

---

CPM – Programa de Certificação do Pessoal de Manutenção

---

# **Instrumentação**

---

## **Ferramentas e Materiais para Instalação da Instrumentação**



---

## Ferramentas e Materiais para Instalação da Instrumentação – Instrumentação

© SENAI – ES, 1999

Trabalho realizado em parceria SENAI / CST (Companhia Siderúrgica de Tubarão)

Coordenação Geral	Evandro de Figueiredo Neto (CST) Robson Santos Cardoso (SENAI)
Supervisão	Rosalvo Marcos Trazzi (CST) Fernando Tadeu Rios Dias (SENAI)
Elaboração	Celio Marcio Lopes (CST) Ulisses Barcelos Viana (SENAI)
Aprovação	Alexandre Kalil Hanna (CST) Carlos Athico Prates (CST) Wenceslau de Oliveira (CST)

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial  
CTIIAF – Centro Técnico de Instrumentação Industrial Arivaldo Fontes  
Departamento Regional do Espírito Santo  
Av. Marechal Mascarenhas de Moraes, 2235  
Bento Ferreira – Vitória – ES  
CEP  
Telefone: (27) 3334 - 5211  
Telefax: (27) 3334 - 5217

CST – Companhia Siderúrgica de Tubarão  
Departamento de Recursos Humanos  
Av. Brigadeiro Eduardo Gomes, nº 963, Jardim Limoeiro – Serra – ES  
CEP 29163-970  
Telefone: (27) 348-1333

## Índice

<b>Assunto</b>	<b>Página</b>
Introdução.....	4
Alicates.....	4
Conectores à Compressão.....	9
Chaves de Aperto.....	10
Arco de Serra.....	17
Ferro de Solda.....	18
Torquímetro.....	19
Compassos.....	21
Limas.....	21
Furadeiras.....	23
Brocas.....	26
Machos de Roscar.....	28
Desandadores.....	32
Cossinetes.....	34
Talhadeira e Bedame.....	36
Ponteira.....	37
Punção de Bico.....	37
Martelo e Macete.....	38
Serra Tico-Tico.....	39
Escadas.....	40
Ferramentas de curvar tubos metálicos rígidos.....	41
Tubulações.....	42
Principais materiais para tubos.....	43
Tubos de aço carbono.....	44
Aços-liga e aços inoxidáveis.....	46
Tubos de metais não-ferrosos.....	47
Tubos não-metálicos.....	48
Tubos de materiais plásticos.....	50
Principais materiais plásticos para tubulações.....	53
Problema geral da seleção dos materiais.....	55

## Ferramentas e Acessórios

### **Introdução**

A execução das instalações elétricas, como de resto a realização de qualquer instalação ou montagem, depende muito do ferramental empregado e de como o mesmo é utilizado. Instrumentos e ferramentas adequadas ao serviço que se está realizando facilitam o trabalho e dão correção e segurança ao mesmo. Com ferramentas adequadas ao serviço, ganha-se tempo, executa-se a tarefa dentro do melhor padrão e despende-se menos energia. Descrevemos as principais ferramentas empregadas em trabalhos de eletricidade, seu uso correto e em que são mais empregadas.

### **Alicates**

#### **Descrição:**

São ferramentas manuais de aço carbono feitas por fundição ou forjamento, compostas de dois braços e um pino de articulação, tendo em uma das extremidades dos braços, suas garras, cortes e pontas, temperadas e revenidas.

#### **Utilização:**

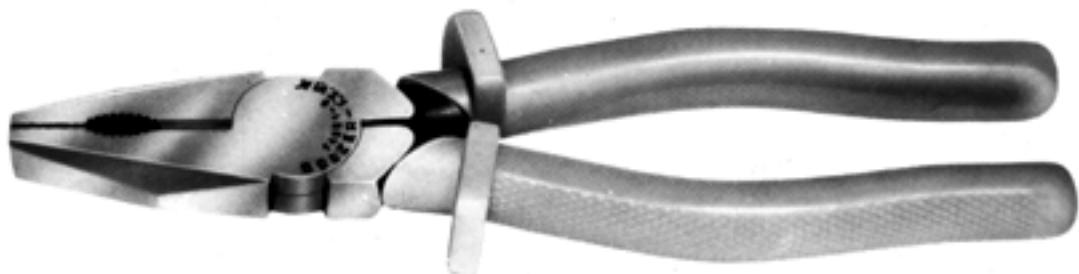
O Alicate serve para segurar por apertos, cortar, dobrar, colocar e retirar determinadas peças nas montagens.

#### **Classificação:**

Os principais tipos de alicate são:

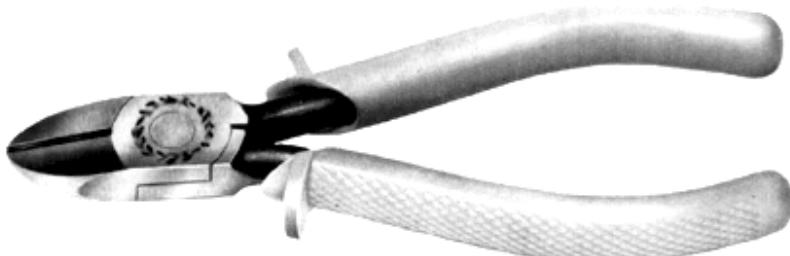
1. Alicate Universal
2. Alicate de Corte
3. Alicate de Bico
4. Alicate de Compressão
5. Alicate de Eixo Móvel

O **Alicate Universal** serve para efetuar operações como segurar, cortar e dobrar.

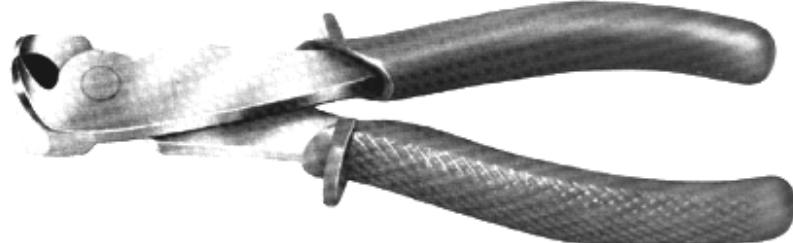


O **Alicate de Corte** serve para cortar chapas, arames e fios.

Corte Diagonal

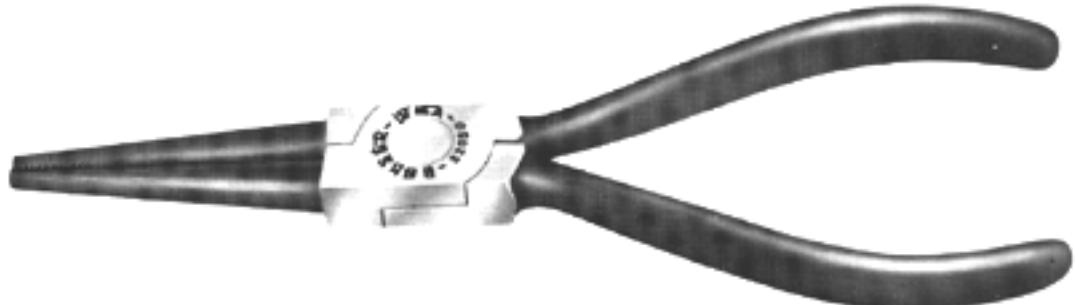


Corte Frontal

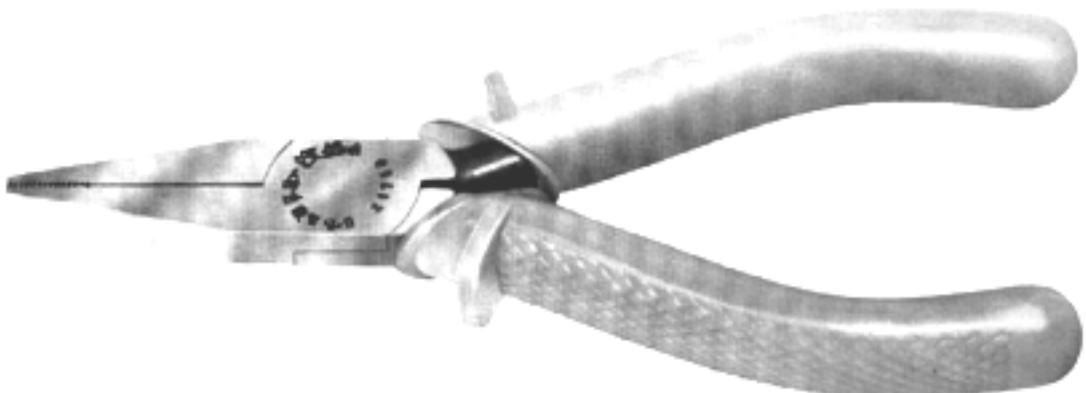


O **Alicate de Bico** é utilizado em serviços de mecânica e eletricidade.

Bico redondo.



Bico chato.



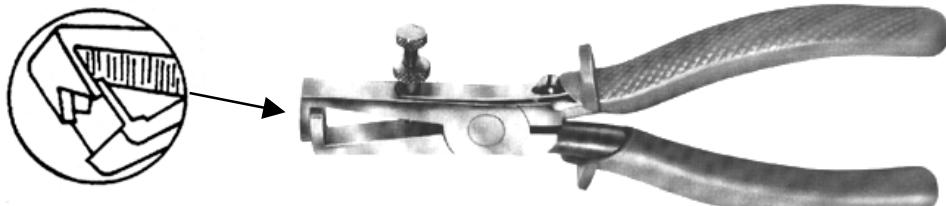
O **Alicate de Pressão** trabalha por pressão e dá um aperto firme às peças, sendo sua pressão regulada por intermédio de um parafuso existente na extremidade.



O **Alicate de Eixo Móvel** é utilizado para trabalhar com peças cilíndricas, sendo sua articulação móvel, para possibilitar maior abertura.



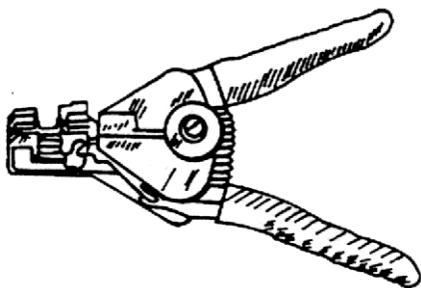
### Desencapador de Fios



Este é bastante simples e se assemelha a um alicate. Regula-se a abertura das lâminas de acordo com o diâmetro do condutor a ser desencapado.

Outro tipo de desencapador é o desarme automático. Nele existem orifícios com diâmetros reguláveis correspondentes aos diversos condutores. Ao pressionar suas hastes, tanto o corte

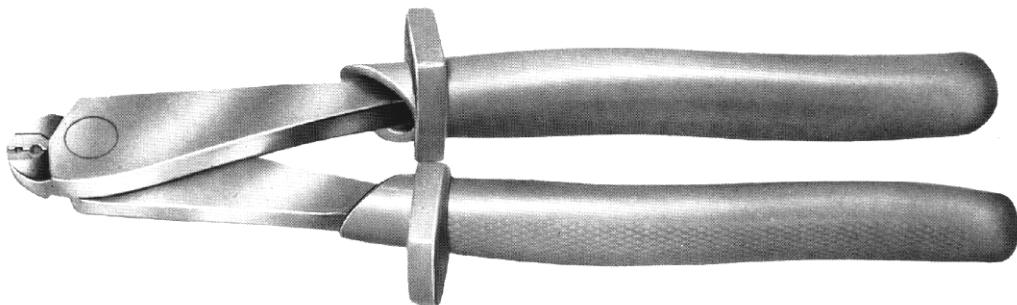
como a remoção da isolação são executados.



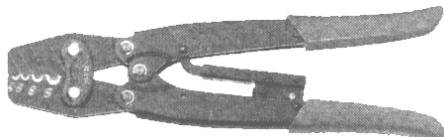
## Alicates Prensa Terminal

### Alicate Manual

Alicate manual para instalar terminais e emendas não isolados. Possui matriz fixa para compressão, cortadora e desencapadadora de fios e cabos.

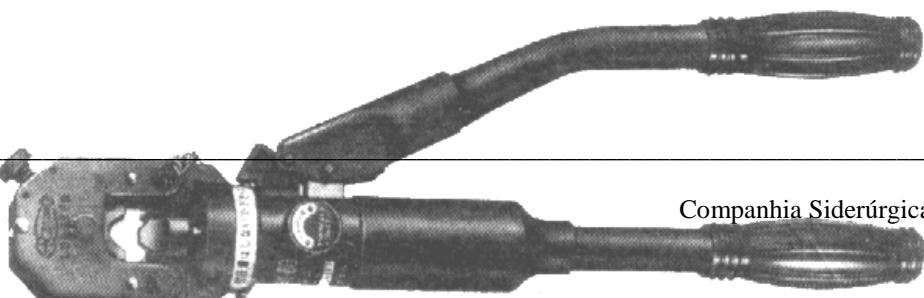


**Alicate de pressão**, que funciona sob o princípio de catraca e destina-se exclusivamente para a fixação dos terminais e emendas pré-isoladas. Possui matrizes que realizam simultaneamente as compressões do barril e da luva plástica dos terminais.

