

MANUAL DO ALUNO

# DISCIPLINA PRÁTICAS OFICINAIS

Módulos 1 e 2

República Democrática de Timor-Leste  
Ministério da Educação



## FICHA TÉCNICA

TÍTULO  
MANUAL DO ALUNO - DISCIPLINA DE PRÁTICAS OFICINAIS  
Módulos 1 e 2

AUTOR  
NUNO BOAVIDA

COLABORAÇÃO DAS EQUIPAS TÉCNICAS TIMORENSES DA DISCIPLINA  
XXXXXXX

COLABORAÇÃO TÉCNICA NA REVISÃO



PEDRO VIEGAS, COORDENADOR DO CURSO TÉCNICO DE MECÂNICA

DESIGN E PAGINAÇÃO  
UNDESIGN - JOAO PAULO VILHENA  
EVOLUA.PT

IMPRESSÃO E ACABAMENTO  
XXXXXX

ISBN  
XXX - XXX - X - XXXXX - X

TIRAGEM  
XXXXXXX EXEMPLARES

COORDENAÇÃO GERAL DO PROJETO  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO DE TIMOR-LESTE  
2013



## Índice

<b>Construções Metalomecânicas .....</b>	<b>7</b>
APRESENTAÇÃO .....	8
OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM .....	8
ÂMBITO DOS CONTEÚDOS .....	8
<b>TRAÇAGEM.....</b>	<b>10</b>
TRAÇAGEM PLANA .....	10
TRAÇAGEM NO ESPAÇO .....	11
PREPARAÇÃO DAS SUPERFÍCIES PARA TRAÇAGEM .....	12
INSTRUMENTOS PARA A TRAÇAGEM.....	12
TRAÇAGEM DE UM PLANO HORIZONTAL DE REFERÊNCIA .....	25
TRAÇAGEM DE UM PLANO VERTICAL DE REFERÊNCIA .....	27
TRAÇAGEM DOS EIXOS DE SIMETRIA E DOS PLANOS MEDIANOS .....	29
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS .....</b>	<b>32</b>
<b>CORTE POR SERRAGEM .....</b>	<b>33</b>
SERROTE MANUAL.....	34
SERROTE MECÂNICO .....	37
SERROTE ALTERNATIVO .....	38
SERROTE CIRCULAR .....	41
SERROTES DE FITA.....	42
PREPARAÇÃO DAS SUPERFÍCIES A CORTAR.....	43
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS .....</b>	<b>45</b>
<b>LIMAGEM .....</b>	<b>46</b>
LIMAS.....	47
PROCEDIMENTOS OPERATIVOS NA LIMAGEM .....	51
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS .....</b>	<b>56</b>
<b>FURAÇÃO .....</b>	<b>57</b>
TIPOS DE FUROS .....	57



BROSCAS.....	58
TIPOS DE ENGENHOS DE FURAR.....	61
SELEÇÃO DOS PARÂMETROS DE FURAÇÃO.....	63
PROCESSO DE FURAÇÃO.....	65
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS .....</b>	<b>72</b>
<b>MANDRILAMENTO .....</b>	<b>73</b>
MANDRIL .....	73
PROCESSO DE MANDRILAGEM.....	77
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS .....</b>	<b>79</b>
<b>ROSCAGEM .....</b>	<b>81</b>
ROSCAS.....	81
ELEMENTOS FUNDAMENTAIS DE UMA ROSCA.....	81
DESIGNAÇÃO DE ROSCAS .....	83
PERFIS DE ROSCAS .....	83
FERRAMENTAS PARA ROSCAGEM.....	87
INSTRUMENTOS DE VERIFICAÇÃO DE ROSCAS .....	87
PROCESSOS DE ROSCAGEM .....	88
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS .....</b>	<b>91</b>
<b>TORNEAMENTO.....</b>	<b>92</b>
TIPOS DE TORNOS MECÂNICOS.....	93
PRINCIPAIS ACESSÓRIOS E FERRAMENTAS .....	97
OPERAÇÃO DE TORNEAMENTO .....	101
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS .....</b>	<b>105</b>
<b>FRESAMENTO .....</b>	<b>107</b>
TIPOS DE FRESADORAS.....	107
FRESAS .....	111
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS .....</b>	<b>121</b>
<b>BIBLIOGRAFIA/OUTROS RECURSOS .....</b>	<b>123</b>



<b>Soldadura SER .....</b>	<b>125</b>
APRESENTAÇÃO .....	126
OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM .....	126
ÂMBITO DOS CONTEÚDOS .....	126
<b>SOLDADURA .....</b>	<b>127</b>
EVOLUÇÃO HISTÓRICA.....	127
CLASSIFICAÇÃO DOS PROCESSOS DE SOLDADURA.....	128
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS .....</b>	<b>133</b>
<b>MÁQUINAS DE SOLDAR .....</b>	<b>134</b>
FONTE DE ENERGIA .....	134
CLASSIFICAÇÃO .....	134
MÁQUINAS DE CONCEÇÃO CONVENCIONAL.....	135
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS .....</b>	<b>140</b>
<b>ACESSÓRIOS E FERRAMENTAS .....</b>	<b>141</b>
MÁSCARAS, PORTA-ELÉTRÓDOS E PINÇAS DE MASSA .....	141
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS .....</b>	<b>144</b>
<b>FUNCIONAMENTO DO PROCESSO S.E.R. ....</b>	<b>145</b>
CRITÉRIOS DE ESCOLHA DOS ELÉTRÓDOS .....	146
PARÂMETROS DA SOLDADURA.....	148
REVESTIMENTO DOS ELÉTRÓDOS.....	151
CLASSIFICAÇÃO DOS ELÉTRÓDOS .....	154
MÁQUINA DE SOLDADURA POR ELÉTRODO REVESTIDO S.E.R. ....	158
TÉCNICAS OPERATÓRIAS.....	159
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS .....</b>	<b>165</b>
<b>BIBLIOGRAFIA/OUTROS RECURSOS .....</b>	<b>168</b>







# Construções Metalomecânicas

Módulo 1

### APRESENTAÇÃO

Neste primeiro módulo faz-se uma abordagem inicial às técnicas de serralharia e maquinação convencional, nomeadamente, torneamento, fresamento e retificação.

### OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM

- Identificar e enunciar as funções e características tecnológicas das diversas ferramentas manuais e máquinas simples, manipula-las e opera-las tendo em vista a execução de peças simples envolvendo operações elementares de serralharia geral
- Operar com os diversos tipos de tornos mecânicos convencionais tendo em vista a execução de peças simples envolvendo operações elementares de torneamento
- Operar com os diversos tipos de fresadoras mecânicas convencionais tendo em vista a execução de peças simples envolvendo operações elementares de fresamento

### ÂMBITO DOS CONTEÚDOS

#### Serralharia

- Traçar, cortar, quinar, dobrar e soldar, limar, furar e escarear, roscar e mandrilar
- Acabamento de superfícies
- União de componentes
- Preparação do posto de trabalho

#### Torneamento

- Tipos de tornos mecânicos, acessórios e ferramentas de corte
- Facejamento
- Torneamento cilíndrico exterior e interior
- Recartilhagem e corte por sangramento
- Roscagem exterior e interior
- Preparação do posto de trabalho





## Fresamento

- Tipos de fresadoras, acessórios e ferramentas de corte
- Sistemas de aperto
- Fresamento de superfícies planas
- Fresamento de caixas e rebaixos
- Fresamento de rasgos e escatéis
- Preparação do posto de trabalho



# TRAÇAGEM

Dá-se o nome de **traçagem** ao conjunto das operações a realizar para marcar, nas peças a submeter aos vários tipos de trabalho de formação e acabamento mecânico, as linhas e pontos que lhes delimitam as formas.

Poderíamos, portanto dizer, que a traçagem consiste em transportar para as peças os desenhos dos planos ou então em marcar nelas outros pontos ou linhas importantes para as operações de fabrico e acabamento - eixos de simetria, etc..

**É esse, por exemplo, o caso das peças em bruto, de fabricação fundida, que terão de ser trabalhadas mecanicamente para se lhes retirar o excesso de material que ainda têm, sendo necessário** efetuar nelas uma traçagem prévia que assinala a quantidade de material a suprimir.

O trabalho de traçagem pode ser classificado em dois grandes tipos:

- Traçagem plana;
- Traçagem no espaço.

## TRAÇAGEM PLANA

A **traçagem plana** é aquela que se realiza em superfícies planas (chapas ou peças de pequena espessura).

Visto que se trata de marcar sobre um plano linhas e pontos que representam contornos da peça, e limites e pontos singulares da mesma, o problema, é, em tudo, análogo ao do desenho de uma peça no plano do papel.

À parte de pequenas normas que são referidas no traçado espacial, o traçado plano é um desenho, a ele se aplicando as regras de desenho, estudadas no respetivo domínio. O traçado plano não é mais que a reprodução numa face da peça, das linhas desenhadas no papel.

A reprodução das linhas do desenho na face da peça não pode porém realizar-se com o mesmo material do desenho. Deverá, pois, usar-se material adequado e preparar as superfícies da peça para receber as linhas.



## TRAÇAGEM NO ESPAÇO

A **traçagem no espaço** é realizada nas peças mais volumosas, como por exemplo, as peças obtidas por fundição. A traçagem no espaço realiza-se em peças que não são planas e delimita volumes.

Um exemplo característico é o da traçagem que se teria de realizar num cilindro para dele se obter uma barra de secção quadrada. Para esse efeito é necessário traçar um quadrado na face de base do cilindro e traçar também as arestas da barra, conforme representa a figura 1.

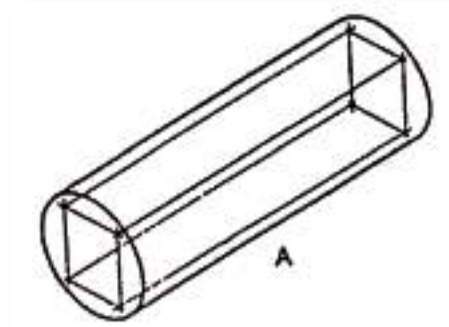


Figura 1 - Traçagem num cilindro.

A traçagem no espaço tem de ser realizada em casos muito numerosos e variados e tem imensas aplicações, como vamos ver seguidamente.

Sabemos já que as peças obtidas por fundição não ficam com as exatas medidas finais e têm, por esse motivo, de serem submetidas a desbaste manual ou mecânico que as leva à forma e dimensões devidas.

Para se desbastar mecanicamente as peças é necessário, primeiramente, determinar e marcar as partes em excesso, ou seja, marcar as linhas e superfícies que delimitarão a sua forma e dimensões finais.

Ao mesmo tempo, devem ser marcados os centros dos furos a praticar nas peças e, em certos casos, os eixos ou planos de simetria que servirão de guia ao trabalho de desbaste mecânico.

Fazer essas marcações é o objetivo da traçagem no espaço.

Como se verifica a traçagem no espaço serve os mesmos propósitos e realiza-se segundo os mesmos princípios que a traçagem plana.

Para fazer a traçagem, cobre-se a totalidade da superfície da peça, ou apenas uma parte dela, conforme os casos, com uma substância sobre a qual seja possível obter riscos bem visíveis com uma ponta metálica aguçada, (giz ou tinta de traçagem).

