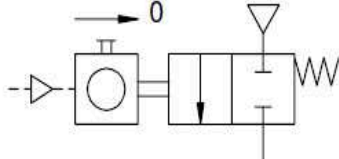




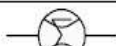
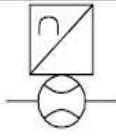

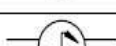
Vamos conhecer alguns símbolos que representam a parte hidráulica e pneumática, pois em um projeto você precisa conhecê-los para uma boa interpretação e exposição.

**Tabela 25 – Símbolos hidráulicos e pneumáticos.**

11.4.2.5	Válvula redutora de pressão	Estágio simples, com mola regulável	
11.4.2.6	Válvula redutora de pressão	Duplo estágio, mola de ajuste (pré-carga) com pilotagem hidráulica, piloto externo de retorno	
11.4.2.7	Válvula pneumática redutora de pressão com alívio	Se a pressão na saída excede a pressão regulada, a pressão é descarregada para a atmosfera	
11.5	Válvulas de Controle de Vazão		
11.5.1	Regras gerais Válvulas com compensação podem proporcionar uma vazão controlada praticamente constante, em pelo menos uma das seguintes condições: a.) Com variação na pressão de entrada acima da pressão de saída (compensação de pressão) b.) Com variação na temperatura do fluido (compensação de temperatura) O símbolo simplificado não indica a forma de acionamento nem o estado inicial da válvula		
11.5.2	Exemplos		
11.5.2.1	Válvulas de controle de vazão sem compensação	A vazão através da válvula é alterada em função da variação no diferencial de pressão e/ou na temperatura e/ou na viscosidade do fluido	
11.5.2.1.1	Válvula redutora de vazão fixa Restrição fixa	Com orifício de passagem fixo	
11.5.2.1.2	Válvula redutora de vazão ajustável Restrição variável	Sem indicação do método de acionamento, nem do estado (aberto, fechado) da válvula	  Detalhado                      Simplificado
11.5.2.1.3	Válvula de bloqueio	Normalmente uma das posições é completamente fechada	