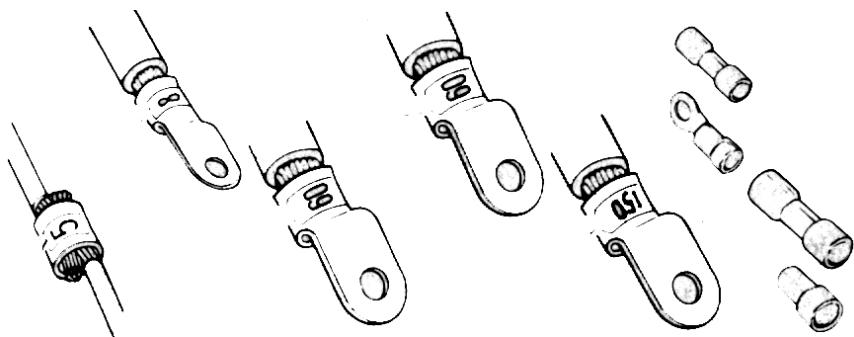


### Alicate Hidráulico

O alicate hidráulico, tem a cabeça rotativa, permitindo a sua utilização em qualquer ângulo. Possui um avanço manual, além do avanço hidráulico, o que permite o ajuste rápido da abertura dos mordentes, e é isolado com neoprene, exceto a cabeça. Utilizável com matrizes intercambiáveis, para vários diâmetros de terminais.

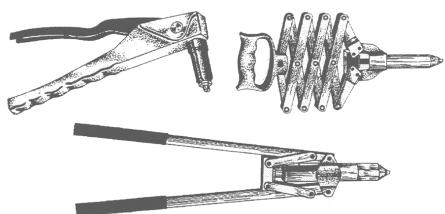


### Conectores à Compressão



### Alicate Rebitador

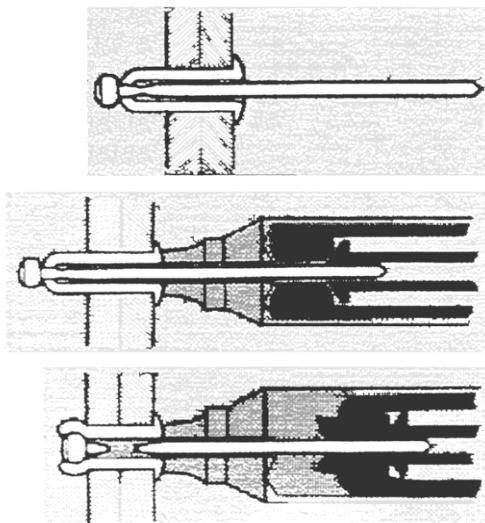
Alicate usado para efetuar a fixação de peças com rebites.



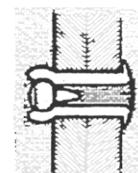
### *Rebites:*



### *Procedimento de Rebitagem*



Col  
oca  
-se  
o  
reb  
ite  
no  
fur  
o.



O  
reb  
itad  
or  
aga  
rra

o mandril.

O rebitador traciona o mandril e a cabeça deste efetua a rebitagem, que estará completa com o final destaque da haste.

A rebitagem está concluída e as partes firmemente fixadas.

## **Chaves de Aperto**

### **Descrição**

São ferramentas geralmente de aço vanádio ou aço cromo extra duros, que utilizam o princípio da alavancaria para apertar ou desapertar parafusos e porcas.

## Comentários

As chaves de aperto caracterizam-se por seus tipos e formas, apresentando-se em tamanhos diversos e tendo o cabo (ou braço) proporcional à boca.

## Classificação

As Chaves de aperto classificam-se em:

1. Chave de Boca Fixa Simples
2. Chave Combinada (de boca e de estriadas)
3. Chave de Boca Fixa de Encaixe
4. Chave de Boca Regulável
5. Chave Allen
6. Chave Radial ou de Pinos
7. Chave Corrente ou Cinta
8. Chave Soquete

A **Chave de Boca Fixa simples** comprehende dois tipos, tais como: de uma boca e de duas bocas



Utiliza o princípio da alavanca para apertar ou desapertar parafusos e porcas.

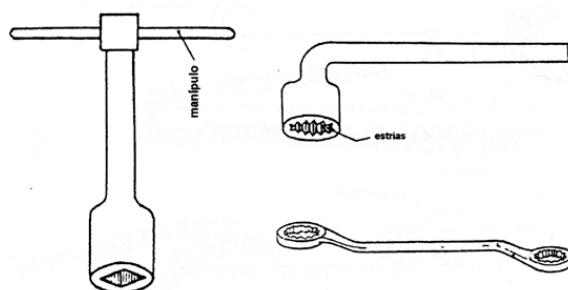
## Chave Combinada



Neste modelo combinam-se os dois tipos básicos existentes: de boca e de estrias.

A de estrias é mais usada para "quebrar" o aperto e a de boca para extrair por completo a porca ou parafuso.

**A Chave de Boca Fixa de Encaixe** (Chave de Estria e Chave Copo) é encontrada em vários tipos e estilos

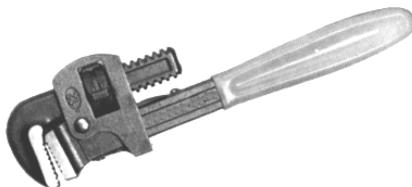


A chave de estrias se ajusta ao redor da porca ou parafuso, dando maior firmeza, proporcionando um aperto mais regular, maior segurança ao operador; geralmente se utiliza em locais de difícil acesso.

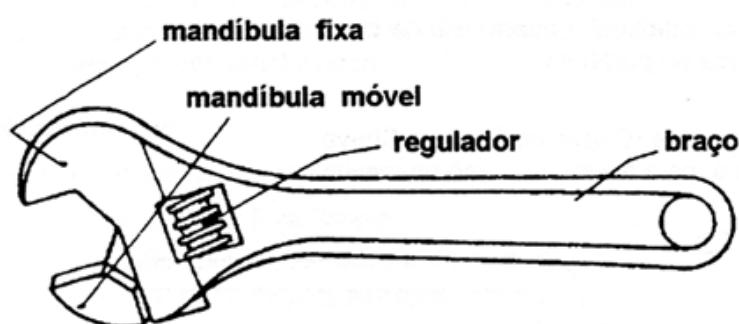
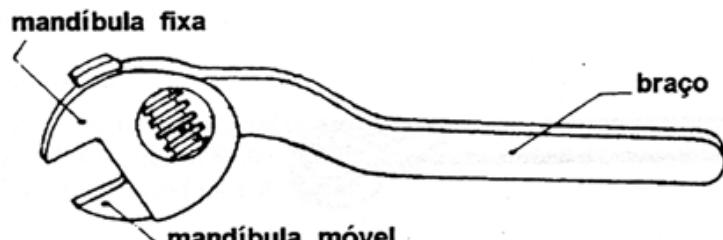
**A Chave de Boca Regulável** é aquela que permite abrir ou fechar a mandíbula móvel da chave, por meio de um parafuso regulador ou porca. Existem dois tipos: chave de grifo e chave inglesa.

Permite abrir e fechar a mandíbula móvel da chave, por meio de uma porca reguladora. Conhecida como chave de grifo.

Mais usada para serviços em tubulações.



Permite abrir e fechar a mandíbula móvel da chave, por meio de um parafuso regulador. Conhecida como chave inglesa.



**A Chave Allen ou Chave para Encaixe Hexagonal** é utilizada em parafusos cuja cabeça tem um sextavado interno. É encontrada em jogo de seis ou sete chaves.

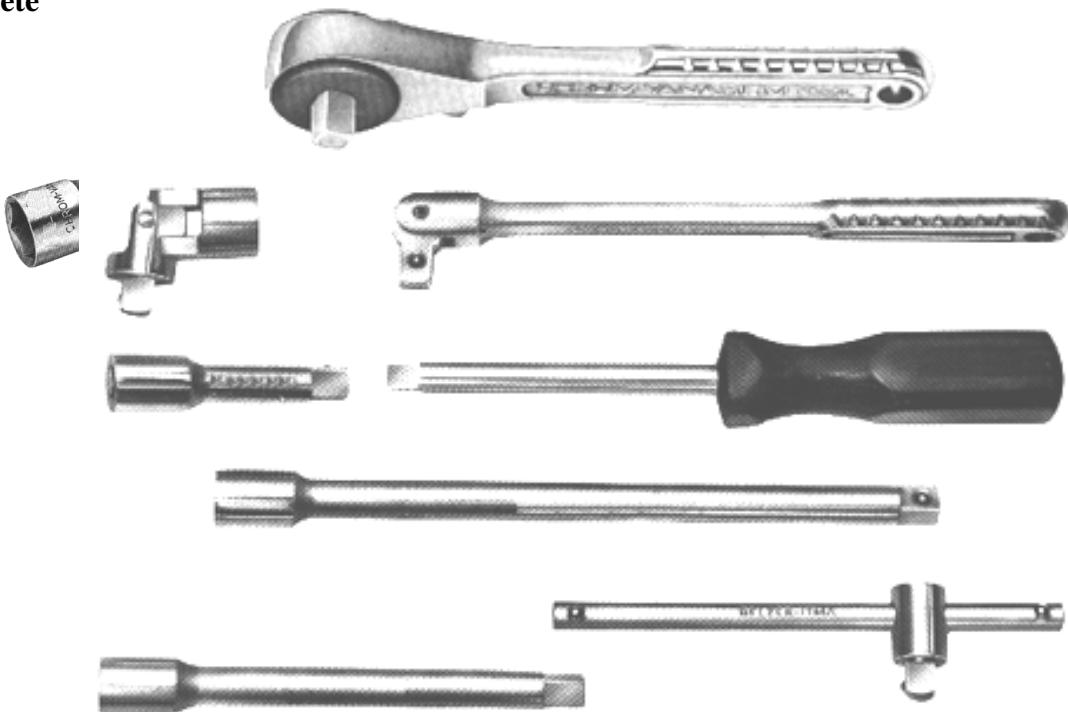


### Chave Corrente (ou cinta)



Usada para serviços em tubulações; sua concepção singular permite fácil utilização em locais de difícil acesso.

### **Chave Soquete**



Indicada para eletro-eletrônica e mecânica leve.

Capacidade de uso em locais de difícil acesso.

Os soquetes ou chaves de caixa, podem ser incluídas entre as chaves de estriadas. Também conhecidas como "**chave cachimbo**".

Substituem as chaves de estriadas e de boca. Permitem ainda operar em montagem e manutenção de parafusos ou porcas embutidos em lugares de difícil acesso.

### ***Recomendações***

Algumas medidas devem ser observadas para a utilização e conservação das chaves de aperto, tais como:

1. As chaves de aperto devem estar justas nos parafusos ou porcas
2. Evitar dar golpes com as chaves
3. Limpá-las após o uso
4. Guardá-las em lugares apropriados

### **Chave de Parafuso de Fenda**

A chave de parafuso de fenda é uma ferramenta de aperto constituída de uma haste cilíndrica de aço carbono, com uma de suas extremidades forjada em forma de cunha e a outra em forma de espiga prismática ou cilíndrica estriada, onde acopla-se um cabo de madeira ou plástico.

É empregada para apertar e desapertar parafusos cujas cabeças tenham fendas ou ranhuras que permitam a entrada da cunha,



*Angular ou de força*

### ***Características***

A chave de fenda deve apresentar as seguintes características:

1. Ter sua cunha temperada e revenida
2. Ter as faces de extremidade da cunha, em planos paralelos

3. Ter o cabo ranhurado longitudinalmente, que permita maior firmeza no aperto, e bem engastado na haste da chave.
4. Ter a forma e dimensões das cunhas proporcionais ao diâmetro da haste da chave.

Para parafusos de fenda cruzada, usa-se uma cunha em forma de cruz, chamada Chave Phillips.

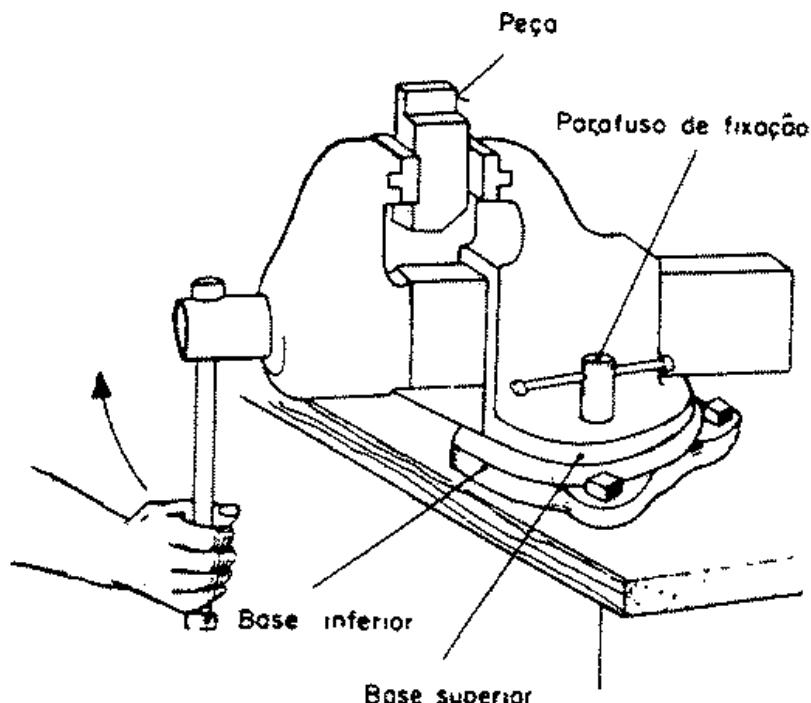


*Angular ou de força*

### **Chave com Morsa de Bancada**

É dispositivo de fixação constituído de duas mandíbulas, uma fixa e outra móvel, que se desloca por meio de parafuso e porca.