Se houver perigo de a traçagem assim obtida se apagar e desaparecer durante as operações a que a peça vier a ser submetida, marca-se na sua superfície, a punção e martelo, um conjunto de pontos que definam as linhas da traçagem e os seus pormenores mais importantes.



## PREPARAÇÃO DAS SUPERFÍCIES PARA TRAÇAGEM

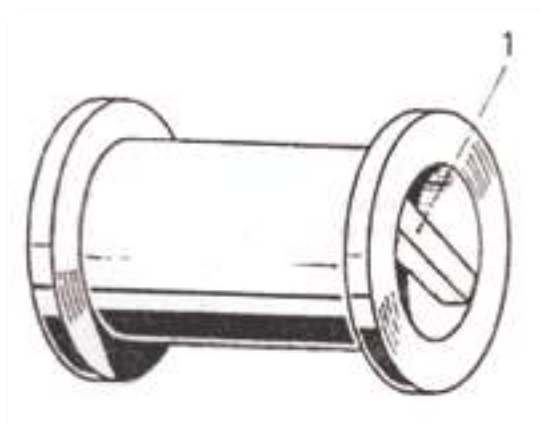


Figura 2 - Preparação de peças para traçagem.

Antes de iniciar a traçagem propriamente dita, há que preparar convenientemente as peças. Em primeiro lugar é necessário limpá-las para lhes tirar toda a sujidade, partículas estranhas, etc. Em seguida, é preciso revestir-lhes as superfícies com uma pintura especial ou com alguma substância que proporcione boa visibilidade dos traços do riscador. O revestimento pode ser total ou parcial, quer dizer, pode ser aplicado a toda a superfície exterior da peça ou apenas àquela parte onde se vai traçar. Sempre que seja necessário, coloca-se pontes e tampões de madeira nas aberturas da peça conforme representam as Figuras 2 e 3. As substâncias utilizadas no revestimento das peças são o giz, o sulfato de cobre (que dá cor às superfícies) o verniz de goma-laca ou a tinta especial para traçagem.

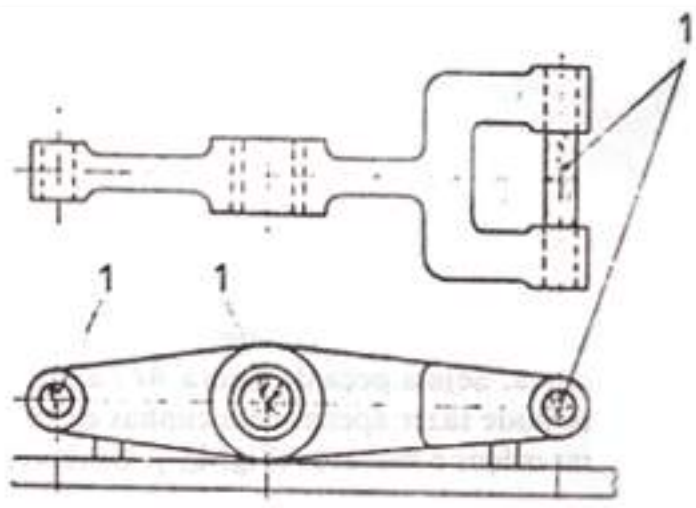


Figura 3 - Preparação de peças para traçagem.

## INSTRUMENTOS PARA A TRAÇAGEM

Os utensílios a que se recorre para a traçagem são muitos e de variados tipos. Os de uso mais corrente são os que vamos descrever seguidamente.

### Riscador

É um instrumento indispensável numa operação de traçagem. Pode dizer-se que o riscador é o lápis do traçador, pois é com ele que são feitos os riscos sobre a superfície



do material ou da peça. É uma vareta de aço, com uns 200 a 300 mm de comprimento e com uma dobra de uns 50 mm numa das extremidades em ângulo reto ou em forma de argola conforme representa a figura 4, ou pode ser de um modelo mais sofisticado conforme representa a figura 5.



Figura 4 - Riscador.

A extremidade livre do riscador forma uma ponta muito aguçada, que é a que se usa para desenho sobre a peça.

Para traçar, o riscador é colocado de tal modo que só a extremidade aguçada toque na aresta da régua, além disso, deve-se dar-lhe uma certa inclinação para o lado direito para se obter uma traçagem mais correta e mais rigorosa pois consegue-se ir vendo a trajetória da ponta do riscador durante o processo de traçagem.

### *Punção de Marcação ou de Bico*

Este instrumento é uma barra redonda de aço com 6 a 12 mm de diâmetro, numa de cujas extremidades se fez uma ponta, tendo a outra uma forma adequada a receber pancadas de martelo sem se deteriorar.

O corpo do punção costuma ser cilíndrico, mas também pode ser prismático. Quando cilíndrico, costuma ter acabamento recartilhado para não escorregar dos dedos. A figura 5 mostra três tipos de punções, que também são conhecidos como **punção de bico**.

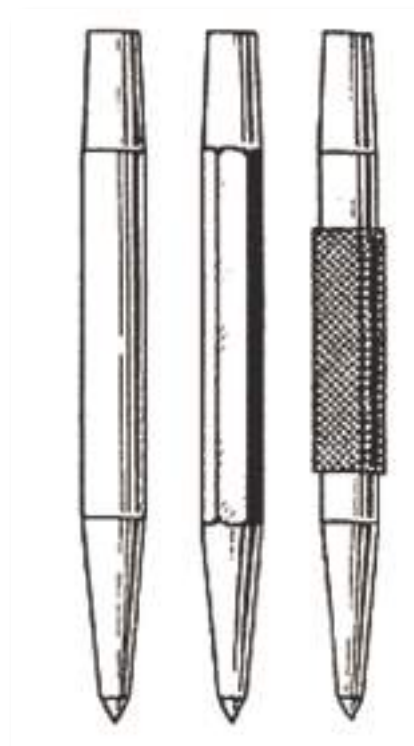


Figura 5 - Punção de bico.



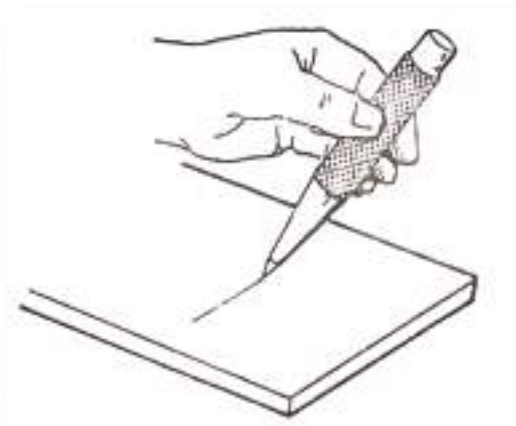


Figura 6 - Marcação com punção.

### Execução de Marcação com Pontos

Esta operação é realizada colocando-se a ponta do punção no sítio exato onde se quer marcar o ponto e golpeando depois a cabeça do instrumento com o martelo. A pancada do martelo deve ser regulada conforme o material sobre que se trabalha e conforme o tamanho da marca desejada. A maneira correta de colocar o punção consiste em

aplicá-lo primeiro com certa inclinação para a parte da frente do operador, para ser bem visível a posição exata do contacto obtido, como mostra a figura 6.

Uma vez realizado esse contacto no sítio exato, leva-se o punção à vertical para receber a pancada do martelo (Figura 7).

A marcação de centros com o punção é de grande importância, a marca deixada pelo punção deve ter um diâmetro aproximado de 0,5 mm e, em certos casos, até mesmo de 3 a 5 mm, isso depende das dimensões da peça, da importância da marcação, etc.. O mais importante de tudo é a posição do vértice da cavidade cônica feita com o punção.

Esse vértice deve estar exatamente no cruzamento das duas linhas que o determina. Na figura 3.5 pode ver-se um centro corretamente marcado: observe-se que o vértice da marca está exatamente no cruzamento das duas linhas retas.

Se, com a primeira pancada do martelo, a marca ficar desviada da posição correta, facto que é frequente, pode proceder-se à sua correção do seguinte modo: inclina-se o punção para o lado para onde se deve deslocar a marca e, com ele assim inclinado, dá-se uma nova pancada; depois, com o punção novamente na vertical, dá-se uma pancada definitiva.

Para marcação de traçagem, não é necessário fazer pontos demasiado aproximados: isso resultaria em grande perda de tempo e de precisão. Os pontos devem ficar, pelo menos, a 30 mm de distância uns dos outros em linhas pouco extensas, e esta distância

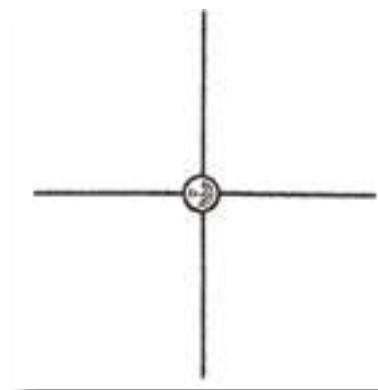


Figura 7 - Marcação com punção.



entre os pontos pode ser aumentada até 100 mm em linhas mais extensas. Aqui, tal como na marcação de centros, deve ter-se o cuidado de a ponta do punção ser colocada exatamente na linha a assinalar (Figura 8)

Se as linhas a pontear forem mistas, isto é, se tiverem linhas retas e curvas, a distância de ponto a ponto não deve ser uniforme: os pontos devem ficar mais próximos uns dos outros nas uniões e nas curvas. Por outro lado, é importante marcar os pontos-chave do desenho (por exemplo, os pontos correspondentes às máximas saliências), em relação aos eixos da simetria e, principalmente, nas arestas e uniões de linhas.

A figura 9 mostra uma peça traçada e marcada depois a punção; no desenho **A** pode ver-se as marcas corretamente colocadas, definindo perfeitamente a forma da peça e permitindo a sua fácil obtenção mesmo que o desenho venha a ser apagado durante o trabalho.

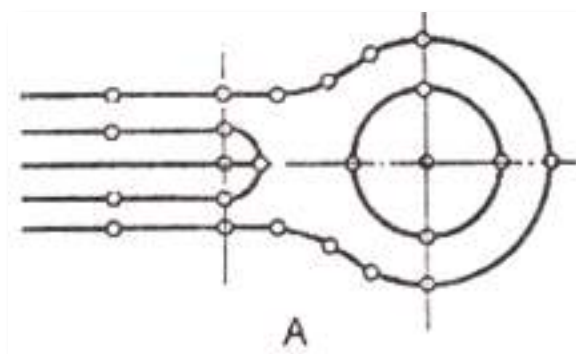


Figura 9 - Peça traçada e marcada com um punção.

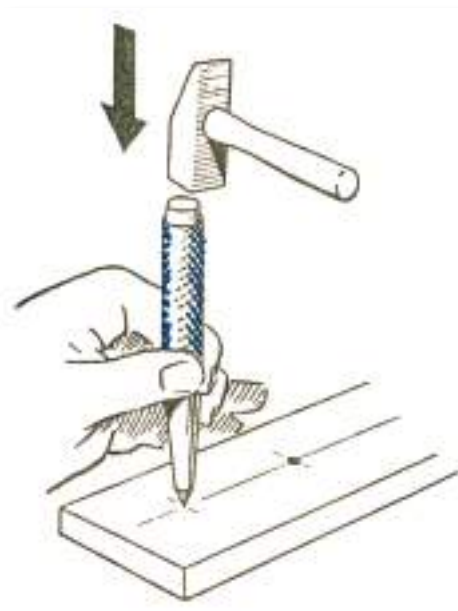


Figura 8 - Marcação com punção.