**Fonte:** Badia e Dutra Filho (2008).

**Tabela 26 – Símbolos pneumáticos.**

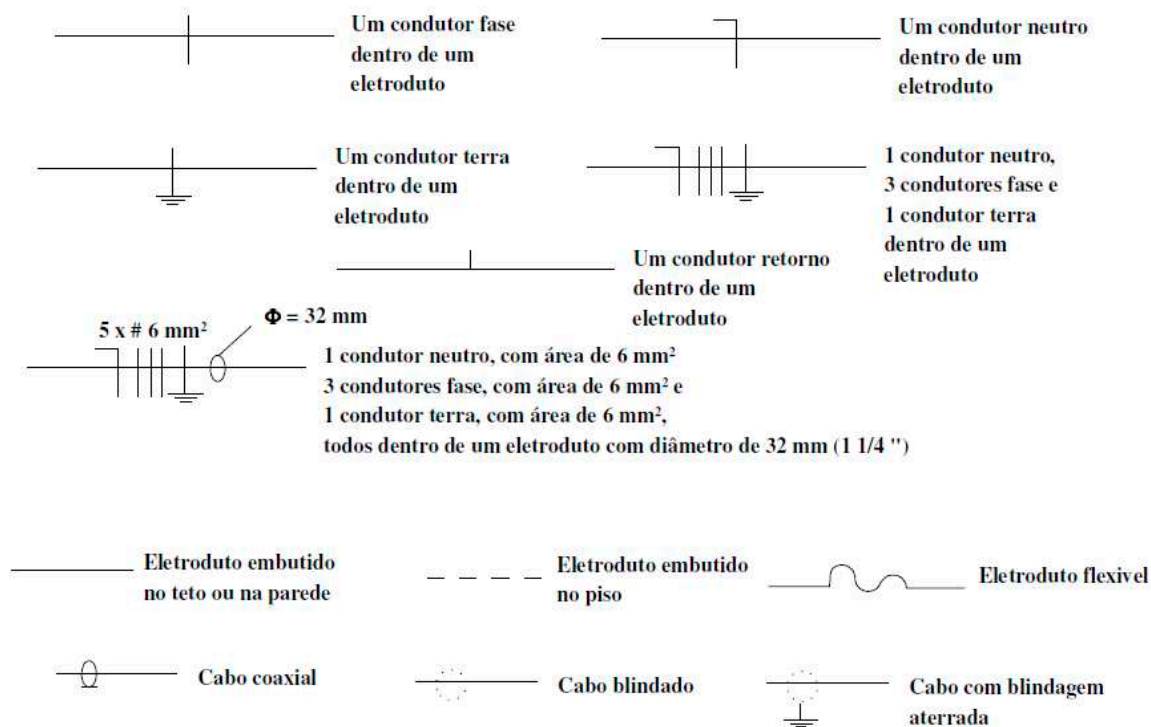
13.1	Instrumentos de medição e indicadores		
13.1.1	Exemplos		
13.1.1.1	Indicador de pressão	Símbolo genérico	
13.1.1.2	Manômetro/ vacuômetro		
13.1.1.3	Manômetro diferencial		
13.1.1.4	Contador de pulsos	Com sinal de saída elétrico e reinicializador manual	
13.1.1.5	Contador de pulsos	Com sinal de saída pneumático e reinicializador manual	
13.1.1.6	Indicador de nível do fluido	Somente na posição vertical	
13.1.1.7	Termômetro		
13.1.1.8	Indicador de vazão		
13.1.1.9	Medidor de vazão		
13.1.1.10	Medidor de vazão cumulativo (totalizador)		
13.1.1.12	Transdutor de vazão	Gera um sinal elétrico analógico a partir de uma entrada em vazão	
13.1.1.13	Tacômetro	Medidor de frequência da rotação	
13.1.1.14	Medidor de torque (dinamômetro)	Medição de torque	

Fonte: Badia e Dutra Filho (2008).

## 8.3 Simbologia Elétrica

### Simbologia para Condutores, Cabos e Eletrodutos

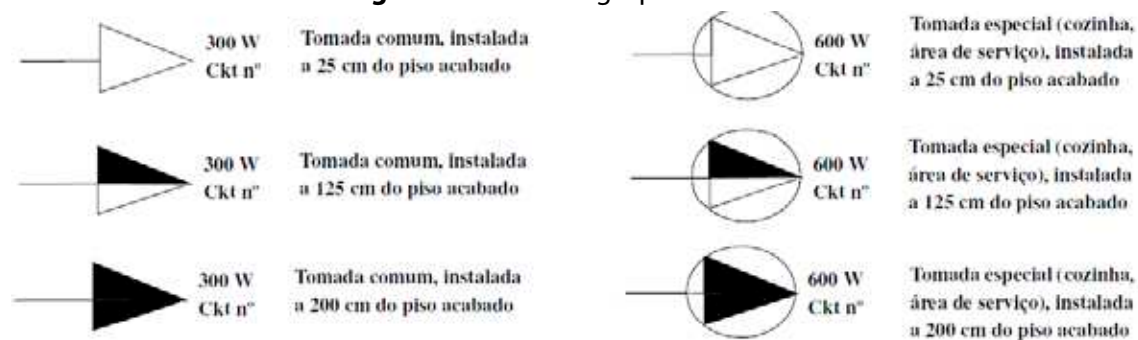
**Figura 46** – Simbologia para condutores, cabos e eletrodutos.



Fonte: ABNT (2012).

### Simbologia para Tomadas

**Figura 47** – Simbologia para tomadas.

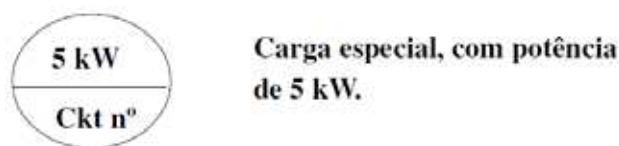


Fonte: ABNT (2012).