- As mandíbulas são providas de mordentes estriados e temperados, para maior segurança na fixação das peças.
- As morsas podem ser construídas de aço ou ferro fundido, em diversos tipos e tamanhos,
- Existem morsas de base giratória para facilitar a execução de certos trabalhos.



### ***Funcionamento***

A mandíbula móvel se deslocar por meio de parafuso e porca. O aperto é dado através do manípulo localizado no extremo do parafuso.

Os tamanhos das morsas são identificadas através de números correspondendo à largura das mandíbulas.

Nº	Largura das mandíbulas (mm)
1	80
2	90
3	105
4	115
5	130

### ***Condição de Uso***

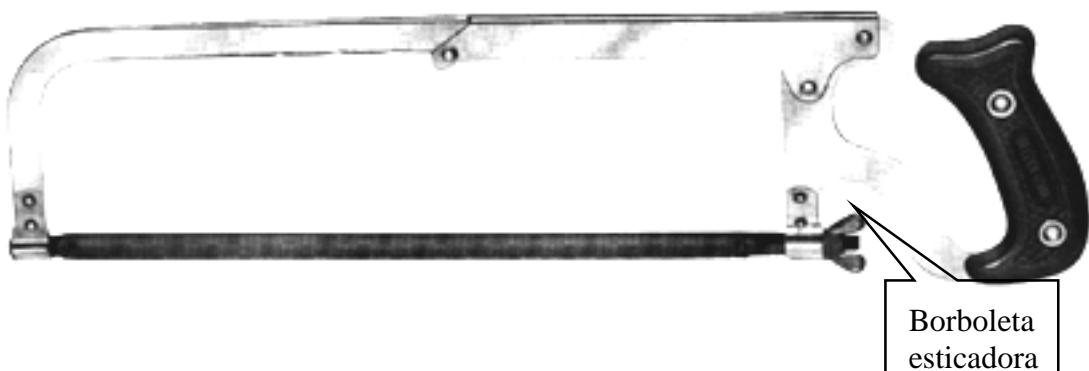
A morsa deve estar bem presa na bancada e na altura conveniente.

### ***Conservação***

Deve-se mantê-la bem lubrificada para melhor movimento da mandíbula e do parafuso, e sempre limpa ao final do trabalho.

### ***Arco de Serra***

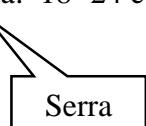
É uma ferramenta manual de um arco de aço carbono, onde deve ser montada uma lâmina de aço ou aço carbono, dentada e temperada



O arco de serra caracteriza-se por ser regulável ou ajustável de acordo com o comprimento da lâmina.

A lâmina de serra é caracterizada pelo comprimento e pelo número de dentes por polegada  
Comprimento: 8" - 10" - 12".

Número de dentes por polegada: 18 -24 e 32.



1. A serra manual é usada para cortar materiais, para abrir fendas e rasgos.
2. Os dentes das serras possuem travas, que são deslocamentos laterais dos dentes em forma alternada, a fim de facilitar o deslizamento da lâmina durante o corte.
3. A lâmina de serra deve ser selecionada, levando-se em consideração:
  - a) a espessura do material a ser cortado, que não deve ser menor que dois passos de dentes.
  - b) O tipo de material, recomendando-se maior número de dentes para materiais duros.
4. A tensão da lâmina de serra no arco deve ser a suficiente para mantê-la firme.
5. Após o uso do arco de serra a lâmina deve ser destensionada.

## Ferro de Solda

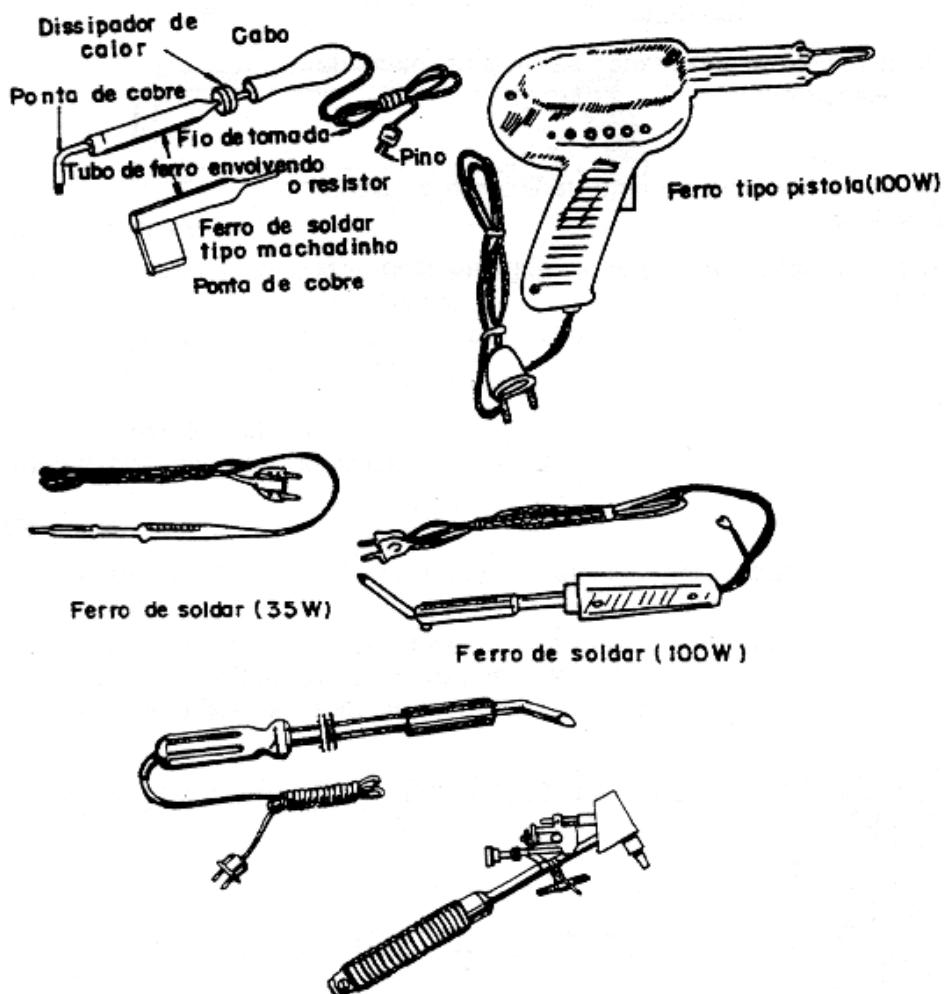
É destinado à execução de soldas de estanho, usuais em instalações elétricas. É uma ferramenta que armazena o calor produzido por uma chama ou resistência elétrica e o transfere para as peças a serem soldadas e a própria solda, de modo a fundi-la, A solda fundida adere às peças a unir, solidificando-se ao esfriar.

Os ferros de soldar são dos principais tipos: a gás e elétricos.

Ferros maiores são usados para a solda de peças grandes que exigem maior quantidade de calor.

Os ferros de solda elétricos são encontrados no mercado com diversas formas e potências.

Normalmente são de 20, 60, 100, 200, 450 ou mais watts de potência.

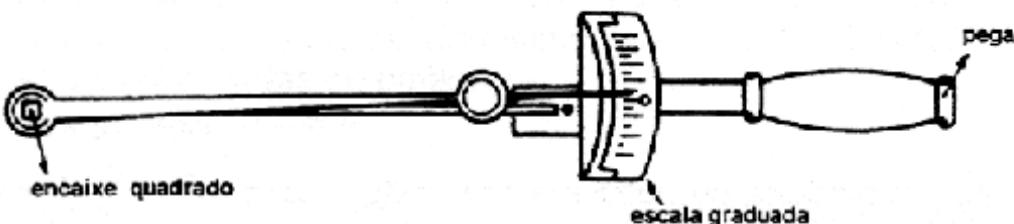


## Torquímetro

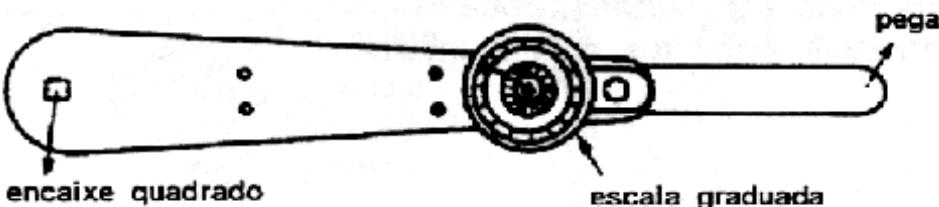
O torquímetro é uma ferramenta especial destinada a medir o torque (ou aperto) dos parafusos conforme a especificação do fabricante do equipamento. Isso evita a formação de tensões e consequentemente deformação das peças quando em serviço.

A unidade de medida do torquímetro é o Newton metro (Nm) e a leitura é direta na escala graduada, permitindo a conferência do aperto, de acordo com o valor preestabelecido pelo fabricante.

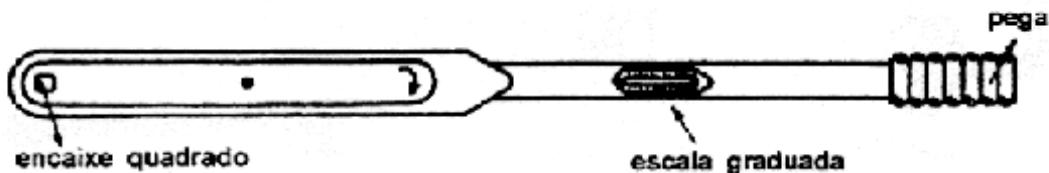
Existem vários tipos de torquímetros:



- indicador e escala



- relógio



- automático

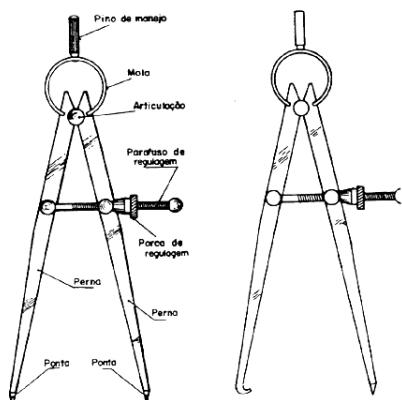
O torquímetro pode ser usado para rosca direita ou esquerda, mas somente para efetuar o torque final. Para encostar o parafuso ou porca, usa-se uma chave comum.

Para obter maior precisão na medição, é conveniente lubrificar previamente a rosca antes de colocar e apertar a porca ou parafuso.

## Compassos

São instrumentos de aço carbono destinados a traçagem.

São constituídos de duas pernas que se abrem ou se fecham através de uma articulação. As



pernas podem ser retas, terminadas em pontas afiladas e endurecidas, ou uma reta e outra curva.

Cuidados:

1. Articulação bem ajustadas;
2. Pontas bem aguçadas;
3. Proteção contra golpes e quedas;
4. Limpeza e lubrificação;
5. Proteção das pontas com madeira ou cortiça

## Limas

É uma ferramenta manual de aço carbono, denticulada e

temperada.

É utilizada na operação de desgaste de materiais.

Classificam-se pela forma, picado e tamanho.

As formas mais comuns são:



Lima paralela.



Lima meia-cana.



Lima de bordos redondos.



Lima faca.



Lima quadrada.



Lima redonda.



Lima chata



Lima triangular

As limas podem ser de picado simples ou cruzado, e classificam-se em bastardas, bastardinhas e murças



Lima murça



Lima murça



Lima bastardinha



Lima bastardinha



Lima bastarda



Lima bastarda

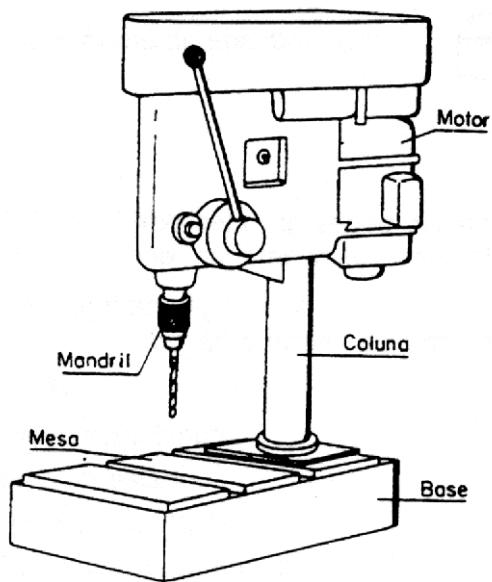
## Furadeiras

São máquinas-ferramentas destinadas à execução de operações de furar, escarear, alargar, rebaixar e roscar com machos.

### *Funcionamento*

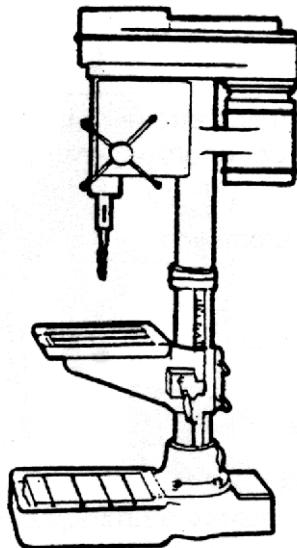
O movimento da ferramenta é recebido do motor através de polias escalonadas e correias ou um jogo de engrenagens possibilitando uma gama de rpm.  
O avanço da ferramenta pode ser manual ou automático.