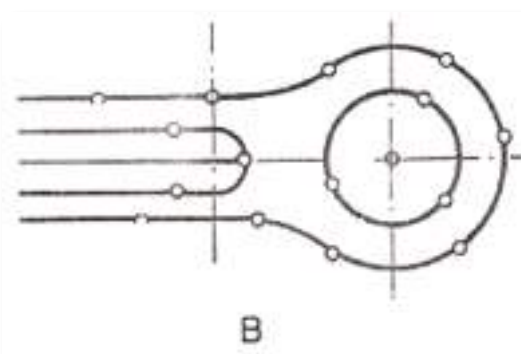


Figura 10 - Peça traçada e marcada com um punção.

No desenho **B**, (Figura 10), o mesmo não se verifica: as marcas foram feitas de maneira desordenada, não definem os pontos notáveis do desenho da peça e, se esse desenho desaparecer, será impossível acabar a peça.



## Réguas

As réguas de traçar diferem das réguas de medição porque são rígidas e mais robustas. Podem ter comprimentos muito variados, desde 500 mm até 3 m.



Figura 11 - Régua.

As réguas não costumam, regra geral, ter graduação, pois são utilizadas apenas para a traçagem de segmentos de reta (figura 11).

## Esquadros

Os esquadros são utilizados na traçagem para obter ou verificar retas e planos perpendiculares a outros já desenhados.

A Figura 12 mostra vários tipos de esquadros mais utilizados para traçar retas perpendiculares em superfícies planas e para verificar a perpendicularidade entre dois planos ou entre uma reta e um plano.



Figura 12 - Tipos de esquadros: A - Esquadro de cepo; B - Esquadro T; C - Esquadro de cepo com lâmina biselada; E - Esquadro liso.

A Figura 13 mostra um exemplo típico de uso do esquadro para traçagem de uma perpendicular a um dos lados da peça.

Além dos tipos de esquadros mencionados, existe ainda o chamado esquadro de caixa conforme representa a Figura 14, que tem planos perfeitamente perpendiculares à face





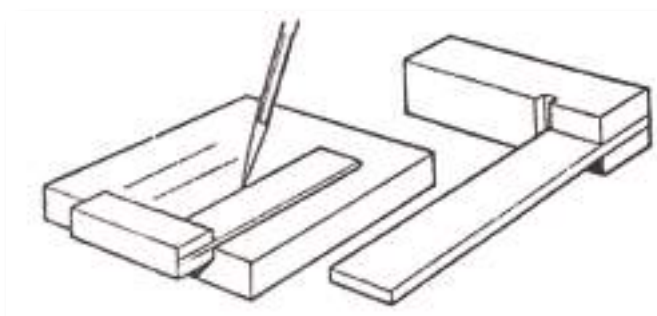


Figura 13 - Utilização do esquadro na traçagem.

Para marcar o centro de uma face circular da peça, usa-se o chamado esquadro de centrar conforme representa a Figura 15, que é formado por uma régua graduada à qual está ligada uma peça com um ângulo de  $90^\circ$ , estando o vértice deste ângulo em coincidência com a aresta da régua. Traçando dois diâmetros da face circular da peça, encontra-se o respectivo centro.



Figura 15 - Esquadro de centrar.

## Compasso

O **compasso**, é um dos instrumentos mais utilizados nas operações de traçagem. É fabricado em aço temperado, para que as pontas não se desgastem prematuramente pela fricção nos materiais a marcar. Os tipos de compassos mais correntes são o **compasso de bicos** (Figura 16) e o **compasso de calibre** (Figura 17).



Figura 16 - Compasso de bicos.

de apoio; é utilizado para servir de apoio à base do graminho, de tal modo que, deslizando esta sobre ele, a ponta do riscador se mantenha num mesmo plano perpendicular ao **plano de traçagem**.

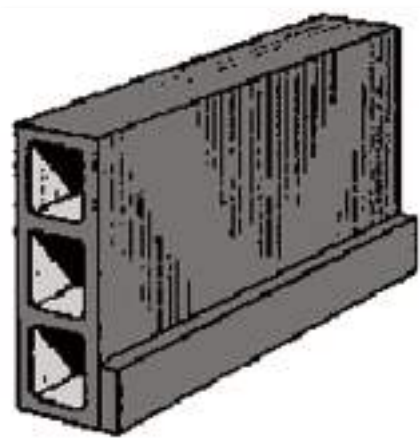


Figura 14 - Esquadro de caixa.



O compasso de bicos é utilizado para traçar arcos de circunferências, marcar as distâncias entre pontos para a marcação com punção, etc.

O compasso de calibre é utilizado especialmente na traçagem de grande precisão, que consiste num suporte de calibre munido de duas pontas especiais para servir de compasso.



Figura 17 - Compasso de calibre.

**Recomendações para a Traçagem de Circunferências**

Para a correta traçagem de circunferências e arcos de circunferência com o compasso de bicos, deve-se previamente fazer a correta marcação do centro conforme representa a Figura 18. O punção de marcar deve estar bem afiado para que a ponta do compasso encontre um bom apoio. A utilização de um punção mal afiado pode provocar erros de traçagem devido à falta de precisão no apoio da ponta do compasso conforme está representado nas Figura 18.

Quando existe a necessidade de traçar arcos de circunferência com centro na aresta da peça, nunca se deve apoiar simplesmente a ponta do compasso na aresta porque não se obteria precisão suficiente.

Nestes casos, deve-se recorrer a uma peça auxiliar para que a ponta do compasso tenha apoio estável conforme representa a Figura 19.

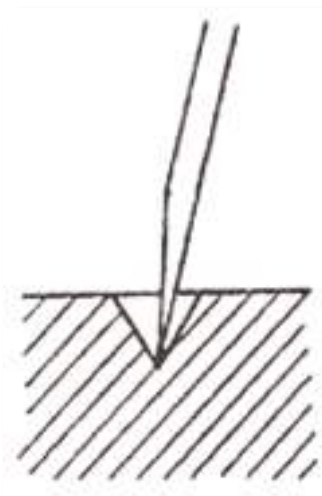


Figura 18 - Traçagem de circunferências com compasso de bicos.

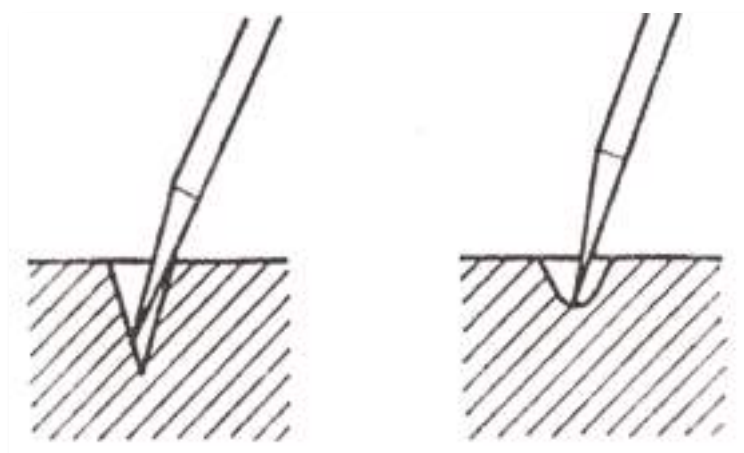


Figura 19 - Traçagem de circunferências com compasso de bicos.



Nestes casos, deve-se recorrer a uma peça auxiliar para que a ponta do compasso tenha apoio estável conforme representa a Figura 20.

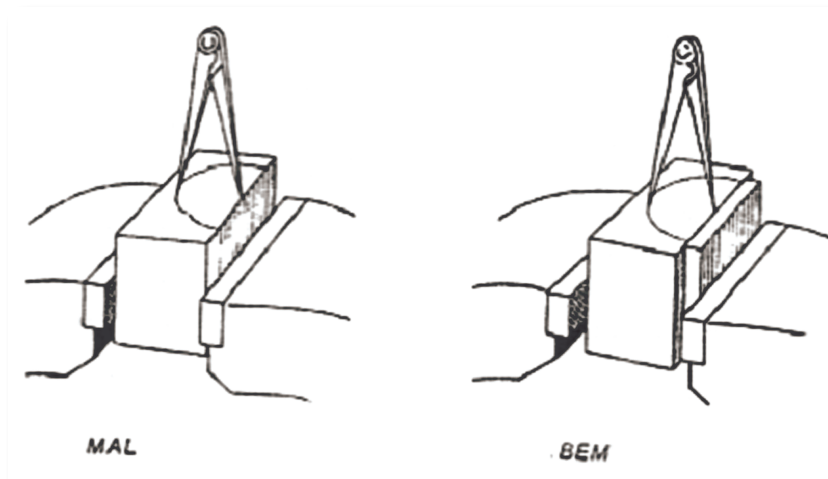


Figura 20 - Traçagem com compasso de bicos.

### Graminho

Juntamente com o plano de traçagem, o graminho é o mais característico instrumento, e o mais usado, na traçagem no espaço. É formado por um riscador montado num suporte especial, cuja forma mais simples e mais corrente, como mostra a figura 21.

A base **(1)** deste suporte, cuja face inferior é bem plana para poder deslizar com suavidade sobre o plano de traçagem, sustenta uma haste cilíndrica perfeitamente verticalizada **(2)**.

A peça **(3)**, em que é montada a haste do riscador, pode correr para cima e para baixo e pode, além disso, aumentar ou diminuir a inclinação do riscador.

O parafuso **(4)** serve para a fixação: desapertando-o, desloca-se e inclina-se o riscador como convier e, uma vez obtida a posição desejada, aperta-se o parafuso para imobilizar nessa posição o riscador.

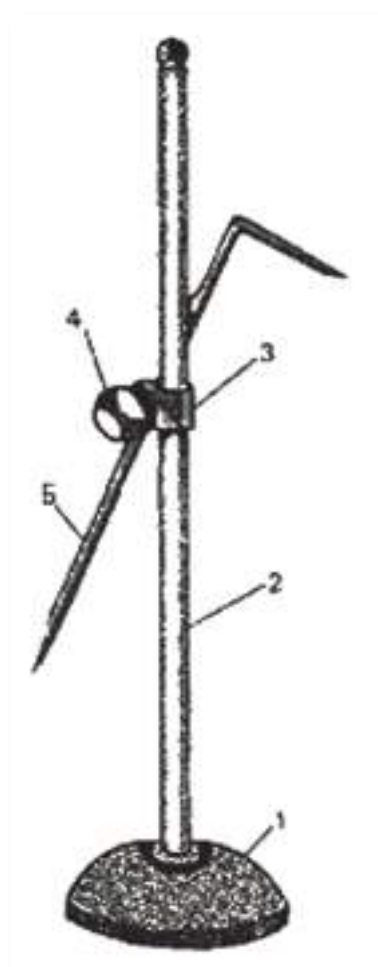


Figura 21 - Graminho.