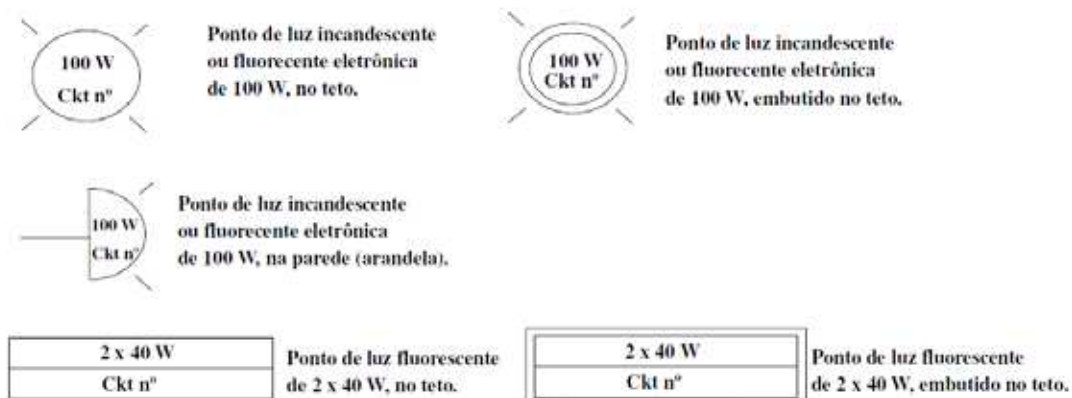
## Simbologia para Cargas Específicas ou Especiais

**Figura 48** – Simbologia para cargas específicas ou especiais.



Fonte: ABNT (2012).

**Figura 49** – Simbologia para circuitos de iluminação.



Fonte: ABNT (2012).

## Simbologia para Interruptores

**Figura 50** – Simbologia para interruptores.

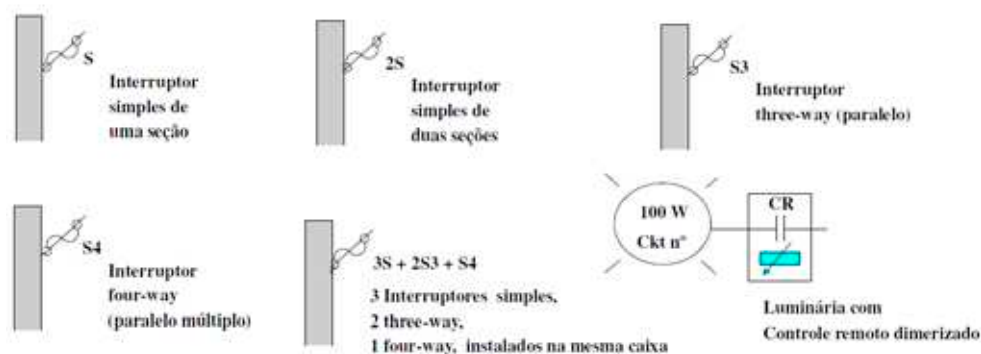
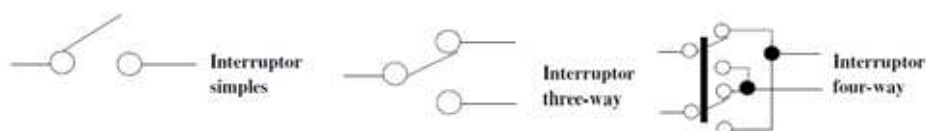