### *Furadeira de bancada*



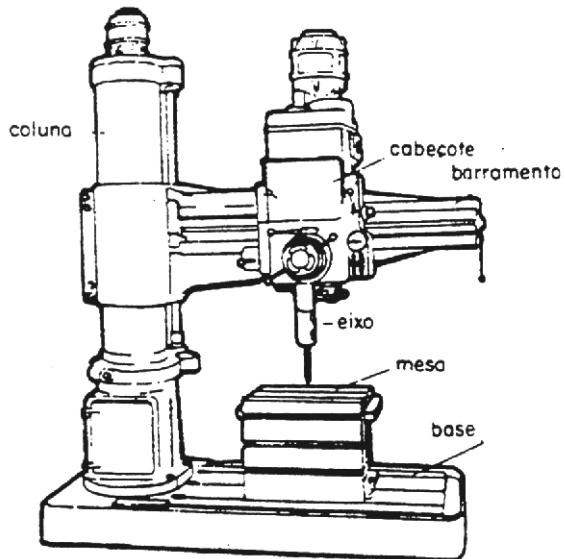
São montadas sobre bancadas de madeira ou aço.  
Sua capacidade de furação é em média de até 12 mm.

*Furadeira de coluna*



Esta furadeira tem como características o comprimento da coluna e a capacidade que é, em geral superior a de bancada.

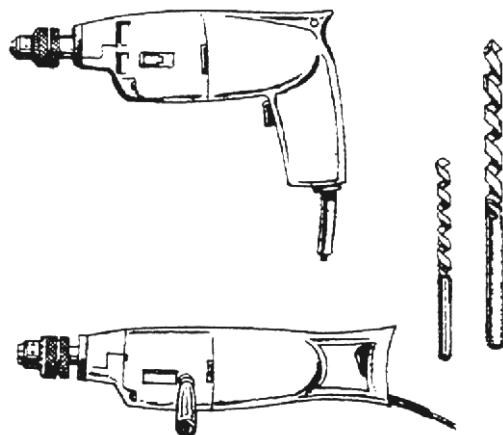
### Furadeira Radial



A furadeira radial é destinada à furação em peças grandes em vários pontos, dada a possibilidade de deslocamento do cabeçote.

Possui avanços automáticos e refrigeração da ferramenta por meio de bomba.

### Furadeira Portátil



Pode ser transportada com facilidade e pode-se operá-la em qualquer posição.

### ***Características***

1. potência do motor
2. número de rpm
3. capacidade
4. deslocamento máximo de eixo principal

### ***Condições de uso***

1. A máquina deve estar limpa
2. O mandril em bom estado
3. Broca bem presa e centrada

Observação: Lubrificação periódica com lubrificante próprio.

## **Brocas**

### ***Descrição***

As Brocas são ferramentas de corte, de forma cilíndrica, com canais retos ou helicoidais que terminam em ponta cônica e são afiadas com determinado ângulo.

### ***Comentários***

As brocas se caracterizam pela medida do diâmetro, forma da haste e material de fabricação, são fabricadas, em geral, em aço carbono e aço rápido.

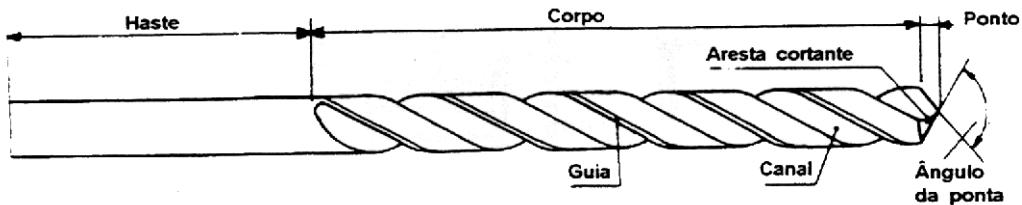
As brocas de aço rápido são utilizadas em trabalhos que exijam maiores velocidades de corte, oferecendo maior resistência ao desgaste e calor do que as de aço carbono.

### ***Classificação***

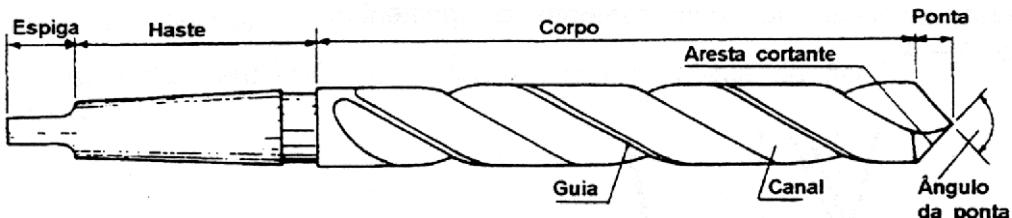
As brocas apresentam-se em diversos tipos, segundo a natureza e características do trabalho a ser desenvolvido. Os principais tipos de brocas são:

1. Broca Helicoidal
  - Haste Cônicia
  - Haste Cilíndrica
2. Broca de Centrar
3. Broca com Orifícios para Fluído de Corte
4. Broca Escalonada ou Múltipla

A **Broca Helicoidal** é o tipo mais usado, e apresenta a vantagem de conservar o seu diâmetro, embora se faça reafiação dos gumes várias vezes.



As brocas helicoidais diferenciam-se apenas pela construção das hastas, pois as que apresentam **haste cilíndrica** são presas em um mandril, e as **haste cônicas**, montadas diretamente no eixo da máquina.



Broca helicoidal de haste cônicas.

Os ângulos das brocas helicoidais são as condições que influenciam o seu corte.

O ângulo da ponta da broca deve ser de:

- a- 118°, para trabalhos mais comuns
- b- 150°, para aços duros
- c- 125°, para aços tratados ou forjados
- d- 100°, para o cobre e o alumínio
- e- 90°, para o ferro macio e ligas leves
- f- 60°, para baquelite, fibra e madeira.

As arestas cortantes devem ter, rigorosamente, comprimentos iguais, ou seja,  $A = A'$

Algumas medidas devem ser observadas para o perfeito funcionamento das brocas, tais como:

1. As brocas devem ser bem afiadas, com a haste em boas condições e bem fixadas.
2. As arestas de corte devem ter o mesmo comprimento.
3. O ângulo de folga ou incidência deve ter de 9° a 15°;

3. Evitar quedas, choques, limpá-las e guardá-las em lugar apropriado, após seu uso.

## Machos de Roscar

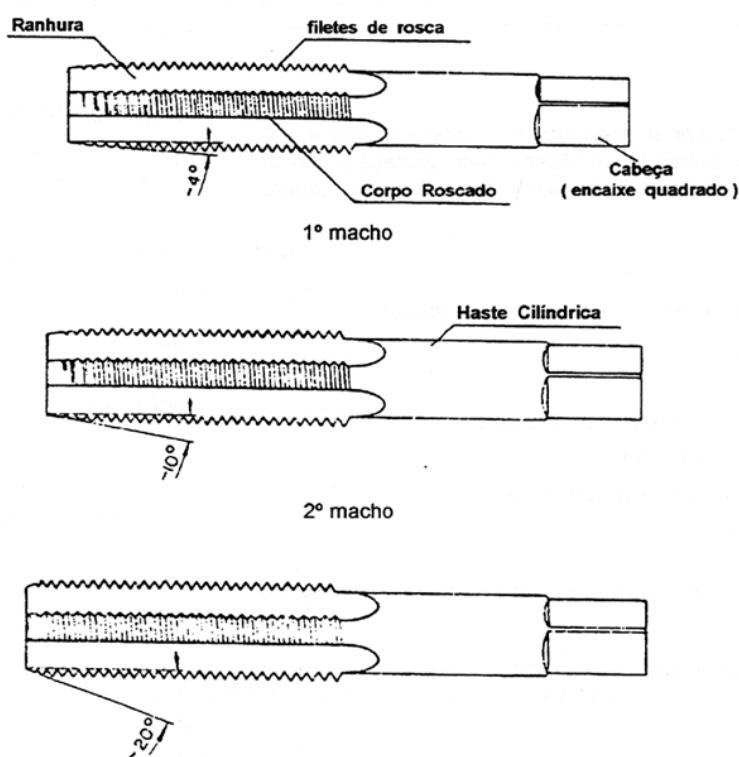
São ferramentas de corte, constituídas de aço-carbono ou aço rápido, destinadas à remoção ou deformação do material. Um de seus extremos termina em uma cabeça quadrada, que é o prolongamento de haste cilíndrica.

Dentre os materiais de construção citados, o aço rápido é o que apresenta melhor tenacidade e resistência ao desgaste, características básicas de uma ferramenta de corte.

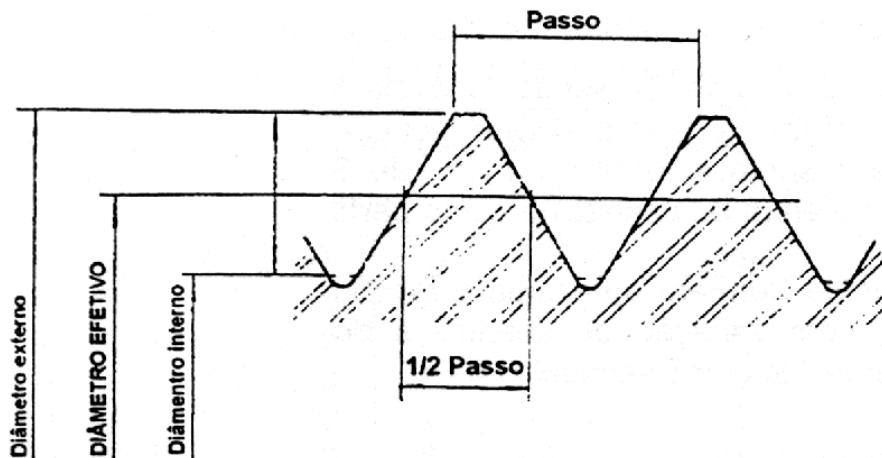
### *Machos de roscar - Manual*

São apresentados em jogos de 2 ou 3 peças, sendo variáveis a entrada da rosca e o diâmetro efetivo. A norma ANSI (American National Standard Institute) apresenta o macho em jogo de 3 peças, com variação apenas na entrada, conhecido como perfil completo.

A norma DIN (Deutsche Industrie Normen) apresenta o macho em jogo de 2 ou 3 peças, com variação do chanfro e do diâmetro efetivo da rosca, conhecido como seriado.



Observação: Diâmetro efetivo - Nas rosas cilíndricas, o diâmetro do cilindro é imaginário, sua superfície intercepta os perfis dos filetes em uma posição tal que a largura do vão nesse ponto é igual à metade do passo. Nas rosas, cujos filetes têm perfis perfeitos, a interseção se dá em um ponto onde a espessura do filete é igual à largura do vão.



### A máquina

Os machos, para roscar a máquina, são apresentados em 1 peça, sendo o seu formato normalizado para utilização, isto é, apresenta seu comprimento total maior que o macho manual (DIN).

### Características

São 6 (seis) as características dos machos de roscar:

- Sistema de rosca.
- Sua aplicação.
- Passo ou número de filetes por polegada.
- Diâmetro externo ou nominal.
- Diâmetro da espiça ou haste cilíndrica.
- Sentido da rosca.

As características dos machos de roscar são definidas como:

*Sistema de rosca*

As roscas dos machos são de três tipos: Métrico, Whitworth e Americano (USS).

*Sua aplicação*

Os machos de roscas são fabricados para rosscar peças internamente.

*Passo ou número de filetes por polegada*

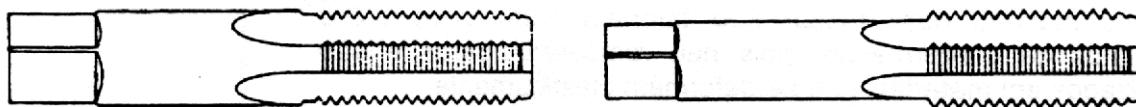
Esta característica indica se a rosca é normal ou fina.

*Diâmetro externo ou nominal*

Refere-se ao diâmetro externo da parte roscada.

*Diâmetro da espiga ou haste cilíndrica*

E uma característica que indica se o macho de roscar serve ou não para fazer rosca em furos mais profundos que o corpo roscado, pois existem machos de roscas que apresentam diâmetro da haste cilíndrica igual ao da rosca ou inferior ao diâmetro do corpo roscado,



*Sentido da rosca*

Refere-se ao sentido da rosca, isto é, se é direita (*right*) ou esquerda (*left*).

**Tipos de macho de roscar**

Ranhuras retas, para uso geral.



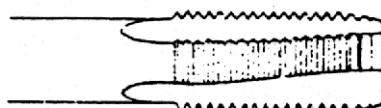
Ranhuras helicoidais à direita, para rosscar furos cegos (sem saída).



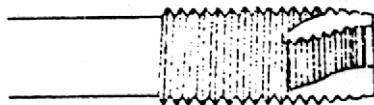
Fios alternados. Menor atrito. Facilita a penetração do refrigerante e lubrificante,



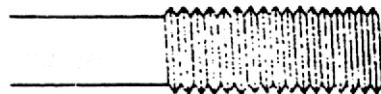
Entrada helicoidal, para furos passantes. Empurra as aparas para frente, durante o roscamento.