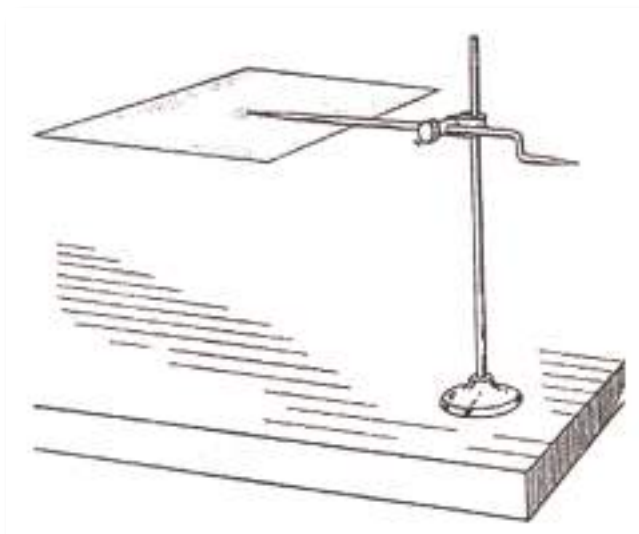


Figura 22 - Graminho.

Depois de se fixar o riscador na posição que se deseja, e fazendo deslizar a base do graminho sobre o plano sem dele o levantar, é evidente que a ponta do riscador se conservará sempre num mesmo plano horizontal conforme demonstra a Figura 22.

Esta propriedade do graminho permite a sua utilização para traçar planos e retas paralelas a vários

níveis, eixos de simetria, etc.

Um modelo de graminho mais aperfeiçoado, é o que se pode ver na Figura 23 e que difere do anterior não só por ter base prismática mais ainda pelo facto de a haste que suporta o riscador assentar numa articulação que permite dar-lhe qualquer inclinação que se deseje. Esta possibilidade permite um mais fácil posicionamento do riscador.



Figura 23 - Graminho.

Como se pode ver na figura, a base prismática deste tipo de graminho permite fazê-lo trabalhar não só no plano de traçagem como ainda numa superfície cilíndrica.

Outro tipo de graminho de traçagem é o que mostra a Figura 24 que, em vez do riscador

normalmente utilizado, possui uma peça retangular aguçada, montada numa corrediça que desliza numa régua vertical graduada. Com este graminho é muito mais fácil regular com grande precisão a altura do traço sobre o plano-base ou medir alturas.



Figura 24 - Graminho.



Outro tipo de instrumento de traçagem é o que se apresenta na Figura 25 e que é normalmente utilizado para a traçagem de circunferências de grandes dimensões em superfícies planas, por exemplo chapas de ferro de espessuras normalmente grossas que têm de ser cortadas pelo processo de oxi-corte.



*Figura 25 - Instrumento utilizado para traçagem de peças.*

### *Paquímetro, Régua Graduada e Fita Métrica*

São também muito utilizados em traçagem de peças o paquímetro, a régua graduada e a fita métrica.



*Figura 26 - Paquímetro.*



*Figura 27 - Régua graduada.*

### *Plano de Traçagem*

O **plano de traçagem** é um dos mais característicos utensílios das operações de traçagem no espaço. Este plano consiste numa grossa e sólida mesa, normalmente fabricada em ferro fundido, com uma superfície perfeitamente plana (retificada).



É no plano de traçagem que são colocadas as peças a traçar, assim como o graminho de traçagem e os demais apetrechos de sujeição, isto é, cubos de apoio, calços em V, cavedais prismáticos, macacos de apoio de altura variável, etc. Os planos de traçagem variam nas suas dimensões e podem estar apoiados em cima de uma estrutura em cantoneira, em cima de uma bancada, etc. Na Figura 28 estão representadas três situações diferentes de apoio do plano de traçagem.



Figura 28 - Plano de traçagem.

### Calços e Macacos

Para a sujeição das peças nas operações de traçagem existem vários apetrechos conforme mostram as figuras em baixo representadas.



Figura 29 - Blocos para sujeição e apoio das peças a traçar.

Figura 30 - Cavedais em V para apoio de peças normalmente cilíndricas.





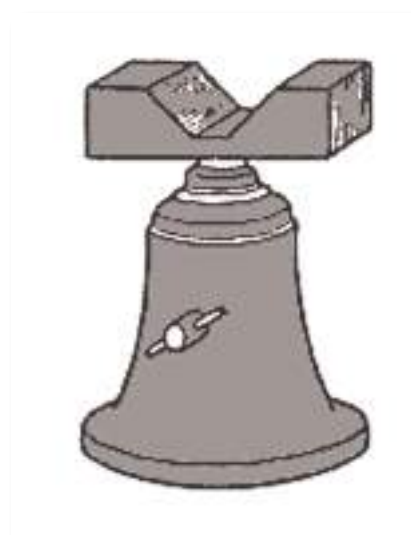
Figura 31 - Calços com formas em V de diversas dimensões.

Figura 32 - Calços prismáticos com cinta de aperto normalmente utilizados para a traçagem de escatéis em veios.



Figura 33 - Macaco de altura variável cuja base de apoio da peça é de forma plana.

Figura 34 - Macaco de altura variável cuja base de apoio da peça tem a forma de V.



Já foi dito que, para a traçagem no espaço é necessário, na maior parte dos casos, colocar a peça no plano de traçagem a fim de dispor de uma superfície de referência que nos permita o guiamento do graminho e o controlo das operações.

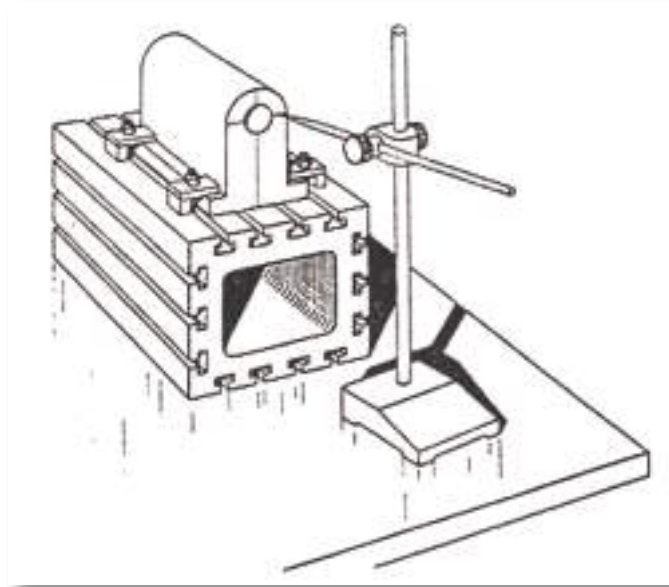


Figura 35 - Cubos ou prismas.

Mas, muitas vezes, as peças em que se tem de realizar a traçagem possuem formas complicadas e irregulares e não apresentam faces planas bem definidas que possam servir para assentá-las no plano. Em consequência disto, sucede frequentemente ter-se de, para as colocar numa determinada posição, utilizar pontos de apoio situados a diferentes níveis, o que exige

o recurso aos apetrechos auxiliares de apoio e sujeição que sirvam de suporte. Estes apetrechos auxiliares podem ser de dois tipos: de altura fixa e de altura variável.

Os apetrechos de altura fixa, correntemente denominados **calços**, são peças metálicas de formas prismáticas maciças, de que demos alguns exemplos nas figuras representadas. Estes calços são, normalmente utilizados aos pares exatamente iguais, neste caso, os dois pontos de apoio estão na mesma altura. As diversas formas dos calços dão lugar a outras tantas designações: paralelos planos, paralelos em ângulo, suportes em V, etc. Também é vulgar o uso de **cubos** ou **prismas** como aquele que está representado na Figura 35.

As faces destes suportes são rigorosamente paralelas e têm ranhuras em T para fixação das peças.

Como se pode ver na figura, é costume serem fabricados ocós para lhes reduzir o peso. Dando um quarto de volta ao cubo, isto é, fazendo-o assentar no plano por uma face lateral, a peça fica imediatamente em posição de receber linhas a  $90^\circ$  como as anteriores sem necessidade de se perder tempo com novas operações de colocação e fixação.

Os suportes de altura variável mais correntes são os chamados **macacos**, de que mostrámos dois tipos nas figuras apresentadas. São utilizados para obter pontos de





apoio cuja altura se possa regular a fim de levar a peça à posição desejada. Consistem numa base com um pé que desliza na vertical e pode ser fixado a qualquer altura, sobre o qual há um suporte de qualquer dos tipos já descritos.

## TRAÇAGEM DE UM PLANO HORIZONTAL DE REFERÊNCIA

### Exemplo 1

Na traçagem no espaço é muito frequente suceder que a peça não tenha uma superfície mecanicamente trabalhada que se possa tomar como referência para a traçagem de planos, centros, etc. Nesta situação, tem de se colocar a peça no plano com o auxílio do graminho e de calços, macacos, cunhas, etc., de modo a poder-se estabelecer um plano de referência.

Vejamos um exemplo: supondo que a peça representada na Figura 36 não tem nenhuma superfície mecanicamente trabalhada que se possa tomar como referência e que é preciso traçar nela planos, centros de furos, etc., a primeira operação a realizar é nivelar e orientar a peça para ter nela um plano horizontal de referência.

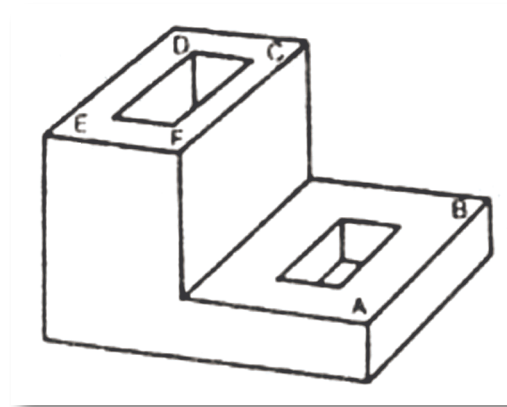


Figura 36 - Peça para traçar.

Para isso, coloca-se a peça sobre o plano de traçagem, na posição que se vê na figura, e, com o graminho, experimenta-se os contos **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, e **F** para verificar se está bem nivelada.

Para corrigir a posição, utiliza-se pequenas cunhas de madeira ou de metal. Seguidamente, traça-se a toda a volta da parte inferior da peça um plano paralelo ao plano-base da traçagem Figura 37, tomando a precaução de verificar que as dimensões em bruto compreendem amplamente as dimensões da peça acabada, o traço assim praticado não é, portanto, mais que a delimitação do plano de base da peça. Depois desta operação, fica-se a dispor de um plano em relação ao qual se possa traçar definitivamente as faces planas superiores **A** e **B**. Neste exemplo, o nivelamento da peça é muito fácil, pois é possível apoiá-la no plano de traçagem por uma das faces e tudo se resume, afinal, à colocação de umas pequenas cunhas.