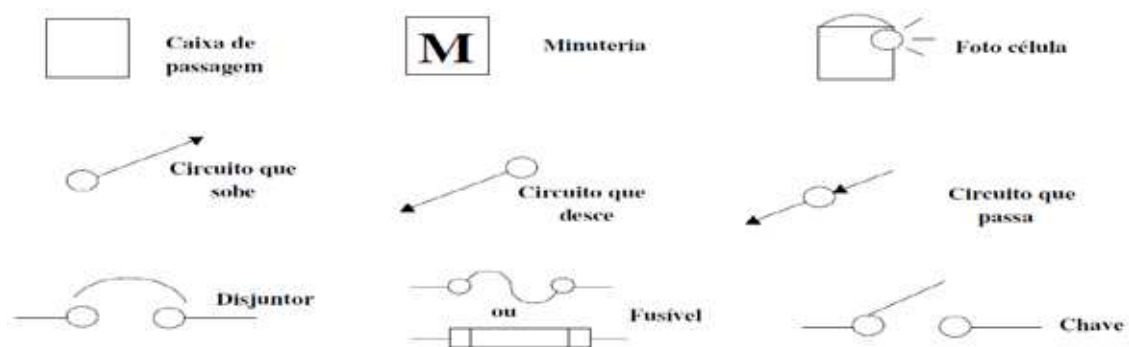
Figura 1.5 – Simbologia para interruptores



Fonte: ABNT (2012).

## Simbologias Outras

**Figura 51** – Simbologias outras.



Fonte: ABNT (2012).

## Simbologias Gráficas Segundo ABNT, DIN, ANSI e IEC

**Tabela 27** – Grandezas elétricas fundamentais.

Nº	Significado	ABNT	DIN	ANSI	IEC
1	Tensão contínua			DC	
2	Tensão alternada			AC	
3	Tensão contínua e alternada				
4	Ex. de tensão alternada, monofásica, 60 Hz	1~ 60 Hz	1~ 60 Hz	1Phase-2 wire-60 Hz	1~ 60 Hz
5	Ex. de tensão (220V) alternada, trifásica, 3 condutores, 60 Hz	1~ 60 Hz 220V	1~ 60 Hz 220V	3Phase-3 wire-60 Hz-220V	1~ 60 Hz 220V

Fonte: ABNT (2012).



**Tabela 28** – Condutores, fios, cabos e linhas interligadas.

Nº	Significado	ABNT	DIN	ANSI	IEC
9	Condutor (geral)				
10	Condutor flexível				
11	Condutor de proteção				
12	Cabo coaxial				
13	Cabo blindado				
14	Cabo com blindagem aterrada				
15	Cabo com indicação do nº de condutores (3)				
16	N condutores				
17	Grupo de condutores, mantida a sequência				
18	Conexão elétrica dos condutores				
19	Conexão fixa Conexão removível				
20	Bloco terminal com 4 terminais				

Fonte: ABNT (2012).

## 8.4 Simbologia de Instalações a Vapor

### Caldeiras a Vapor

#### Conceito

Caldeiras ou geradores de vapor d'água são equipamentos destinados a mudar o estado da água do líquido para o de vapor, a fim de ser usado em aquecimento, no acionamento de máquinas motrizes (turbinas e máquinas alternativas), em processos industriais.

#### Tipos de caldeira a vapor

#### Caldeiras flamotubulares ou fogotubulares

Os gases quentes vindos de uma fornalha escoam no interior de tubos circundados pela água a ser evaporada, a qual se situa no interior