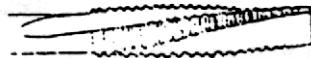
Ranhuras curtas helicoidais, para roscamento de chapas e furos passantes.



Estes machos para rosscar são também conhecidos como machos de conformação, pois não removem aparas e são utilizados em materiais que se deformam plasticamente.



Ranhuras ligeiramente helicoidais à esquerda, para rosscar furos passantes na fabricação de porcas.



### ***Seleção dos machos de rosscar, brocas e lubrificantes ou refrigerantes***

Para rosscar com machos é importante selecionar os machos e a broca com a qual se deve fazer a furação. Deve-se também selecionar o tipo de lubrificante ou refrigerante que se usará durante a abertura da rosca.

De um modo geral, escolhemos os machos de rosscar de acordo com as especificações do desenho da peça que estamos trabalhando ou de acordo com as instruções recebidas.

Podemos, também, escolher os machos de roscar, tomando como referência o parafuso que vamos utilizar.

Os diâmetros nominais (diâmetro externo) dos machos de roscar mais usados, assim como os diâmetros das brocas que devem ser usadas na furação, podem ser encontrados em tabelas.

### ***Condições de uso dos machos de roscar***

Para serem usados, eles devem estar bem afiados e com todos os filetes em bom estado.

### ***Conservação***

Para se conservar os machos de roscar em bom estado, é preciso limpá-los após o uso, evitar quedas ou choques, e guardá-los separados em seu estojo.

## **Desandadores**

### ***Descrição***

São ferramentas manuais, geralmente de aço carbono, formadas por um corpo central, com um alojamento de forma quadrada ou circular, onde são fixados machos, alargadores e cossinetes.

### ***Utilização***

O desandador funciona como uma chave, que possibilita imprimir o movimento de rotação necessário à ação da ferramenta.

### ***Classificação***

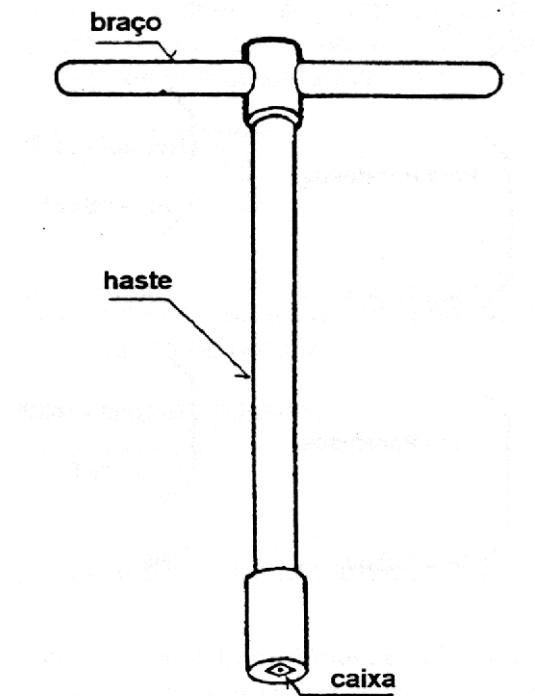
Os desandadores podem ser:

1. Fixo em T
2. Em T, com castanhas reguláveis
3. Para machos e alargadores
4. Para cossinetes

### ***Tipos***

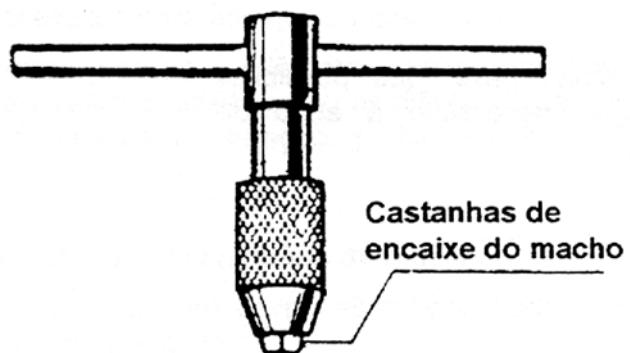
*Desandador fixo "T"*

Possui um corpo comprido que serve como prolongador para passar machos ou alargadores e em lugares profundos e de difícil acesso para desandadores comuns.



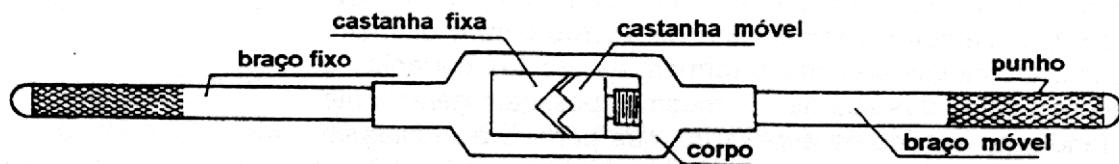
*Desandador em T com castanhas reguláveis*

Possui um como recartilhado, castanhas temperadas, reguláveis, para machos até 3/16".



### *Desandador para machos e alargadores*

Possui um braço fixo, com ponta recartilhada, castanhas temperadas, uma delas regulável por meio do parafuso existente.



### *Desandador para cossinetes*

Possui cabos com ponta recartilhada, caixa para alojamento do cossinete e parafusos de fixação.

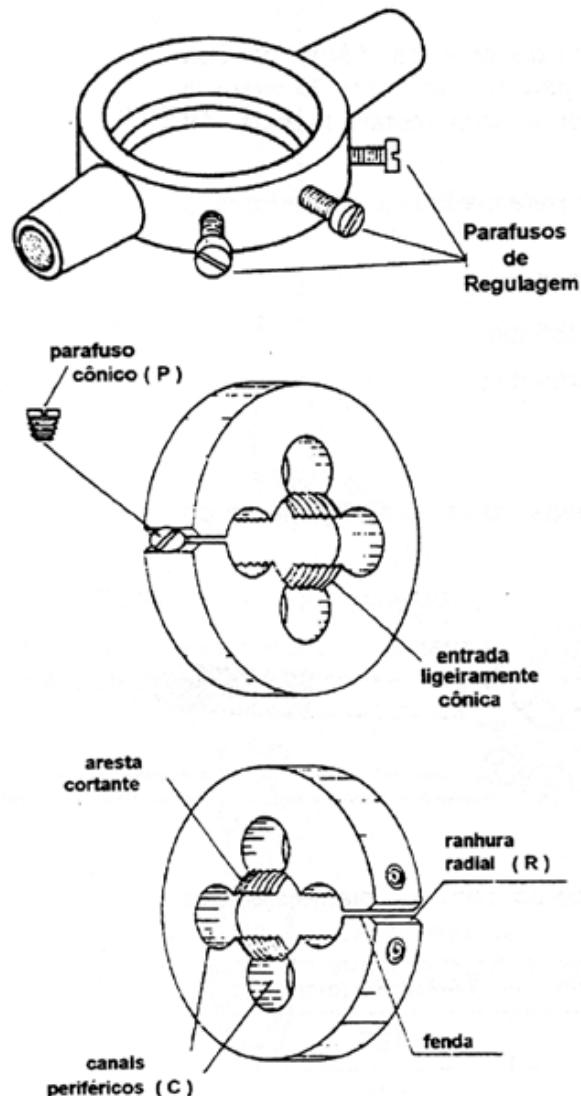


## **Cossinetes**

São ferramentas de corte, construídas de aço especial temperado, com furo central filetado. Os cossinetes são semelhantes a uma porca, com canais periféricos dispostos tecnicamente em torno do furo central filetado, e o diâmetro externo varia de acordo com o diâmetro da rosca. Os canais periféricos formam as arestas cortantes e permitem a saída das aparas. Os mesmos possuem geralmente uma fenda, no sentido da espessura, que permite a regulagem da profundidade do corte, através do parafuso côncico, instalado na fenda, ou dos parafusos de regulagem do porta-cossinete.

### *Características dos cossinetes*

- Sistema da rosca
- Passo ou número de fios por polegada
- Diâmetro nominal
- Sentido da rosca



### ***Uso dos cossinetes***

São usados para abrir roscas externas em peças cilíndricas de um determinado diâmetro, tais como parafusos, tubos etc.

### ***Escolha dos cossinetes***

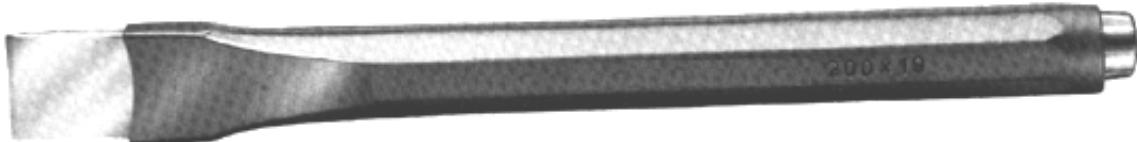
As escolhas dos cossinetes é levando-se em conta as suas características, em relação à rosca que se pretende executar.

## Talhadeira e Bedame

### *Descrição*

A Talhadeira e o Bedame são ferramentas de corte feitas de um corpo de aço, de secção circular, retangular, hexagonal ou octogonal, com um extremo forjado, provido de cunha, temperada e afiada convenientemente, e outro chanfrado denominado cabeça.

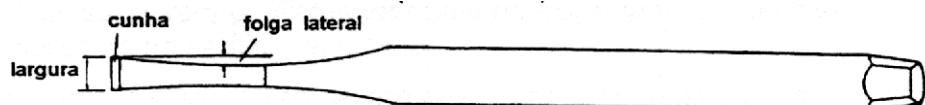
Talhadeira



Bedame (vista frontal)



Bedame (vista lateral)



### *Utilização*

Servem para cortar chapas, retirar excesso de material e abrir rasgos.

### *Características*

1. O bisel da cunha é simétrico ou assimétrico
2. A aresta de corte deve ser convexa e o ângulo de cunha varia com o material a ser talhado, conforme, tabela abaixo:

CUNHA	MATERIAL
50°	Cobre
60°	Aço Doce
65°	Aço Duro
70°	Ferro fundido e bronze fundido duro

3. Os tamanhos são entre 150 e 180 mm

4. A cabeça é chanfrada e temperada

#### *Comentários*

A cabeça do bedame e da talhadeira é chanfrada e temperada brandamente para evitar formação de rebarbas ou quebras.

As ferramentas de talhar devem ter ângulos de cunha convenientes, estar bem temperadas e afiadas, para que cortem bem.

## Ponteira

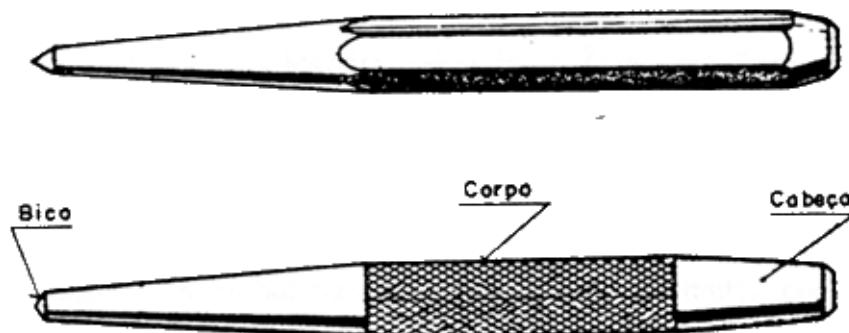
É uma ferramenta semelhante á talhadeira, porém com a extremidade de corte em forma de ponta arredondada, para efetuar furos em concreto e alvenaria.

Tal como a talhadeira, é uma ferramenta bastante usada pelos eletricistas e encanadores para efetuar rasgos ou furos destinados a embutir os eletrodutos ou canos d'água, esgoto, gás, etc.

## Punção de Bico

#### *Descrição*

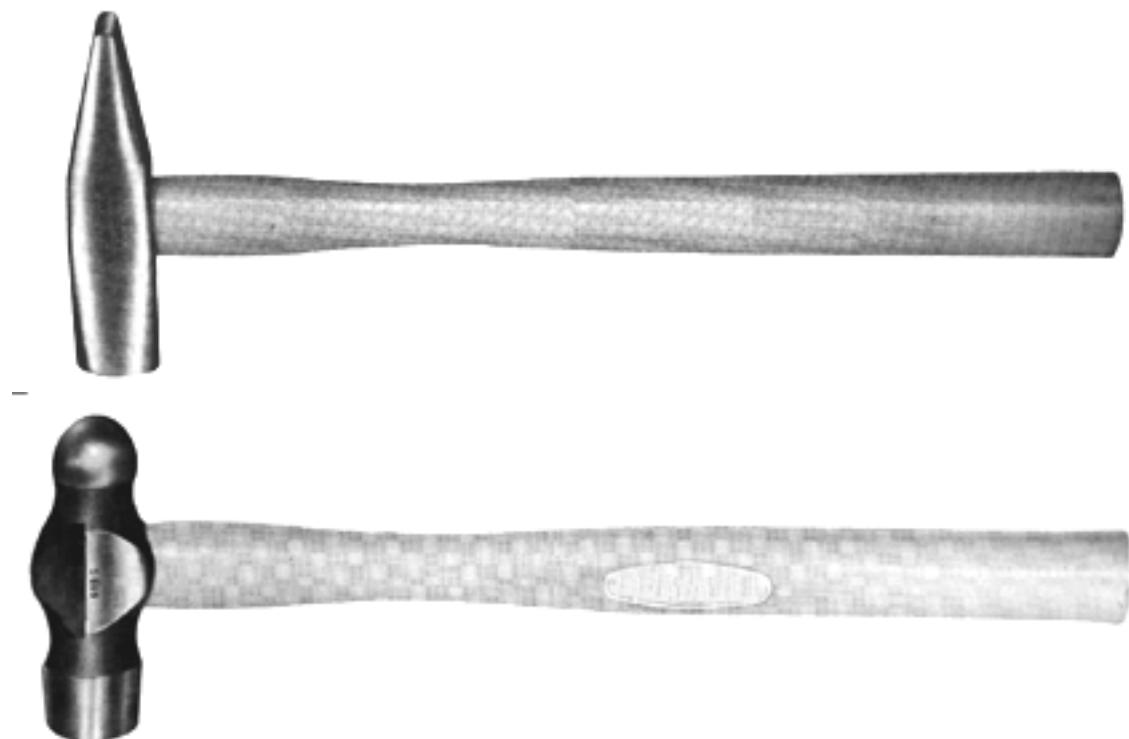
É uma ferramenta de aço carbono, com ponta cônica temperada e corpo geralmente octogonal ou cilíndrico recartilhado.