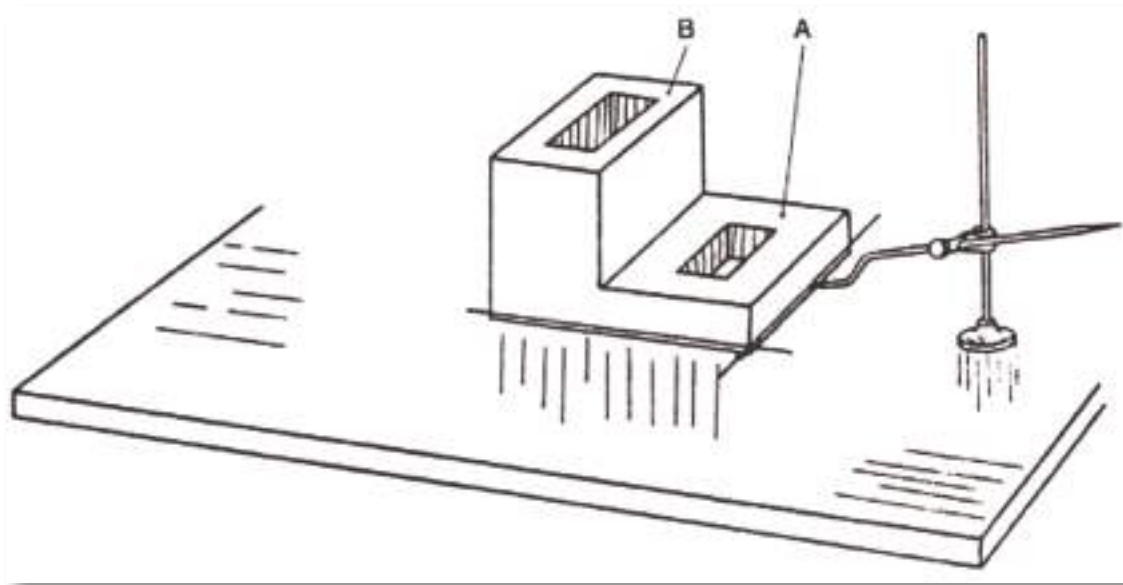


Figura 37 - Exemplo de traçagem de uma peça.

**Exemplo 2**

Vejamos, porém, um exemplo um pouco mais complicado, correspondente a grande número de situações da prática. Com a peça da Figura 38, o nivelamento já não se pode fazer apenas com cunhas, será necessário utilizar calços e macacos conforme representa a Figura 39.

Observe-se que a peça é nivelada sobre três pontos:

- Um apoio fixo **(1)**, constituído por um calço em V sob uma das orelhas da peça;
- Dois apoios reguláveis, um deles **(2)** sob a outra orelha da peça, o outro **(3)** na parte da frente.

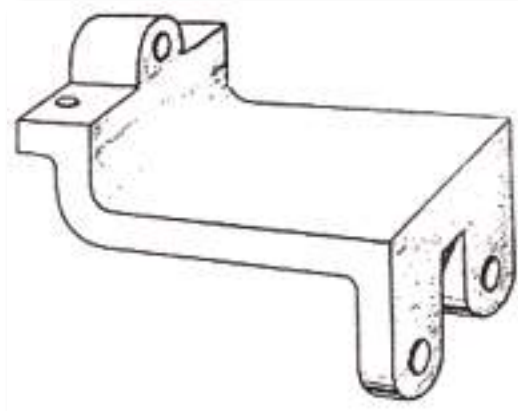


Figura 38 - Exemplo de traçagem de uma peça.

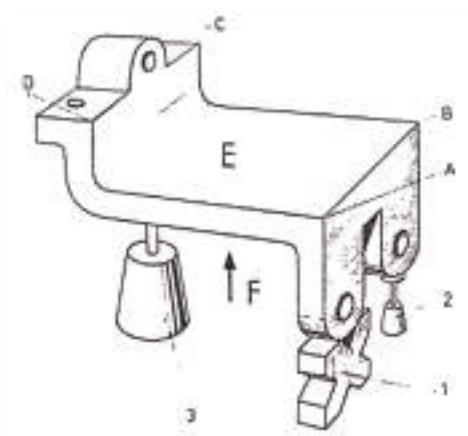


Figura 39 - Vários apoios de uma peça para traçagem.



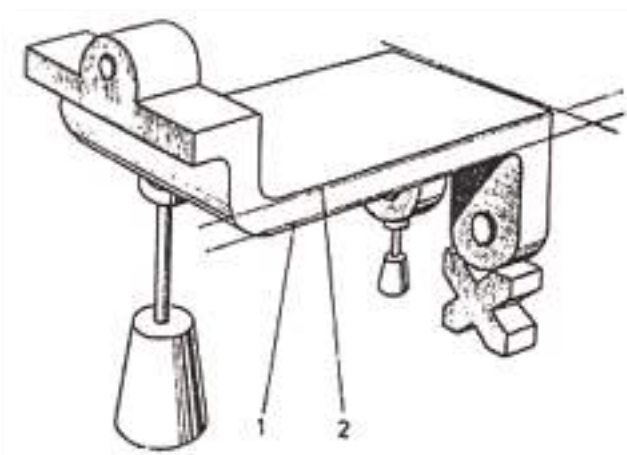


Figura 40 - Exemplo de traçagem de uma peça.

Feito isto, aplica-se o método de nivelamento por tentativas, com o graminho, (como vimos no exemplo anterior) vai-se verificando o nível dos cantos **A, B, C, D** e efetuando correções na altura dos macacos até que todos eles se apresentem nivelados.

Conseguido o nivelamento, traça-se um plano de referência, que tanto

pode ser o da face **E** como da face **F** como mostra a Figura 40. Esse plano permitirá toda a subsequente traçagem da peça.

## TRAÇAGEM DE UM PLANO VERTICAL DE REFERÊNCIA

### Exemplo 3

Já vimos como se traça um plano horizontal de referência. Vejamos agora como se traça um plano vertical perpendicular a ele. No caso da peça representada nas Figuras 41 e 42, o procedimento é descrito de seguida:

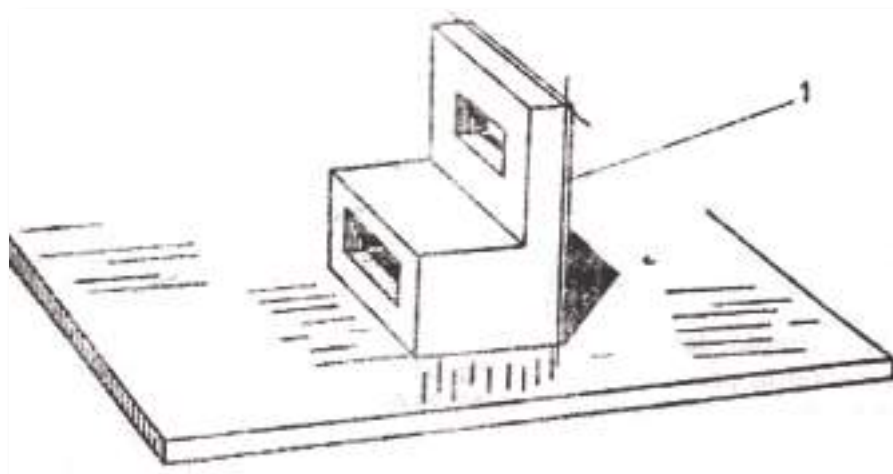


Figura 41 - Colocação da peça para a traçagem de um plano perpendicular ao plano horizontal (1).

Já temos o plano horizontal em relação ao qual definimos as faces **A** e **B** da peça, e os planos verticais serão perpendiculares a esse plano.



Então, para traçar um plano vertical, não teremos senão de levar o traço desse plano à posição vertical e traçar na peça um novo plano horizontal. Quer dizer que a operação consiste em verificar a verticalidade do traço (1) quando a peça estiver na posição da Figura 43. É fácil realizá-la com o auxílio do graminho e do bloco de caixa, conforme representa a Figura 42.

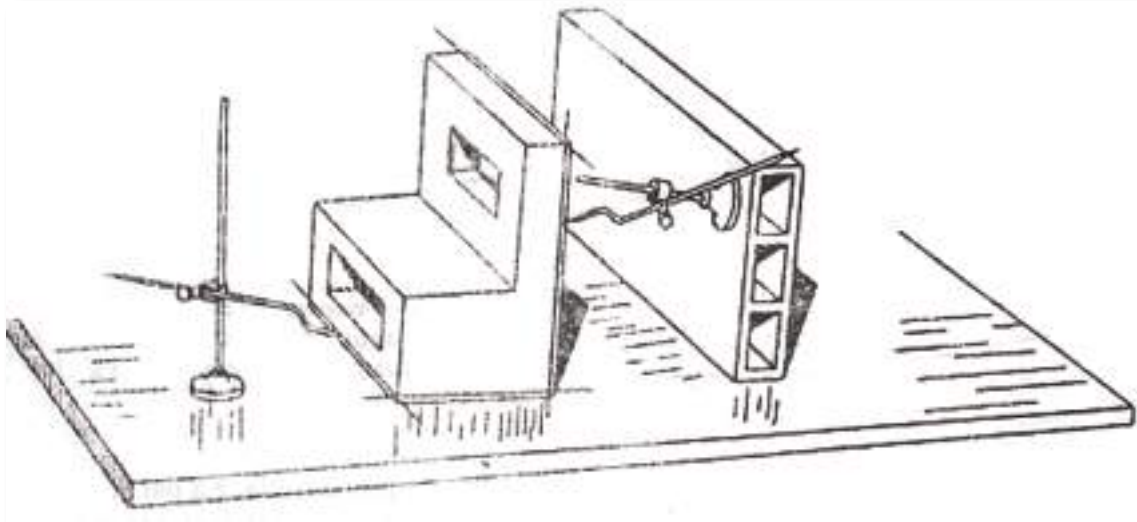


Figura 42 - Nivelamento da peça e traçagem do plano perpendicular ao outro. A peça fica perfeitamente em esquadria.

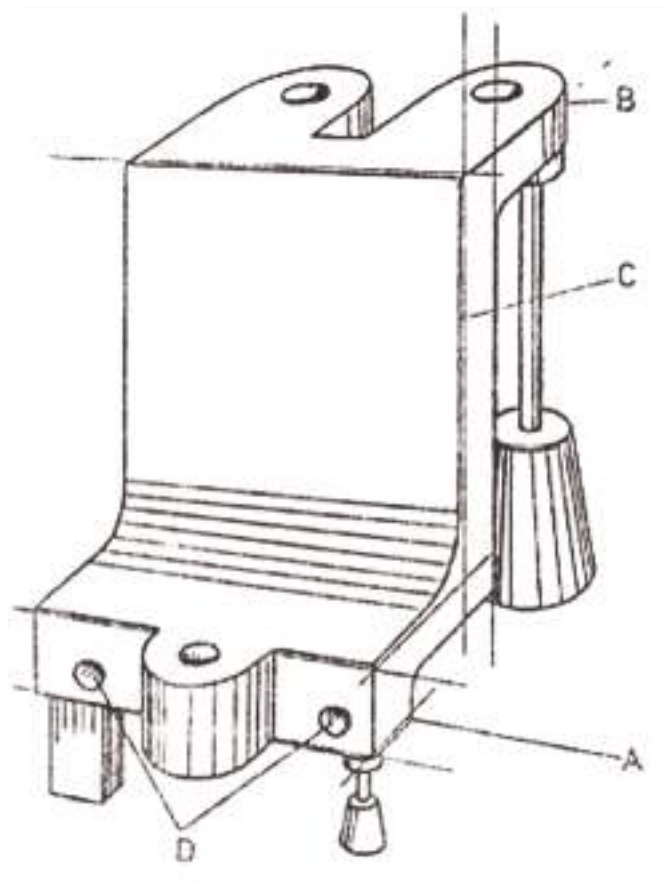


Figura 43 - Colocação da peça para a traçagem de planos verticais perpendiculares ao plano já obtido (A e B são perpendiculares a C).