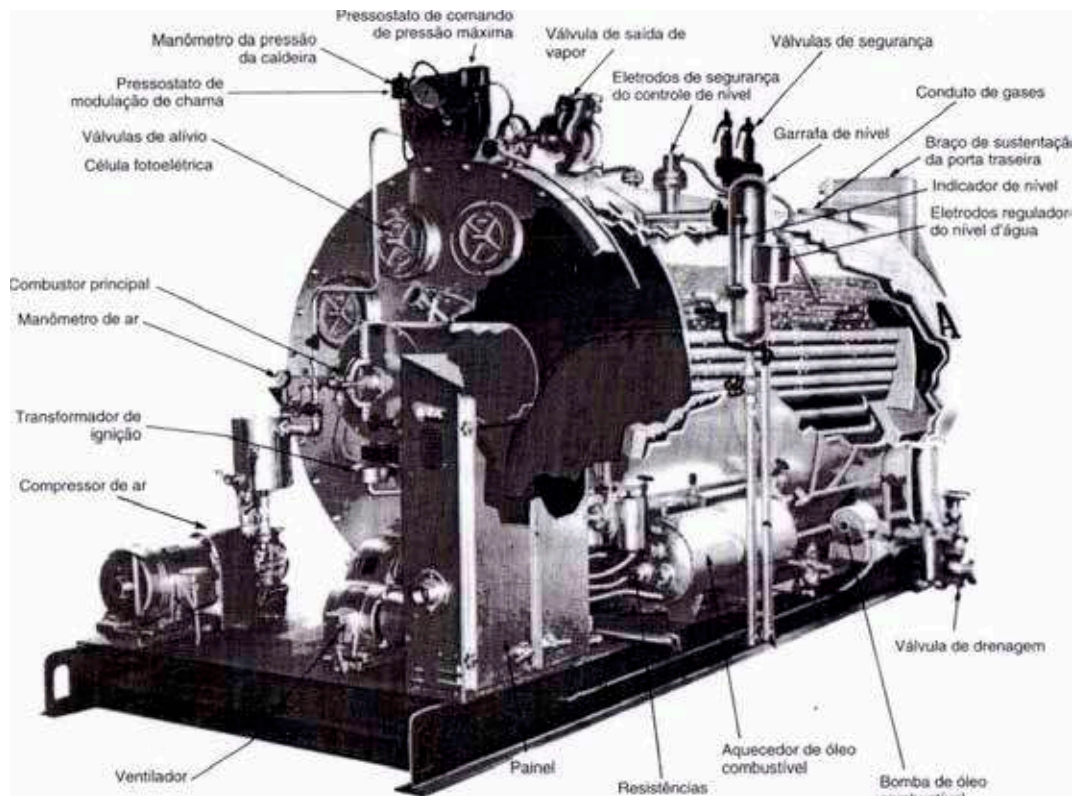
de um encamisamento de chapas de aço soldadas.

#### Caldeiras aquatubulares

O aquecimento se faz externamente a um feixe de tubos contendo água e em comunicação com um ou mais reservatórios ou tambores.

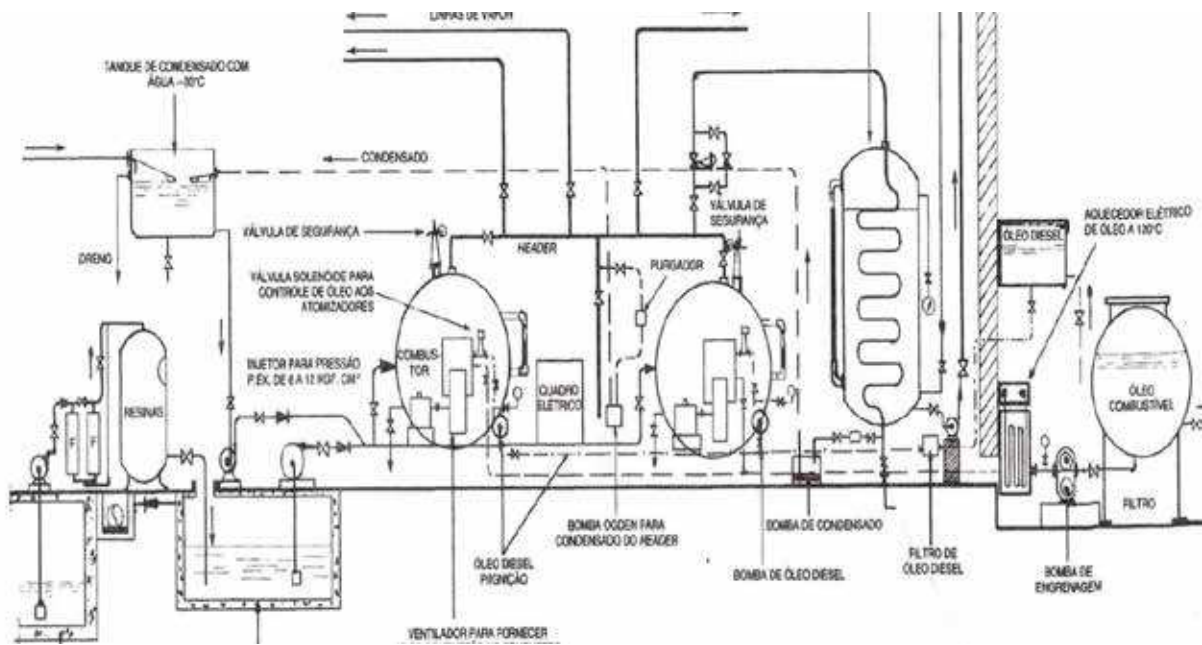
São fabricados para produção de 50.000 kgf de vapor por hora.