## Martelo e Macete

### **Martelo**

O Martelo é uma ferramenta de impacto, constituída de um bloco de aço carbono preso a um cabo de madeira, sendo as partes com que se dão os golpes, temperadas.



### *Utilização*

O Martelo é utilizado na maioria das atividades industriais, tais como a mecânica geral, a construção civil e outras.

### *Comentários*

Para o seu uso, o Martelo, deve ter o cabo em perfeitas condições e bem preso através da cunha.

Por outro lado, deve-se evitar golpear com o cabo do martelo ou usá-lo como alavanca.

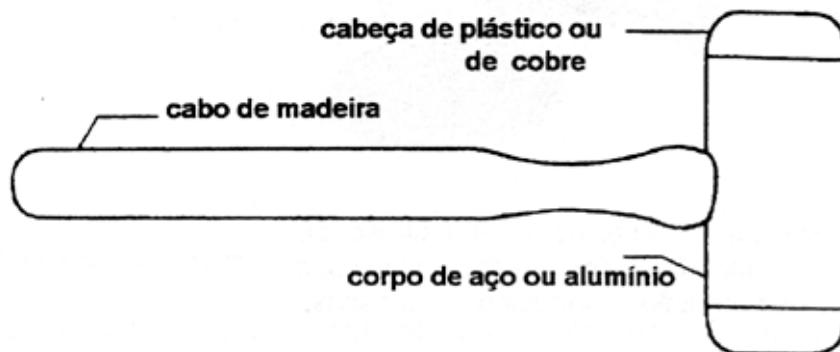
O peso do Martelo varia de 200 a 1000 gramas.

- Utilizado em trabalhos, com chapas finas de metal, como também na fixação de pregos, grampos, etc.
- Destina-se a serviços gerais como exemplo; rebitar, extrair pinos, etc. Muito utilizado em serviços pesados como chapas de metal, etc.

- Sua estrutura permite a realização de trabalhos em chapas de metal, etc.; sem contudo danificar ou marcar o material trabalhado.

### **Macete**

O Macete é uma ferramenta de impacto, constituída de uma cabeça de madeira, alumínio, plástico, cobre, chumbo ou outro, e um cabo de madeira.



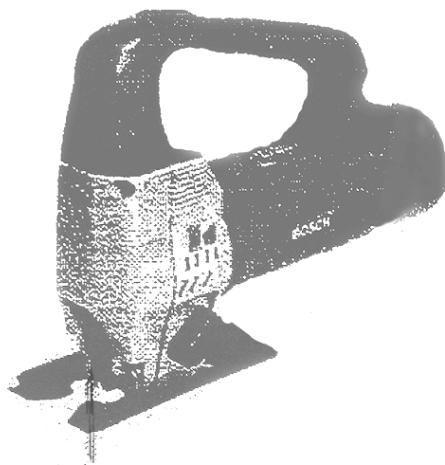
Utilizado para bater em peças ou materiais cujas superfícies sejam lisas e que não possam sofrer deformação por efeito de pancadas. Para sua utilização, deve ter a cabeça bem presa ao cabo e livre de rebarbas.

#### *Comentários*

O peso e o material que constitui a cabeça, caracterizam os macetes.

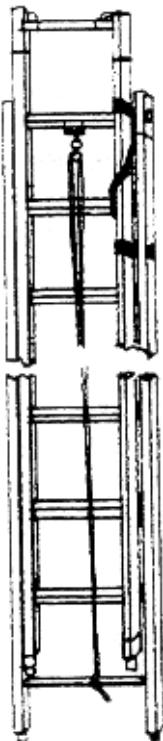
### **Serra Tico-Tico**

Aplicada nos serviços de corte em chapas de aço, metais não ferrosos, madeira (maciça ou compensada), fórmica, matéria plástica, acrílicos.



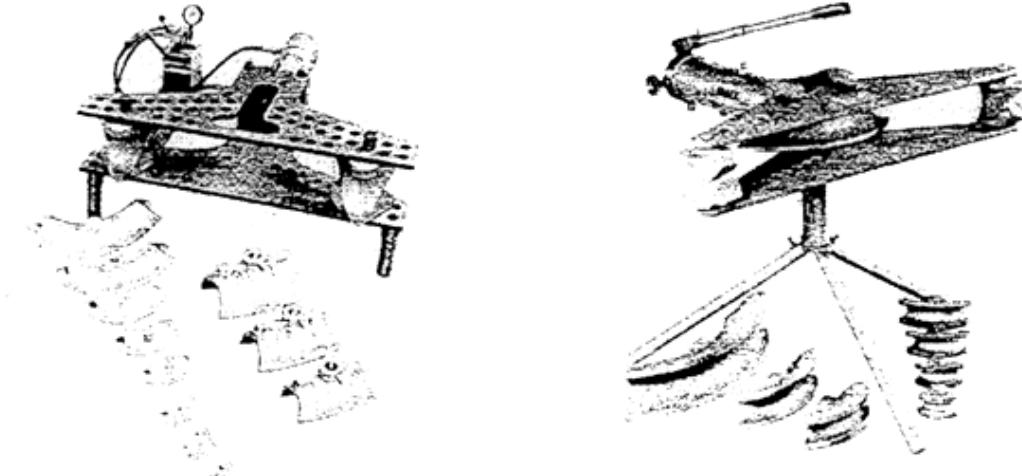
## **Escadas**

Muitas vezes, o profissional tem necessidade de trabalhar no alto, em uma torre, no teto, numa marquise ou num telhado. A escada é um equipamento auxiliar do instrumentista e o ajudará muito se for adequada ao serviço.



## Ferramentas de curvar tubos metálicos rígidos

Tubos de pequeno diâmetro (1/2", 3/4" e 1") podem ser curvados na obra sem grande dificuldade, principalmente se for usada ferramenta adequada.



Existem *máquinas especiais* que executam o curvamento de tubos, mesmo de diâmetros maiores que 1", com esforço produzido por prensa hidráulica, podendo o tubo ser aquecido, a fim de que a curva seja feita sem deformação da seção do tubo. Essas máquinas somente são empregadas em instalações muito pesadas e de grande porte.

## TUBULAÇÕES

Tubos são condutos fechados, destinados principalmente ao transporte de fluidos. Todos os tubos são de seção circular, apresentando-se como cilindros ocos. A grande maioria dos tubos funciona como condutos forçados, isto é, sem superfície livre, com o fluido tomando toda área da seção transversal. Fazem exceção apenas as tubulações de esgoto, e às vezes os de água, que trabalham com superfície livre, como canais.

Chama-se de "tubulação" a um conjunto de tubos e de seus diversos acessórios.

A necessidade da existência dos tubos decorre principalmente do fato do ponto de geração ou de armazenagem dos fluidos estar, em geral, distante do seu ponto de utilização.

Usam-se tubos para o transporte de todos os materiais capazes de escoar, isto é, todos os fluidos conhecidos, líquidos ou gasosos, assim como materiais pastosos e fluidos com sólidos em suspensão, todos em toda faixa de variação de pressões e temperaturas usuais na indústria: desde o vácuo absoluto até cerca de 600 MPa ( $\sim 60 \text{ kg/mm}^2$ ), e desde próximo do zero absoluto até as temperaturas dos metais em fusão.

A importância dos tubos na indústria é enorme, sendo dos equipamentos industriais de uso mais generalizado. O valor da tubulação representa, em média, 50 a 70% do valor de todos os equipamentos de uma indústria de processamento, e 15 a 20% do custo total da instalação.

Na prática, chamam-se geralmente de tubos (ou vulgarmente de "canos"), apenas os condutos rígidos. Os condutos flexíveis, embora às vezes chamados de "tubos flexíveis", são mais comumente denominados de mangueiras ou mangotes.

Na nomenclatura americana os tubos são chamados de "pipe" ou de "tube". Entre esses dois

termos não há uma distinção muito rígida. De um modo geral o termo "pipe" é usado para os tubos cuja função é propriamente de conduzir fluidos, enquanto que o termo "tube" emprega-se para os tubos destinados primordialmente a outras funções, tais como trocar calor (tubos de feixes tubulares e serpentinas de caldeiras, fornos, permutadores de calor etc.), transmitir pressão, conduzir sinais (tubos de instrumentação), funcionar como vigas ou como elementos estruturais etc.

## PRINCIPAIS MATERIAIS PARA TUBOS

Empregam-se hoje em dia uma variedade muito grande de materiais para a fabricação de tubos. Só a A.S.T.M. (American Society for Testing and Materials) especifica mais de 500 tipos diferentes de materiais. Damos a seguir um resumo dos principais materiais usados:

### Tubos Metálicos

#### Ferrosos

- Aços-carbono (carbon-steel)
- Aços-liga (low alloy, high alloy steel)
- Aços inoxidáveis (stainless-steel)
- Ferro forjado (wrought iron)
- Ferro fundido (cast iron)
- Ferros ligados (alloy cast iron)
- Ferronodular (nodular cast iron)

#### Não Ferrosos

- Cobre (cooper)
- Latões (brass)
- Cobre-Níquel
- Alumínio
- Níquel e ligas
- Metal Monel
- Chumbo (lead)
- Titânio, Zircônio

## Tubos não metálicos

Cimento-amianto (transite)  
Concreto armado  
Barro vidrado (clay)  
Elastômeros (borrachas)  
Vidro  
Cerâmica, porcelana etc.

## Materiais Plásticos

Cloreto de poli-vinil (PVC)  
Polietileno  
Acrílicos  
Acetato de celulose  
Epoxi  
Poliésteres  
Fenólicos etc.

A escolha do material adequado para uma determinada aplicação pode ser um problema, difícil, cuja solução depende principalmente da pressão e temperatura de trabalho do fluido conduzido (aspectos de corrosão e contaminação), do custo, do maior ou menor grau de segurança exigido, das sobrecargas externas que existirem, e também, em certos casos, da resistência ao escoamento do fluido (perdas de carga).

## TUBOS DE AÇO CARBONO

Entre todos os materiais industriais existentes, o aço carbono é o que apresenta menor relação custo/resistência mecânica, além de ser um material fácil de soldar e de conformar, e também fácil de ser encontrado no comércio. Por todos esses motivos, o aço-carbono é o chamado "material de uso geral" em tubulações industriais, isto é, só se deixa de empregar o aço-carbono quando houver alguma circunstância especial que o proíba, e desta forma, todos os outros materiais são utilizados apenas em alguns casos especiais de exceção. Em uma refinaria de petróleo, por exemplo, mais de 90% de toda tubulação é de aço-carbono; em

outras indústrias de processo essa percentagem pode ainda ser maior. Emprega-se o aço-carbono para água doce, vapor de baixa pressão, condensado, ar comprimido, óleos, gases e muitos outros fluidos pouco corrosivos, em temperaturas desde - 45<sup>0</sup>C, e a qualquer pressão.

Alguns tubos de aço-carbono são galvanizados, ou seja, com um revestimento interno e externo de zinco depositado a quente, com a finalidade de dar maior resistência à corrosão. A resistência mecânica do aço-carbono começa a sofrer uma forte redução em temperaturas superiores a 400<sup>0</sup>C, devido principalmente ao fenômeno de deformações permanentes por fluênciça (creep), que começa a ser observado a partir de 370<sup>0</sup>C, e que deve ser obrigatoriamente considerado para qualquer serviço em temperaturas acima de 400<sup>0</sup>C. As deformações por fluênciça serão tanto maiores e mais rápidas quanto mais elevada for a temperatura, maior for a tensão no material e mais longo for o tempo durante o qual o material esteve submetido à temperatura.

Em temperaturas superiores a 530<sup>0</sup>C o aço-carbono sofre uma intensa oxidação superficial (escamação - "scaling"), quando exposto ao ar, com formação de grossas crostas de óxidos, o que o torna inaceitável para qualquer serviço continuo. Deve ser observado que em contato com outros meios essa oxidação pode se iniciar em temperaturas mais baixas. A exposição prolongada do aço-carbono a temperaturas superiores a 440<sup>0</sup>C pode causar ainda uma precipitação de carbono (grafitização), que faz o material ficar quebradiço.