Depois de verificada a verticalidade do traço **(1)**, eventualmente obtida por meio de cunhas, passa-se o graminho para o plano de base e traça-se um plano a nível muito baixo, como anteriormente.

No caso da peça das Figuras 38, 39 e 40, a peça é colocada verticalmente sobre dois apoios reguláveis e um fixo, como anteriormente, conforme mostra a Figura 43, a verticalidade do traço já obtido é conseguida pelos mesmos processos. Verticalizado esse traço, marca-se os planos **A** e **B** e um dos eixos dos furos **D**.

## TRAÇAGEM DOS EIXOS DE SIMETRIA E DOS PLANOS MEDIANOS

### Exemplo 4

Os eixos de simetria que, geralmente, se tem de traçar numa peça são dois e é necessário verificar a sua perpendicularidade.

A marcação destes eixos de simetria é feita depois de se nivelar a peça por tentativas feitas com o graminho nos quatro cantos e de se ter marcado o dentro geométrico, em conformidade com as cotas do desenho, igualmente por tentativas.

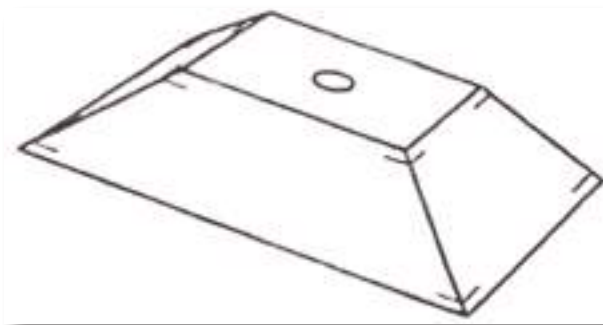


Figura 44 - Peça onde se pode ver os traços que delimitam os planos horizontais.

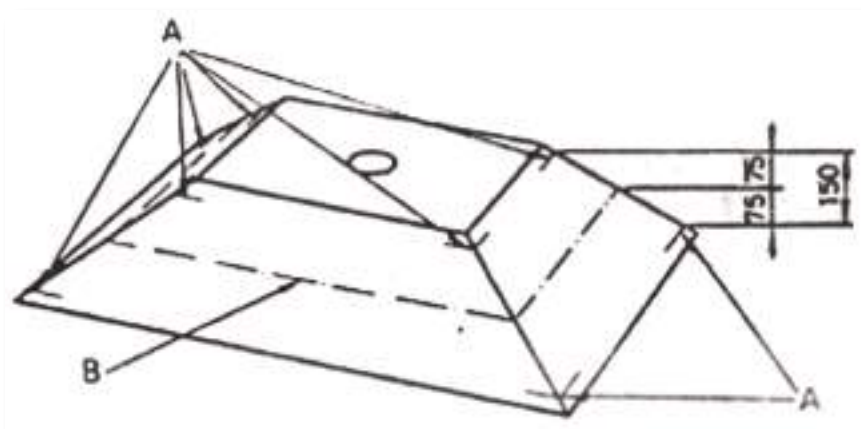
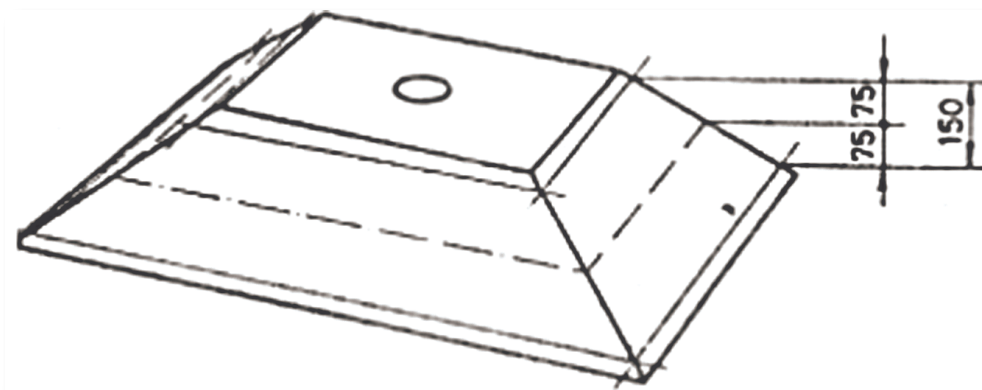


Figura 45 - Pode ver-se nesta peça os traços A que delimitam os planos paralelos horizontais e o plano mediano B, traçado justamente a metade da distância entre esses dois planos.



No caso da Figura 44, por exemplo, depois de se colocar a peça no plano de traçagem, procede-se ao seu nivelamento por marcação dos planos horizontais, verificando que as dimensões em bruto contêm as dimensões finais.

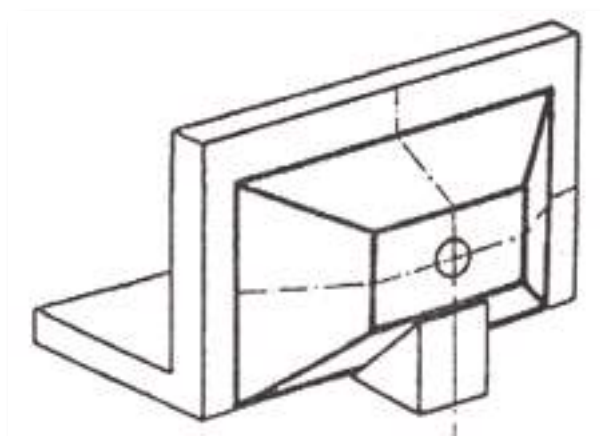
Nivelada a peça, procura-se o nível intermédio entre os dois planos, assinalando-o com o riscador. Verificado que o sinal se encontra, efetivamente, a meio dos que indicam os planos delimitantes, traça-se o plano mediano a toda a volta da peça conforme representado na Figura 45. Os planos medianos e os eixos de simetria são sempre traçados a toda a volta da peça.



*Figura 46 - Desenho que representa a peça da figura anterior com os traços dos planos superior, inferior e mediano a toda a volta da peça.*

Em seguida, e a partir do plano mediano, traça-se também completamente, a linha cheia, os dois planos delimitantes conforme mostra a Figura 46.

Para traçar um eixo de simetria perpendicular ao plano mediano assim obtido segue-se o mesmo método da traçagem de planos verticais: verifica-se o nivelamento da peça pelos cantos, marca-se os planos paralelos conforme representa a Figura 47 e traça-se o eixo de simetria.



*Figura 47 - Posição da peça para traçagem de um eixo de simetria transversal.*



Querendo traçar outro eixo de simetria, coloca-se a peça como se vê na Figura 49 e procede-se do mesmo modo que anteriormente.

Quando a peça é montada num bloco de traçagem conforme representa a Figura 50, uma vez traçado o primeiro eixo de simetria bastará virar o bloco para se poder traçar o segundo, pois o nivelamento é obtido automaticamente graças à rigorosa esquadria do bloco.

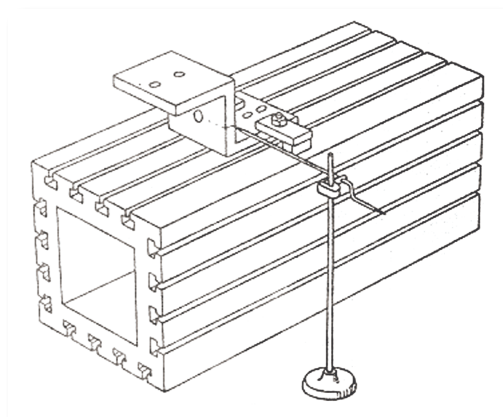


Figura 49 - Traçagem de um eixo de simetria numa peça fixada num bloco.

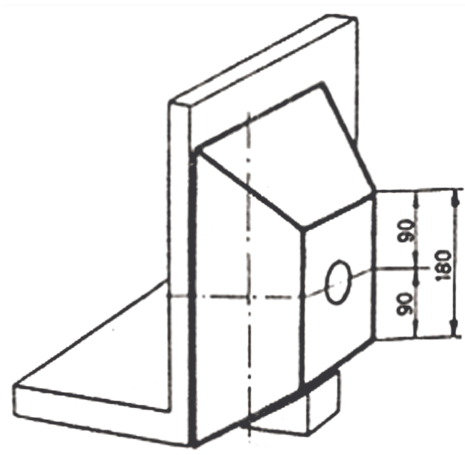


Figura 48 - Posição da peça para traçagem de um eixo de simetria longitudinal.

As peças costumam ser montadas num bloco de traçagem quando já trazem uma superfície mecanicamente trabalhada que sirva de referência para a marcação das outras, pois de contrário, é difícil nivelá-las no bloco.

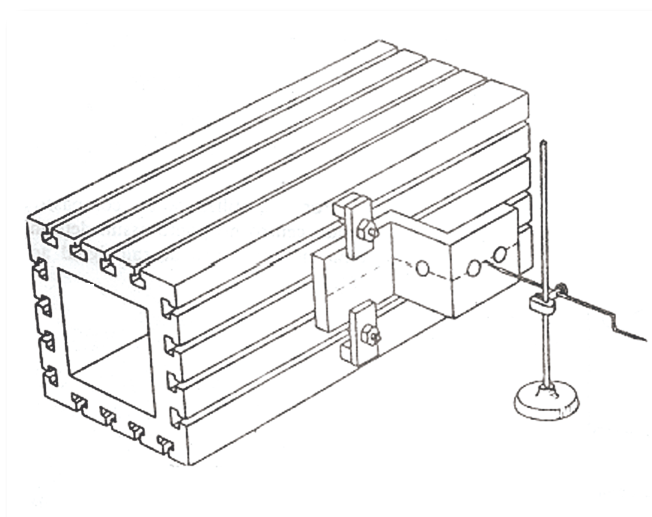


Figura 50 - Traçagem de um eixo de simetria com o bloco de virado.



# EXERCÍCIOS TEÓRICOS

**EXERCÍCIO 1.** Enuncie os instrumentos utilizados para traçar paralelas e perpendiculares.

**EXERCÍCIO 2.** Enuncie em que operações de traçagem são utilizados os compassos de bicos.

**EXERCÍCIO 3.** Diga quais as substâncias que são utilizadas para cobrir as superfícies das peças antes da traçagem.

**EXERCÍCIO 4.** Explique o procedimento de utilização do punção de marcação.

**EXERCÍCIO 5.** Explique para que servem os esquadros de centrar.

**EXERCÍCIO 6.** Diga o que entende por traçagem plana.

**EXERCÍCIO 7.** Enuncie o que é traçagem no espaço.

**EXERCÍCIO 8.** Enuncie quais são os casos em que se tem de traçar eixos de simetria.





## CORTE POR SERRAGEM

Qualquer corpo metálico ou não metálico quando em bruto poderá ser submetido a uma série de operações mecânicas simples ou complexas de modo a obtermos uma peça com a forma pretendida.

Assim no decorrer das várias operações mecânicas vai-se arrancando racionalmente o material em excesso, este arrancamento pode ser feito manualmente ou mecanicamente por meio de elementos tecnológicos chamados **ferramentas de corte**.