**Figura 52 – Caldeira ATA.**



**Fonte:** Macintyre (2012).

**Figura 53** – Casa da caldeira – simbologia de vapor, hidráulica e pneumática.



**Fonte:** Macintyre (2012).

## 8.5 Resumo do Capítulo

O objetivo principal deste capítulo foi o de possibilitar a representação das funções realizáveis com componentes hidráulicos e pneumáticos, independentemente da forma construtiva, das inovações tecnológicas e do fabricante, não impedindo ou criando limitações demasiadamente rígidas quanto ao uso e/ou aplicação do símbolo. Desse modo, a norma define os símbolos lógicos básicos e as regras para elaboração dos símbolos compostos.

## 8.6 Atividades Propostas

1. O que vem a ser uma caldeira a vapor?
2. Para que servem os símbolos gráficos?

# RESPOSTAS COMENTADAS DAS ATIVIDADES PROPOSTAS

## CAPÍTULO 1

1. As etapas são:
  - determinação do tipo de equipamento a executar uma determinada operação;
  - determinação dos materiais mais adequados para a elaboração de um determinado produto;
  - determinação da sequência de fabricação necessária para a obtenção do produto final;
  - determinação do retorno do investimento com a escolha do equipamento mais adequado economicamente para aquela etapa de fabricação.

2. Resposta C.

Estes são os fatores que possuem envolvimento com a edificação:

- movimentação interna;
- área de *layout*;
- tipo de equipamento;
- processo produtivo;
- fatores humanos envolvidos, como iluminação, umidade, ventilação etc.

Portanto, o item C, não é pertinente a esse grupo de fatores.

## CAPÍTULO 2

1.
  - Capacidade do projeto.
  - Capacidade efetiva ou real.
  - Capacidade a instalar.
2. A pesquisa do mercado nos fornece a faixa de mercado a ser atendida, e como o consumidor espera que o produto lhe seja oferecido.

Assim, teremos: distribuição direta ao consumidor, distribuição em grande escala ao intermediário, criação de redes de supermercados etc.

O tipo de distribuição orientará transportes e armazenamentos, e aspectos de venda (centros de distribuição, lojas, representações etc.).

## CAPÍTULO 3

1.

**Consórcio modular:** é uma ampliação do conceito de condomínio industrial, onde o fornecedor se localiza dentro da planta da montadora e é responsável por todas as etapas de montagem de seus itens no veículo.

**Cluster:** é um nome utilizado para caracterizar um agrupamento natural de empresas similares em determinada região geográfica, com as mesmas características econômicas e com um objetivo comum de competitividade.

2. Alternativa D

Os fatores que pertencem ao processo de seleção são:

- mercado;
- matéria-prima;
- clima;
- energia;
- transportes;
- mão de obra e salários;
- leis e impostos;
- serviços urbanos e atitudes da comunidade;
- água e escoamento de resíduos;
- comunicações.