Por todos esses motivos, recomendam-se os seguintes limites máximos de temperatura para tubulações de aço-carbono:

- Tubulações principais, serviço contínuo: 450<sup>0</sup>C
- Tubulações secundárias, serviço contínuo: 480<sup>0</sup>C
- Máximos eventuais de temperatura, de curta duração e não coincidentes com grandes esforços mecânicos: 520<sup>0</sup>C.

## AÇOS-LIGA E AÇOS INOXIDÁVEIS

Denominam-se "aços-liga" (alloy-steel) todos os aços que possuem qualquer quantidade de outros elementos, além dos que entram na composição dos aços-carbono. Dependendo da quantidade total de elementos de liga, distinguem-se os aços de baixa liga (low alloy-steel), com até 5% de elementos de liga, aços de liga intermediária (intermediate alloy-steel), contendo entre 5% e 10%, e os aços de alta liga (high alloy-steel), com mais de 10%.

Os aços inoxidáveis (stainless steel), são os que contêm pelo menos 12% de cromo, o que lhes confere a propriedade de não se enferrujarem mesmo em exposição prolongada a uma atmosfera normal.

Todos os tubos de aços-liga são bem mais caros do que os de aço-carbono, sendo de um modo geral o custo tanto mais alto quanto maior for a quantidade de elementos de liga. Além disso, a montagem e soldagem desses tubos é também em geral mais difícil e mais cara.

Como todas as instalações industriais estão sujeitas a se tornarem obsoletas em relativamente pouco tempo, não é, em geral, econômico nem recomendável o uso de aços-liga apenas para tornar muito mais longa a vida de uma tubulação.

Os principais casos em que se justifica o emprego dos aços especiais (aços-liga e inoxidáveis), são os seguintes:

*a) Altas temperaturas* - Temperaturas acima dos limites de uso dos aços-carbono, ou mesmo abaixo desses limites, quando seja exigida maior resistência mecânica, resistência à fluência ou resistência à corrosão.

*b) Baixas temperaturas* - Temperaturas inferiores a  $-45^{\circ}\text{C}$ , para as quais os aços-carbono ficam sujeitos a fratura frágil.

*c) Alta corrosão* - Serviços com fluidos corrosivos, mesmo quando dentro da faixa de

---

temperaturas de emprego dos aços-carbono. De um modo geral, os aços-liga e inoxidáveis têm melhores qualidades de resistência à corrosão do que os aços-carbono. Existem, entretanto, numerosos casos de exceção: a água salgada, por exemplo, destrói a maioria dos aços especiais tão rapidamente como os aços-carbono.

*d) Exigência de não contaminação* - Serviços para os quais não se possa admitir a contaminação do fluido circulante (produtos alimentares e farmacêuticos, por exemplo). A corrosão, ainda que só seja capaz de destruir o material do tubo depois de muito tempo, pode causar a contaminação do fluido circulante, quando os resíduos da corrosão são carregados pela corrente fluida. Por essa razão, nos casos em que não possa haver contaminação, empregam-se muitas vezes os aços especiais, embora do ponto de vista propriamente da corrosão não fossem necessários.

*e) Segurança* - Serviços com fluidos perigosos (muito quentes, inflamáveis, tóxicos, explosivos etc.), quando seja exigido o máximo de segurança contra possíveis vazamentos e acidentes. Também nesses casos, estritamente devido à corrosão, não seriam normalmente necessários os aços especiais.

No que se refere à corrosão, convém observar que, exceto quando entram em jogo também a exigência de não-contaminação ou a segurança, o problema é puramente econômico: quanto mais resistente for o material, tanto mais longa a vida do tubo. Portanto, a decisão será tomada como resultado da comparação do custo dos diversos materiais possíveis, com o custo de operação e de paralisação do sistema.

## TUBOS DE METAIS NÃO-FERROSOS

Fazendo-se uma comparação geral entre os metais não-ferrosos e o aço-carbono, podemos dizer que os metais não ferrosos têm bem melhor resistência à corrosão e preço mais elevado; a maioria desses metais têm, em relação ao aço-carbono, menor resistência mecânica e menor resistência às altas temperaturas, apresentando, entretanto, muito melhor comportamento em baixas temperaturas. Devido principalmente ao seu alto custo, os tubos de metais não-ferrosos são poucos usados. Para muitos serviços corrosivos os metais não-ferrosos têm sido substituídos pelos materiais plásticos, com vantagens de preço e de resistência à corrosão.

1 *Cobre e suas ligas* - Fabricam-se tubos de uma grande variedade desses materiais, incluindo cobre comercialmente puro, e diversos tipos de latões e de cobre-níquel. Esses tubos têm excelente resistência ao ataque da atmosfera, da água (inclusive água salgada), dos álcalis, dos ácidos diluídos, de muitos compostos orgânicos, e de numerosos outros fluidos corrosivos. As ligas de cobre estão sujeitas a severo efeito de corrosão sob tensão quando em contato com amônia, aminas e outros compostos nitrados. Todos esses materiais podem ser empregados em serviço continuo desde -180°C até 200°C. Devido ao alto coeficiente de transmissão de calor os tubos de cobre e de latão são empregados em serpentinas, e como tubos de aquecimento e de refrigeração. Em diâmetros pequenos (até 2"), os tubos de cobre são também muito empregados para água, ar comprimido, óleos, vapor de baixa pressão, serviços de refrigeração e para transmissão de sinais de instrumentação.

Os tubos de cobre e de suas ligas não devem ser empregados para produtos alimentares ou farmacêuticos pelo fato de deixarem resíduos tóxicos pela corrosão.

As principais especificações da ASTM para esses tubos são:

Tubos de cobre:

Tubos de latão

Tubos de cobre-níquel

## TUBOS NÃO-METÁLICOS

Fabricam-se tubos de uma grande variedade de materiais não-metálicos, dos quais os mais importantes são os seguintes:

1. *Materiais plásticos* - Para tubulações industriais é esse atualmente o grupo mais importante dos materiais não-metálicos; por essa razão veremos separadamente nos itens a seguir com mais detalhes.

2. *Cimento-amianto* - Os tubos de cimento-amianto (transite) são fabricados de argamassa de cimento e areia com armação de fibras de amianto.

A resistência mecânica é pequena, só podendo ser usados para baixas pressões e onde não

estejam sujeitos a grandes esforços externos. O cimento-amianto tem excelente resistência à atmosfera, ao solo, às águas neutras e alcalinas, à água salgada, aos álcalis, aos óleos e aos com postos orgânicos em geral. Para a maioria desses meios o material é completamente inerte, resistindo por tempo indefinido. Os ácidos, águas ácidas e soluções ácidas atacam fortemente o cimento-amianto, que não deve ser usado para esses serviços. O principal emprego dos tubos de cimento-amianto é para tubulações de esgotos. O custo desses tubos é bem menor do que de outros que os poderiam substituir, como, por exemplo, os de materiais plásticos ou de metais não-ferrosos.

3. *Concreto armado* - Os tubos de concreto armado são empregados principalmente para tubulações importantes (de grande diâmetro) de água e de esgoto. A resistência à corrosão é equivalente à dos tubos de cimento-amianto, sendo a resistência mecânica bem maior.

4. *Barro vidrado* - O tubos de barro vidrado, também chamados de "manilhas", têm excelente resistência à corrosão, sendo inertes em relação ao solo, à atmosfera e à maioria dos fluidos corrosivos. A resistência mecânica é baixa, sendo entretanto um pouco melhor do que a dos tubos de cimentoamianto. As manilhas são empregadas quase exclusivamente para tubulações de esgoto, e são fabricadas em comprimentos curtos (1 m aprox.) com diâmetros nominais de 50 a 500 mm, e com extremidades de ponta e bolsa. Os tubos de barro vidrado estão padronizados na norma EB-5 da ABNT.

5 - *Vidro, Cerâmica* - São tubos de uso e de fabricação raros, empregados apenas em serviços especiais de alta corrosão ou quando se exija absoluta pureza do fluído circulante. O vidro é o material de melhor resistência que existe a todos os meios corrosivos. Os tubos de vidro e de cerâmica são empregados apenas em diâmetros pequenos, até 100 mm no máximo.

6 - *Borrachas* - Fabricam-se todos os muitos tipos de borrachas, naturais e sintéticas, para várias faixas de pressões e temperaturas. A maioria dos tubos de borracha são flexíveis (mangueiras e mangotes), sendo empregados justamente quando se deseja essa propriedade.

Para serviços severos, os tubos costumam ter reforço de uma ou várias lonas, vulcanizadas na borracha, e freqüentemente têm também armação de arame de aço enrolado em espiral.

Existem numerosas borrachas, naturais e sintéticas, que recebem o nome genérico de "elastômeros". Embora esses materiais tenham propriedades diferentes e freqüentemente específicas, têm todos, como característica principal, a extraordinária elasticidade, fazendo com que atinjam a ruptura com uma deformação elástica muito grande (300 a 700%), sem que hajam deformações permanentes. Os limites de temperatura de serviço vão de 500 até 600 a 1000°C. Algumas borrachas são bons combustíveis, outras queimam-se lentamente.

Da mesma forma que os plásticos, a maioria das borrachas sofre uma deterioração em conseqüência de longa exposição à luz solar, tornando-se quebradiças. A adição de negro-de-fumo melhora a resistência à luz e aumenta também a resistência ao desgaste superficial.

A borracha natural resiste bem às águas (inclusive ácidas e alcalinas), aos ácidos diluídos, aos sais e a numerosos outros meios corrosivos. É atacada pelos produtos do petróleo e por vários solventes e compostos orgânicos. Dentre as borrachas sintéticas são mais importantes o neoprene e o SBR (estireno-butadieno). O neoprene resiste aos produtos de petróleo. O SBR é uma borracha sintética econômica, de uso geral, com propriedades semelhantes à borracha natural.

## TUBOS DE MATERIAIS PLÁSTICOS

Os materiais plásticos sintéticos são atualmente o grupo mais importante dos materiais não-metálicos utilizados em tubulações industriais. O emprego desses materiais tem crescido muito nos últimos anos, principalmente como substituto para os aços inoxidáveis e metais não-ferrosos. O aumento constante dos preços desses metais e o aperfeiçoamento contínuo dos plásticos tendem a tornar maior ainda a expansão do emprego desses últimos. De um modo geral os plásticos apresentam as seguintes vantagens:

- Pouco peso, densidade variando entre 0,9 e 2,2.
- Alta resistência à corrosão.
- Coeficiente de atrito muito baixo.
- Facilidades de fabricação e de manuseio (podem ser cortados com serrote).
- Baixa condutividade térmica e elétrica.
- Cor própria e permanente que dispensa pintura, dá boa aparência, e permite que se adotem códigos de cores para identificação das tubulações.
- Alguns plásticos podem ser translúcidos, permitindo a observação visual da circulação dos fluidos pelos tubos.

Em compensação, as desvantagens são as seguintes:

- Baixa resistência ao calor; essa é a maior desvantagem. Apesar dos grandes progressos que têm sido conseguidos, a maioria desses materiais não pode trabalhar em temperaturas superiores a 100°C.
- Baixa resistência mecânica; o limite de resistência à tração é da ordem de 20 a 100 MPa ( $\sim 2$  a  $10 \text{ kg/mm}^2$ ) para a maioria dos plásticos. Alguns plásticos termoestáveis (veja a seguir), laminados em camadas sucessivas de resina plástica e de fibras de vidro apresentam melhor resistência mecânica, embora sempre bem inferior ao aço-carbono.
- Pouca estabilidade dimensional, estando sujeitos a deformações por fluência em quaisquer temperaturas (cold-creep).
- Insegurança nas informações técnicas relativas a comportamento mecânico e a dados físicos e químicos. A margem de erro que se pode esperar nessas informações sobre os materiais plásticos é bem maior do que nas relativas aos metais.
- Alto coeficiente de dilatação, até 15 vezes o do aço-carbono.
- Alguns plásticos são combustíveis ou pelo menos capazes de alimentar

vagarosamente a combustão.

Distinguem-se duas classes gerais de plásticos: os termoplásticos (thermoplastics) e os termoestáveis (thermosettings), também chamados de termofixos. Os primeiros amolecem completamente, com a aplicação do calor, antes de sofrerem qualquer decomposição química, podendo por isso serem repetidas vezes amolecidos, moldados e reempregados.. Os termoestáveis, pelo contrário, não podem ser conformados pelo calor.

De um modo geral os plásticos resistem muito bem aos ácidos minerais diluídos, aos álcalis (mesmo quando quentes), aos halógenos, às soluções salinas e ácidas, à água salgada e a numerosos outros produtos químicos. Não há praticamente ataque algum com a atmosfera e a água. Os plásticos podem ser usados em contato direto com o solo, mesmo no caso de solos úmidos ou ácidos. Raramente há contaminação do fluido circulante; os plásticos não produzem resíduos tóxicos.

A maioria dos plásticos é atacada pelos ácidos minerais altamente concentrados. O comportamento em relação aos compostos orgânicos é variável: os hidrocarbonetos e os solventes orgânicos dissolvem alguns dos plásticos.

- importante observar que, de um modo geral, os materiais plásticos têm um comportamento quanto à corrosão inteiramente diferente dos metais, porque com os plásticos não há o fenômeno de corrosão lenta e progressiva, característica dos metais. Por essa razão, ou o plástico resiste indefinidamente ao meio corrosivo, ou é por ele rapidamente atacado e destruído, não tendo portanto sentido a aplicação de sobre-espessuras para corrosão. A destruição dos materiais plásticos ocorre por dissolução ou por reação química direta.