Chamando-se ferramenta de corte a um órgão que pela sua forma especial e pelo seu modo de emprego modifica gradualmente o aspeto (forma e dimensão) do corpo metálico até se obter o objeto desejado, empregando sempre o mínimo de tempo de modo a poder satisfazer o fator comercial, com vista a obter um custo mínimo.

Porém a ferramenta de corte pode ser manual ou aplicada nas máquinas-ferramenta que são conjuntos de órgãos combinados e dispostos de modo a transformar um ou mais movimentos à ferramenta de corte e/ou ao objeto submetido ao trabalho de modo a arrancar racionalmente o material em excesso.

Em face do exposto podemos concluir que a ferramenta e a máquina-ferramenta estão intimamente relacionados e darão o máximo rendimento se uma ou outra tiverem sido estudadas de acordo com técnicas adequadas pois dadas as exigências de produção cada vez se exige mais um trabalho aperfeiçoado.

Os materiais a trabalhar encontram-se geralmente em armazém com dimensões superiores às exigidas para as peças que se pretende obter.

Assim, quando se pretende peças com dimensões aproximadas para posteriormente serem manufaturadas, recorre-se à serragem dos materiais.

Serrar, consiste numa operação de corte dos materiais a retirar, utilizando para o efeito os instrumentos de corte adequados ao tipo de operação pretendido, esses instrumentos chamam-se **serrotes**.

Os serrotes são classificados da seguinte forma:

- Serrotes manuais;
- Serrotes mecânicos.



## SERROTE MANUAL

O serrote manual (Figura 1) é uma ferramenta portátil que é utilizado para o corte de pequenas peças que não justifiquem a serragem mecânica e, como tal, permite a operação em circunstâncias em que tal versatilidade se torna importante.

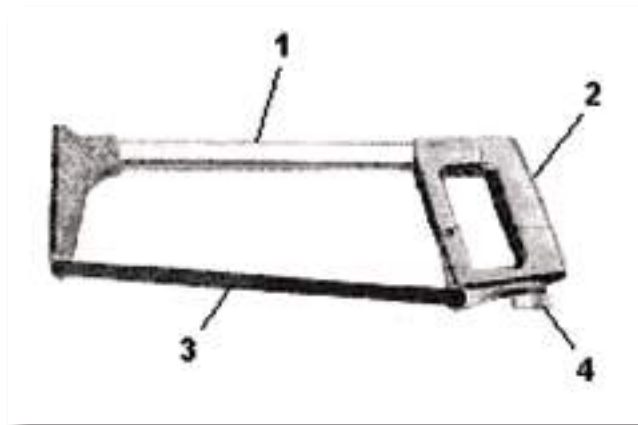


Figura 1 - Serrote manual: 1 - Armação em arco;  
Cabo; Folha de serrote; Porca de orelhas.

O serrote manual é constituído por uma armação em arco **(1)**, dotada de um cabo **(2)** para o seu manejo.

Na armação em arco monta-se a **folha de serrote** que é na realidade a ferramenta cortante que pode ser trocada quando se verificar o seu desgaste.

A **folha de serrote (3)** é colocada na armação em arco fixando-a em dois

encaixes, um em cada extremidade; o encaixe no extremo do cabo tem um sistema de fixação com uma porca de orelhas **(4)** que, ao ser roscado, estica a folha mantendo-a sob tensão.

Existem outros modelos de serrotes manuais onde o sistema de porca de orelhas está situado na extremidade oposta ao cabo, mas a finalidade é sempre a mesma.

### Folhas de Serrote

As folhas de serrote (Figura 2) são lâminas de aço de 20 a 30 cm de comprimento, 13 a 25 mm de largura e uma espessura de 6 a 9 décimos de milímetro; um dos bordos é dentado e constitui o corte.

Os dentes estão um pouco inclinados para um e outro lados da folha, esta inclinação para os lados é o que se chama trava do serrote, se não estivessem assim, a folha prenderia ao cortar o material e o trabalho com ela seria muito difícil ou mesmo impossível.

Nos extremos da folha de serrote existem dois furos para prender na armação em arco do serrote.

Para os metais brandos e semiduros recomenda-se folhas de aço de liga de Tungsténio, com o número de dentes por polegada indicado na Tabela 1.



TIPO DE MATERIAL A CORTAR	DENTES/POLEGADA
Alumínio, latão, cobre e aços macios de secção grossa	18
Perfis de ferro de 5 a 20 mm de secção	22
Chapas, perfis, tubos de espessuras inferiores a 5 mm	32

Tabela 1 - Dentes da folha de serrote em função do material a cortar.

Para cortar aços duros e especiais recomenda-se a utilização das folhas fabricadas em aço rápido de alta liga semiflexíveis. Para o corte de secções planas é recomendável que se utilizem folhas de serrote travadas com o número de dentes por polegada indicado na Tabela 2.

TIPO DE AÇO A CORTAR	DENTES/POLEGADA
Aços duros e temperados	18
Aços especiais e ligados	22
Aços rápidos e inoxidáveis	32

Tabela 2 - Dentes da folha de serrote em função do material a cortar.

Para o corte de tubos e perfis de aços duros e especiais recomendam-se folhas onduladas.

### Manejo do Serrote

A folha do serrote coloca-se na armação com os dentes para a frente (lado oposto ao cabo) (Figura 2) e aplicando o corte da folha sobre a peça imprime-se-lhe um movimento de vaivém, fazendo pressão contra a peça enquanto se avança com o serrote e afrouxando essa pressão ao retroceder.

A peça que se corta deve estar sempre fixa ao **torno de bancada** (Figura 3) e ao movimentar o serrote, este deve manter-se sempre no plano do corte.

Ao iniciar o processo de corte com serrote manual deve-se procurar que estejam em contacto com a peça um pequeno número de dentes da folha.



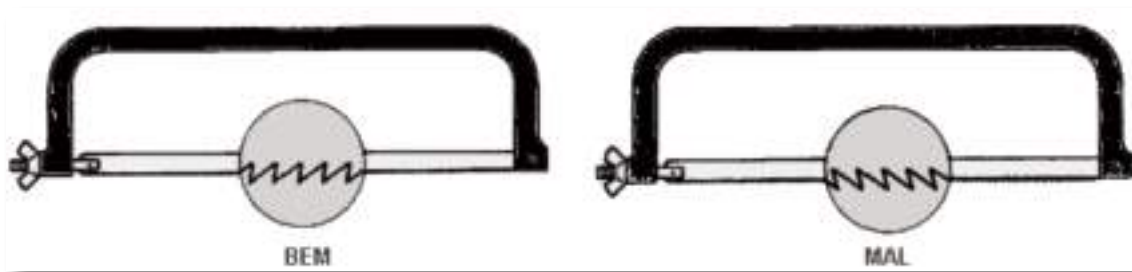


Figura 2 - Colocação da folha de serrote.

Ao serrar deve-se procurar manter o ritmo ou cadência de golpes contínuos, sem precipitação, nem movimentos bruscos.



Figura 3 - Torno de bancada.

O serrote deverá utilizar-se em todo o seu comprimento de modo a que todos os seus dentes desbastem de igual modo.

Ao executarmos um corte devemos ter em atenção que o mesmo só corta em deslocamento para a frente,

sendo neste momento exercida uma determinada pressão sobre o corte.

A pressão de retorno deve ser nula para não danificar a folha e poupar esforço, deve manter-se a folha do serrote bem esticada na respetiva armação e colocada com a inclinação dos dentes para a frente, e deve-se sempre que possível serrar na horizontal. O operador deve formar com os pés um ângulo entre os  $60^{\circ}$  e os  $70^{\circ}$ . A mão esquerda vai pegar na costa posterior do serrote e a direita no cabo, sendo o movimento para a frente e o retorno coordenado pelas mãos. Lubrificando e arrefecendo a folha do serrote com óleo ou água regularmente facilita o corte, pois um corte irregular pode resultar quer da tensão insuficiente ou de uma pressão exagerada durante o movimento de corte.

Para uma folha de serrote, existem três qualidades de materiais:



MATERIAL DA FOLHA DE SERROTE	PROPRIEDADES
Flexível	Com baixo teor de Tungstênio, com dentes endurecidos
Dura	Permanece afiada mais tempo, e fica mais frágil
Aço rápido	A folha é mais frágil, mais duradoura e mais cara

*Tabela 3 - Material da folha de serrote.*

## SERROTE MECÂNICO

O corte de um pedaço de barra ou material perfilado de grande secção para fabricação de uma peça é uma operação que se apresenta com frequência no trabalho oficial.

Embora se pudesse fazê-lo com o serrote manual, essa operação seria extremamente demorada e fatigante, por isso, se utiliza na maior parte dos casos o serrote mecânico.

Existem vários tipos de serrotes mecânicos:

- Serrotes alternativos;
- Serrotes circulares;
- Serrotes de fita.

As figuras em baixo representadas mostram esses tipos de serrotes mecânicos.



*Figura 4 - Serrote alternativo.*



*Figura 5 - Serrote circular.*





Figura 6 - Serrote de fita.

## SERROTE ALTERNATIVO

Os serrotes alternativos são parecidos com os serrotes manuais, uma vez que têm uma armação em arco e uma folha de serrote cortante (Figura 7) mas, em geral, de maiores dimensões e de maior robustez. O seu acionamento é mecânico.



Figura 7 - Folha de serrote.

À armação em arco está presa uma biela que, por sua vez, é acionada por um volante.

Quando esta roda, a armação em arco é animada de um movimento de vaivém

semelhante ao movimento da serragem manual. O curso útil é o de recuo e, por isso, como já foi dito mais atrás, a folha de serra deve ser colocada em posição inversa da folha de serrote manual.

A técnica de trabalho destas folhas de serra não apresenta dificuldades, aquilo que há que ter presente é a colocação da peça a serrar, para que ofereça, à passagem da folha de serra, o número possível de arestas vivas, visto que estas travam o movimento dos dentes da folha de serra. Quando se tem de serrar ferro laminado é necessário saber colocar o perfil corretamente entre as maxilas de aperto.

Ao iniciar-se o trabalho de corte, é conveniente auxiliar a serra nos primeiros movimentos até estar encetado o corte. A folha de serra deve, nesta altura, estar livre de contrapeso, seja qual for a dureza do material, assim se evita que os dentes cortantes sofram esforço excessivo.



Também o uso de contrapesos deve ser objeto de certos cuidados. Sendo, embora, verdade que eles fazem economizar tempo quando se corta material macio como por exemplo o latão, o cobre, o zinco, etc., também é verdade que, com materiais duros, podem fazer partir os dentes da folha de serra em virtude do excesso de esforço, nesses casos é melhor trabalhar sem eles.

### *Velocidade de Corte*

A velocidade de corte costuma ser expressa na prática pelo número de golpes por minuto. Diz-se, assim, que tal ou tal folha de serra dá 60, 80, etc., golpes por minuto. O valor oscila entre os 60 e 120 golpes por minuto. Se por exemplo, a folha de serra vai e vem 20 vezes por minuto, diz-se que dá 20 golpes por minuto.

Este número pode ser conhecido pelo número de voltas do volante, pois cada rotação deste origina um ciclo completo de corte, um golpe de folha de serra. Assim, uma serra cujo volante dê 30 voltas por minuto trabalha a 30 golpes por minuto.

O quadro seguinte indica o número de dentes da folha de serra por centímetro e o número de golpes por minuto recomendados para vários materiais.