## CAPÍTULO 4

1. É a situação de trabalho que existe quando um operário atende 1,2,3,.....n máquinas, numa sequência predeterminada e existindo tempo-padrão para o atendimento de cada uma das operações.
2. Caso haja o não atingimento da previsão de vendas, são possíveis dois tipos de falha: **de projeto ou de execução**. Se o erro é de projeto, este pode ser refeito em face da realidade, e teremos a meta refeita e atualizada, possibilitando correções em tempo hábil, provavelmente. Se o erro é de execução, levantado através da comparação com o projeto, deve-se localizá-lo e corrigi-lo.

## CAPÍTULO 5

1. Tipos de *layout*:
  - processo ou funcional;
  - em linha;
  - celular;
  - posição fixa;
  - combinado.

2. O Tempo do Ciclo (TC) expressa a frequência com que uma peça deve sair da linha ou, em outras palavras, o intervalo de tempo entre duas peças consecutivas.

## CAPÍTULO 6

1. Um produto mal dimensionado pode provocar a elevação dos custos e, por outro lado, o surgimento dos sistemas de trabalho complexos, onde o desempenho humano é crítico, e o desenvolvimento desses sistemas fizeram com que houvesse a dependência das dimensões antropométricas dos seus operadores.

2.

### Para o corpo:

- As mãos devem iniciar os movimentos ao mesmo tempo.
- As mãos não devem permanecer paradas ao mesmo tempo (a não ser em períodos de descanso).

### Para as ferramentas e para os equipamentos:

- Devem ser utilizados gabaritos e suportes para livrar as mãos de segurar objetos.
- Duas ou mais ferramentas devem ser combinadas.

### Para o ambiente de trabalho:

- Deve haver um local predeterminado para todos os materiais, ferramentas e demais objetos.
- Os materiais, as ferramentas e demais objetos devem ser dispostos obedecendo aos aspectos antropométricos do operador.

## CAPÍTULO 7

1. O sistema de alimentação pode ser monofásico ou trifásico. O sistema monofásico é utilizado em serviços domésticos, comerciais e rurais, enquanto o sistema trifásico, em aplicações industriais, ambos em 60 Hz.
2. Tipos de partidas:
  - direta;
  - com chave estrela-triângulo;
  - com chave compensadora;
  - com chave série-paralelo;
  - eletrônica.

## CAPÍTULO 8

1. Caldeiras ou geradores de vapor d'água são equipamentos destinados a mudar o estado da água do líquido para o de vapor, a fim de ser usado em aquecimento, no acionamento de máquinas motrizes (turbinas e máquinas alternativas), em processos industriais.
2. Os símbolos gráficos representam os elementos internos de um circuito e são construídos a partir de símbolos básicos e elementos funcionais estabelecidos com base em regras gerais instituídas para o planejamento e desenvolvimento dos símbolos funcionais. Os símbolos básicos e as regras de construção são também especificados.



## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Componentes e sistemas hidráulicos e pneumáticos**: símbolos gráficos e diagramas de circuitos. Disponível em: <<ftp://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM261/Conteudo%20para%201TE/04%20Simbologia%20ABNT.pdf>>. Acesso em: 24 jul. 2012.

BADIA, J. O.; DUTRA FILHO, G. D. **Interpretação de projetos elétricos**. Pelotas: CEFET, 2008.

MACINTYRE, J. A. **Equipamentos industriais e de processos**. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações elétricas industriais**: exemplo de aplicação. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

OLIVÉRIO, J. L. **Projeto de fábrica**: produtos, processos e instalações industriais. São Paulo: IBLC, 1985.

TELLES, P. C. S. **Tubulações industriais**: materiais, projeto, montagem. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

WEG. **Manual de motores elétricos**: guia de especificações. 11. ed. Jaraguá do Sul: WEG, set. 2012.

WIKIPÉDIA. **Macroeconomia**. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Macroeconomia>>. Acesso em: 15 set. 2012.