Quase todos os plásticos sofrem um processo de decomposição lenta quando expostos por longo tempo à luz solar, em virtude da ação dos raios ultravioleta, tornando-se quebradiços (wheathering). A adição de pigmentos escuros ao plástico melhora bastante a sua resistência a esse efeito. Recomenda-se por isso que os plásticos que devam ficar permanentemente ao tempo tenham pigmento de negro-de-fumo.

Pelo seu conjunto de vantagens e desvantagens, os materiais plásticos são usados principalmente para serviços de temperatura ambiente ou moderada, e baixos esforços

mecânicos, simultâneos com a necessidade de grande resistência á corrosão, ou de não-contaminação do fluido conduzido. Não podem ser empregados para tubulações, cuja avaria ou destruição por um incêndio próximo possam causar graves prejuízos ou acidentes, ainda que essas tubulações trabalhem frias. E o caso, por exemplo, das redes de incêndio, por onde circula água fria.

Os materiais termoplásticos, rígidos, e não-rígidos, São muito empregados para tubulações com diâmetros até 1,2 m, e também para revestimentos anti-corrosivos, aplicados internamente em tubos de aço; os termoestáveis são empregados para tubulações de quaisquer diâmetros e para revestimentos anti-corrosivos.

A norma ANSI/ASME,B,31 .3 proíbe o emprego de tubos de materiais termoplásticos e termoestáveis não-reforçados para serviços altamente cíclicos, e só permite o emprego para fluídos inflamáveis no caso de tubulações subterrâneas. Exceto para serviços dentro da "Categoria D", a mesma norma exige que esses tubos sejam mecanicamente protegidos de acidentes. Para os tubos de termoestáveis reforçados, só é exigida a proteção mecânica contra acidentes para fluidos tóxicos ou inflamáveis.

## PRINCIPAIS MATERIAIS PLÁSTICOS PARA TUBULAÇÕES

São os seguintes os plásticos mais importantes para tubulações:

1 - *Polietileno* É o mais leve e o mais barato dos materiais termoplásticos, tendo excelente resistência aos ácidos minerais; aos álcalis e ao sais. É um material combustível, com fraca resistência mecânica 20 a 35 MPa (~ 2,0 a 3,5 kg/mm<sup>2</sup>), e cujos limites de temperatura vão de -30° a 80°C, dependendo da especificação. O polietileno é usado para tubos de baixo preço, para pressões moderadas. Distinguem-se três graus de material, denominados de baixa, média e alta densidade, sendo os últimos de melhor qualidade e maior resistência.

2. *Cloreto de polivinil (PVC)* - É um dos termoplásticos de maior uso industrial. A resistência

---

à corrosão é em geral equivalente a do polietileno, mas as qualidades mecânicas são sensivelmente melhores; a resistência à temperatura vai de -40° a 65°C. Embora esse material possa ser queimado, a chama formada extingue-se espontaneamente. Os tubos rígidos de PVC são muito empregados para tubulações de águas, esgotos, ácidos alcalis e outros produtos corrosivos.

3. *Acrílico butadieno-estireno (ABS), Acetato de celulose* - São materiais termoplásticos de qualidades semelhantes às do PVC, usados para tubos rígidos de pequenos diâmetros. Ambos são 'materiais combustíveis'.

4. *Hidrocarbonetos fluorados* - Essa designação inclui um grupo de termoplásticos não-combustíveis, com excepcionais qualidades de resistência à corrosão e também ampla faixa de resistência à temperatura, desde -200° a 260°C. Esses materiais têm entretanto preço muito elevado e bastante baixa resistência mecânica, o que limita o uso apenas a tubos pequenos sem pressão. O mais comum desses plásticos é o PTFE (politetrafluoreteno), mais conhecido pelo nome comercial de "Teflon", muito empregado para revestimentos de tubos de aço e para juntas em serviços de alta corrosão.

5 *Epoxi* - um material termoestável de muito uso para tubos de grande diâmetro (até 900 mm), com extremidades lisas ou com flanges integrais. Os tubos têm a parede de construção laminada, em camadas sucessivas da resina plástica e de fibras de vidro enroladas, para melhorar à resistência mecânica (tubos denominados "FRP" - Fiberglass reinforced plastic). O epoxi é um material plástico de muito boa resistência à corrosão, queima-se lentamente, e pode ser empregado em temperaturas até 150°C.

6. *Poliésteres, fenólicos* - Todos esses materiais são termoestáveis de características semelhantes ao epoxi. Os fenólicos podem trabalhar até 150°C. Os tubos desses materiais têm também ampla faixa de diâmetros e construção laminada, com armação de fibras de vidro

(tubos "FRP"). Essas resinas são também empregadas para reforçar externamente tubos de PVC, como já foi dito.

## **PROBLEMA GERAL DA SELEÇÃO DOS MATERIAIS**

A seleção e especificação dos materiais adequados para cada serviço é freqüente mente um dos problemas mais difíceis com que se vê a braços o projetista de tubulações industriais. Damos a seguir os principais fatores que influenciam a seleção de um material; em alguns casos entretanto poderão haver outros fatores determinantes desta seleção.

Observe que alguns fatores podem ser conflitantes entre si: por exemplo, o material de melhor resistência à corrosão poderá ser muito caro e difícil de obtenção, e vice-versa. Por esse motivo, a relação abaixo não guarda nenhuma ordem de prioridade ou de importância relativa, que são variáveis de um caso para outro. Cabe ao projetista decidir, em cada caso, quais os fatores predominantes, e quais os que devem prevalecer quando houver conflito.

1. *Fluido conduzido:* Devem ser considerados os seguintes aspectos relativos ao fluido (ou aos fluidos) conduzido: Natureza e concentração do fluido, impurezas e contaminantes presentes, existência ou não de gases dissolvidos e de sólidos em suspensão, temperatura, pH, caráter oxidante ou redutor, flamabilidade, ponto de fulgor, toxidez, explosividade ou outros efeitos deletérios do fluido, ataque corrosivo aos materiais, possibilidade de contaminação do fluido pelos resíduos da corrosão, máximo tolerável dessa contaminação (consequências sobre a cor, o gosto, a toxidez, ou sobre outras propriedades do fluido).

2. *Condições de serviço* (pressão e temperatura de operação) O material tem de ser capaz de resistir à pressão em toda faixa possível de variação de temperatura. É importante observar que todos os fatores relativos ao serviço (fluidos conduzidos, com suas pressões, temperaturas, propriedades, etc.), são em geral variáveis ao longo do tempo isto é, tem-se, freqüentemente, uma série de valores considerados normais, ou de regime, e uma faixa, às vezes ampla, de variação desses valores, inclusive para condições anormais ou eventuais que possam ocorrer. Interessa portanto, para todos os fatores, conhecer os valores de regime e

também os extremos; em muitos casos, pode ainda ser necessário conhecer a probabilidade e duração de ocorrência desses extremos. Note-se também que as propriedades mecânicas e de resistência à corrosão dos materiais, bem como as propriedades dos fluidos, sofrem grandes variações em função da temperatura.

*3. Nível de tensões no material* - O material deve resistir aos esforços solicitantes, e por isso a sua resistência mecânica deve ser compatível com o nível de tensões que se tenha, isto é, com a ordem de grandeza dos esforços presentes. Para que as espessuras sejam razoáveis, dentro dos limites de fabricação normal, é necessário que sejam empregados materiais de grande resistência quando os esforços forem grandes, e vice-versa. Deve ser observado que em qualquer tubulação existem freqüentemente numerosos esforços além da pressão interna (que às vezes não é o esforço predominante).

*4. Natureza dos esforços mecânicos* - Independente do nível de tensões, a natureza dos esforços existentes (tração, compressão, flexão, esforços estáticos ou dinâmicos, choques, vibrações etc.), também condiciona a escolha do material. Os materiais frágeis, por exemplo, não devem ser utilizados quando ocorrerem esforços dinâmicos, choques ou altas concentrações de tensões.

*5. Disponibilidade dos materiais* - Quase todos os materiais para tubos (com exceção do aço-carbono) têm limitações de disponibilidade, isto é, não se encontram no comércio sob todas as formas (sem costura, com costura etc.), e em todos os diâmetros, bem como apresentam maior ou menor facilidade de obtenção, incluindo-se nesse aspecto a existência ou não de estoques, a necessidade ou não de importação, as quantidades mínimas exigidas para a compra, os prazos de entrega etc. Todos esses pontos devem ser levados em consideração na seleção dos materiais.

*6. Sistema de ligações* O material deverá ser adequado ao sistema de ligações que se deseja empregar. O sistema de ligações, por sua vez, dependerá da necessidade ou não de desmontagem, diâmetro do tubo, custo, grau de segurança, condições de serviço, recursos de que se dispõe para a montagem etc.

7. *Custo do material* – É evidentemente um fator importantíssimo e muitas vezes o decisivo. Para cada aplicação prática existem sempre vários materiais possíveis: o melhor será o que for mais econômico. Deverá ser considerado não só o custo inicial, como também o tempo de vida (em função da corrosão prevista), e os conseqüentes custos de reposição e de paralisação do sistema. Como os preços dos materiais costumam ser referidos aos pesos, para se fazer a comparação entre os custos dos diversos materiais deve-se Corrigir as diferenças dos valores das resistências mecânicas de cada um.

8. *Segurança* - Quando o risco potencial da tubulação ou do local for grande, ou ainda quando o serviço da tubulação for muito importante, há necessidade do emprego de materiais que ofereçam o máximo de segurança, de forma a evitar absolutamente a possibilidade de rupturas, vazamentos ou outros acidentes que possam resultar em paralisação do sistema ou mesmo em prejuízos ou desastres. São exemplos de risco potencial elevado as tubulações que trabalham com fluidos inflamáveis, explosivos, tóxicos, ou em temperaturas ou pressões muito altas. Do maior ou menor grau de segurança exigido dependerão a resistência mecânica e o tempo mínimo de vida necessário. Por exemplo, os materiais de baixo ponto de fusão (plásticos, borrachas, chumbo etc.), não podem ser empregados para tubulações importantes, sempre que o risco de incêndio deva ser considerado.

9. *Experiência prévia* - A decisão por um determinado material obriga sempre que se investigue e analise a experiência prévia que possa existir com esse material no mesmo serviço. Em casos importantes é em geral muito arriscado decidir-se por um material para o qual não exista nenhuma experiência anterior em serviço semelhante. Voltaremos a esse assunto mais adiante.

10. *Facilidades de fabricação e de montagem* - Todos os materiais têm determinadas limitações quanto às possibilidades de fabricação e de montagem, devem ser consideradas para a seleção de materiais. Entre essas limitações incluem-se a soldabilidade, usinabilidade,

facilidade de conformação etc. Soldabilidade não significa apenas a possibilidade do emprego de solda, mas também a maior ou menor facilidade de soldagem, e a necessidade ou não de tratamentos térmicos ou de outros cuidados especiais.

11. *Velocidade do fluido* - Para alguns materiais a velocidade do fluído pode influir grandemente nas resistências à corrosão e à erosão do material.

12. *Perdas de carga* - Quando, por exigência de serviço, é imposto um determinado limite para as perdas de carga, o material deverá ser de baixo coeficiente de atrito para atender a essa exigência. Deve ser considerada a possibilidade do aumento das perdas de carga com o envelhecimento do tubo.

13. *Tempo de vida previsto* - O tempo de duração mínima do material têm de ser compatível com o tempo de vida útil previsto para a tubulação. Por sua vez, o tempo de vida útil depende da natureza e importância da tubulação, do tempo de amortização do investimento, e do tempo provável de obsolescência da tubulação.

Para a solução do problema da seleção dos materiais, a experiência do projetista (ou da organização de projetos) é indispensável e insubstituível. Só a experiência, resultado do acúmulo de soluções adotadas em casos anteriores, é capaz de julgar com objetividade e segurança o grau de influência de cada um dos fatores acima. Para a maioria dos tipos de serviços mais usuais já existem materiais consagrados pela tradição, pela prática dos projetistas, ou pelas normas e códigos. Seguir simplesmente a tradição é a solução mais rápida e segura, embora nem sempre resulte no material melhor e mais econômico.

O projetista deve ter sempre o espírito aberto para aceitação de novas práticas, porque a tecnologia evolui rápido, e continuamente estão sendo lançados novos materiais, ou aperfeiçoados os existentes.

Deve ser observado que quando se considera a experiência prévia de um determinado material, os dados de experiência sejam relativos a um serviço exatamente igual ao que se tenha, e não apenas semelhante, porque numerosas circunstâncias variáveis (temperatura,

velocidade relativa, concentração do fluido, impurezas presentes, pH etc.), podem modificar completamente o comportamento do material quanto à corrosão. Quando as únicas experiências prévias disponíveis forem relativas a um serviço não exatamente igual, inclusive quando consistirem apenas em ensaios de laboratório, é importante que sejam estudadas com cuidado as diferenças em relação ao serviço real, e as suas possíveis consequências no comportamento do material. Os dados de catálogos de fabricantes e fornecedores de materiais, mesmo quando fidedignos, devem ser considerados com cautela, porque muitas vezes são extremamente simplificados. Em casos importantes é indispensável a consulta a um especialista em corrosão.