Material	Nº dentes/cm	Golpes/ min
Aço macio	2	120
Aço carbono	2	120
Aço semiduro	2	120
Aço laminado	2	120
Aço níquel	2	60 - 90
Aço cromo	2	60 - 90
Aço inoxidável	2	60
Tubos de pequeno diâmetro	2,5	120
Tubos de grande diâmetro	3	120
Ferro fundido	2,5	80 - 120
Alumínio	1	120
Bronze	2	120



Bronze duro	2,5	90
Cobre	1,5	120

*Tabela 4 - Número de dentes da folha de serra por centímetro e número de golpes por minuto recomendados para vários materiais.*

### *Fixação do Material*

O material a cortar é colocado na mesa da máquina e fortemente preso por meio de maxilas de aperto comandadas manualmente por um sistema de volante ou manivela dependendo do fabricante do serrote.

Para graduar o comprimento das peças a cortar, quando se trate de corte de peças em série, existe uma espera medidora que se regula com o comprimento desejado desde a folha de serra até ao extremo da espera.

Quando se trata de corte individual deve-se utilizar uma escala de régua graduada ou uma fita métrica e o processo mais comum consiste em descer manualmente a armação até a folha de serra tocar no material e, gradualmente, ir acertando o material até à medida desejada e só depois fixar o mesmo nas maxilas de aperto.

### *Refrigeração*

As folhas de serra, quando estão em pleno esforço de corte, libertam grandes quantidades de calor e necessitam de abundante refrigeração. A superfície de roçamento e a velocidade de rotação são grandes e exigem refrigeração não apenas para garantir maior vida da folha de serra como para evitar que o calor chegue a provocar deformação no material. A refrigeração é conseguida com óleos solúveis.

Nas máquinas modernas, em que se procura aplicar melhores soluções para os mais variados problemas tecnológicos, há uma certa variedade de dispositivos automáticos. A mais importante de todas elas consiste num mecanismo que levante a folha de serra durante o movimento de regresso, que constitui um tempo morto.

Esta elevação da folha, que fica assim temporariamente separada do material a cortar, assegura grande aumento de vida útil da folha de serra, pois evita um segundo e inútil atrito e permite evitar maior libertação de calor.





## SERROTE CIRCULAR

Já vimos, ao tratar dos serrotes alternativos, que há no seu ciclo de trabalho um tempo morto. Isso, naturalmente, origina menor rendimento e, para obviar essa tal falta de rendimento, aparecem os **serrotes circulares**, que produzem trabalho continuamente e asseguram o constante corte do material.

Assim, os mais rápidos serrotes alternativos são incapazes de competir em termos de rendimento com os serrotes circulares.

Apesar disso, estes serrotes, que têm enorme capacidade de corte, são pouco usados nas oficinas mecânicas onde não há necessidade de executar muitos cortes e para corte de peças de grande diâmetro, pois como a **serra de disco** (Figura 8) é bastante espessa e desperdiça maior quantidade de material, que varia entre os 7 mm e os 8 mm por cada corte. Se tivermos de fazer uma grande quantidade de cortes deste tipo, o material desperdiçado pela serra circular pode ser muito e, no caso de aços duros, bastante caros, a operação é antieconômica. Na realidade, o uso dos serrotes circulares restringe-se às oficinas de serralharia civil onde se tem de cortar perfilados de ferro das mais variadas formas.

Os serrotes circulares são construídos com grande diversidade de modelos e tamanhos, adaptando-se a todas as necessidades. Há hoje em dia no mercado modelos simples e modelos mais complicados e dotados de automatismos diversos. Nestas máquinas, nada mais há a fazer que colocar o material corretamente no carro porta-peça, regular o comprimento de material a cortar e pôr a máquina em funcionamento. Todos os movimentos são executados manualmente: a fixação do material, o avanço da serra de disco até ele, o recuo do disco no fim do corte, a libertação da peça cortada, o avanço do material para novo corte, etc.

### *Velocidade de Corte*

A velocidade de corte é expressa em m/min e varia notavelmente com o material a cortar. Para ligas leves, por exemplo, oscila entre os 8 e os 10 m/min.



### *Fixação do Material*

O material a cortar é colocado na mesa da máquina e fortemente preso por meio de maxilas de aperto comandadas manualmente por um sistema de volante e é regulável para cortes em sutamento. Para graduar o comprimento das peças a cortar, quando se trate de corte de peças em série, existe uma espera medidora que se regula com o comprimento desejado desde o disco de serra até ao extremo da espera. Quando se trata de corte individual deve-se utilizar uma escala de régua graduada ou uma fita métrica e o processo mais comum é; descer manualmente o disco de serra até este tocar no material e gradualmente ir acertando o material até à medida desejada e só depois fixar o mesmo nas maxilas de aperto.



*Figura 8 - Disco de serra.*

### *Refrigeração*

Os discos de serra, quando estão em pleno esforço de corte, libertam grandes quantidades de calor e necessitam de abundante refrigeração. A superfície de roçamento e a velocidade de rotação são grandes e exigem refrigeração não apenas para garantir maior vida do disco de serra como para evitar que o calor chegue a provocar deformação no material. A refrigeração utilizada normalmente é feita com óleos solúveis.

## **SERROTES DE FITA**

Os serrotes de fita são máquinas constituídas por dois enormes volantes com gornes revestidos de cortiça ou borracha sobre os quais é montada a grande fita sem-fim de aço do mesmo modo como se montaria uma correia. O movimento é dado por um motor elétrico que aciona diretamente um dos volantes e o outro roda por arrastamento e tem como única função sustentar a serra e guiar-lhe o movimento.

De um modo geral, este tipo de máquina tem mudanças de velocidades e abundante refrigeração, que é de grande importância em todas as serras. O dispositivo de variação de velocidades costuma ser constituído por um par de cones de gomes.



### *Velocidade de Corte*

A velocidade de corte, tal como nas serras circulares, é expressa em m/min e varia de 12 a 300, conforme a natureza do material.

### *Fixação do Material*

O material a cortar é colocado na mesa da máquina e fortemente preso por meio de maxilas de aperto comandadas manualmente por um sistema de volante. Para graduar o comprimento das peças a cortar, quando se trate de corte de peças em série, existe uma espera medidora que se regula com o comprimento desejado desde a fita de serra até ao extremo da espera.

Quando se trata de corte individual deve-se utilizar uma escala de régua graduada ou uma fita métrica e o processo mais comum é; descer manualmente o corpo que suporta a fita de serra até esta tocar no material e gradualmente ir acertando o material até à medida desejada e só depois fixar o mesmo nas maxilas de aperto.

### *Refrigeração*

As fitas de serra, quando estão em pleno esforço de corte, libertam grandes quantidades de calor e necessitam de abundante refrigeração. A superfície de roçamento e a velocidade de rotação são grandes e exigem refrigeração não apenas para garantir maior vida da fita de serra como para evitar que o calor chegue a provocar deformação no material. A refrigeração utilizada normalmente é feita com óleos solúveis.

## ***PREPARAÇÃO DAS SUPERFÍCIES A CORTAR***

Os materiais a cortar manualmente normalmente necessitam de uma marcação prévia. Essa marcação consiste na traçagem pelo processo de esquadro, para cortes a 90°, suta graduada, para cortes em sutamento, riscador, régua graduada, ou fita métrica.

A figura em baixo representada (Figura 9) mostra as formas correta e incorreta de apertar os materiais para proceder a uma operação de serragem quer manual quer mecânica.



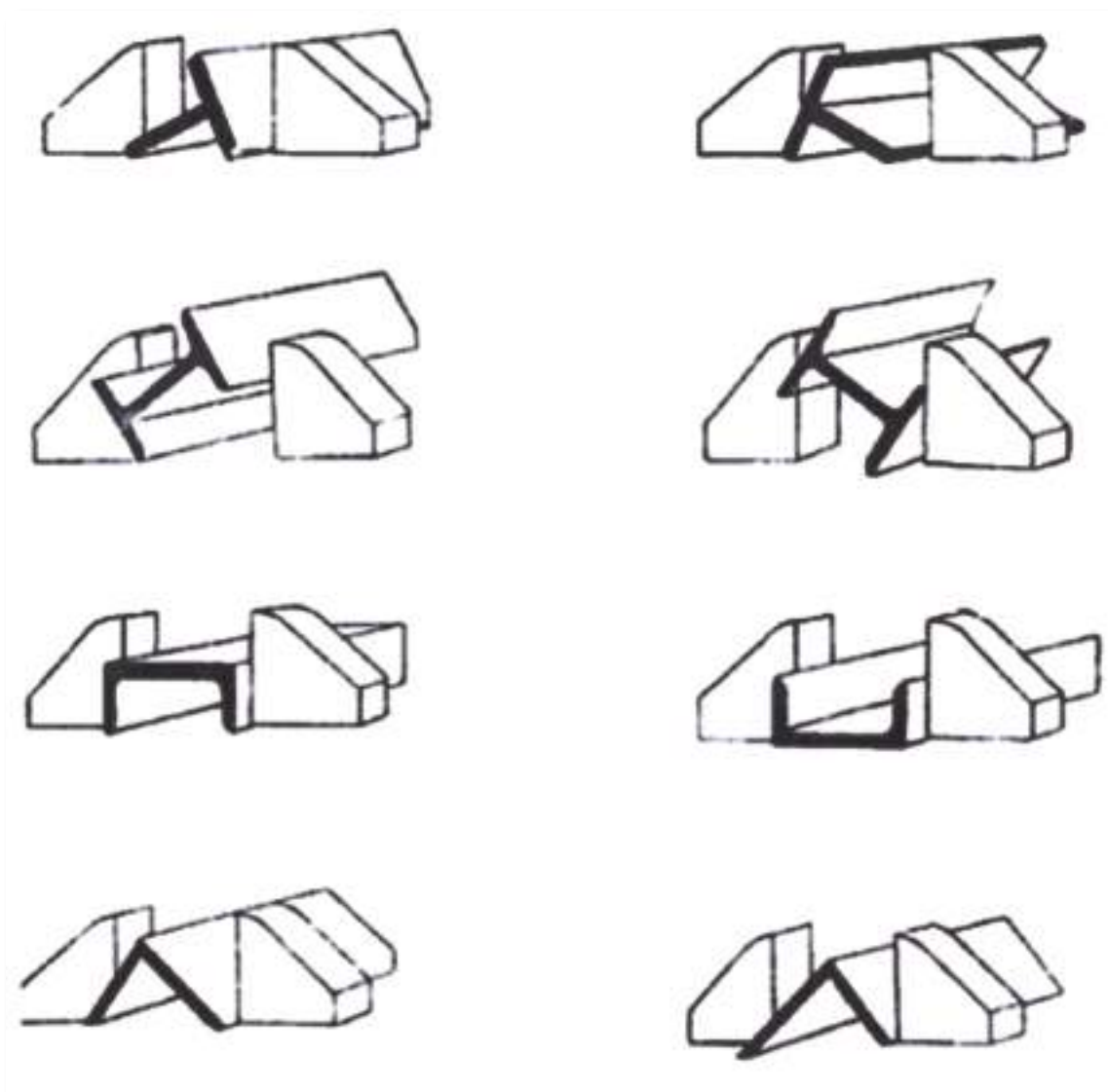


Figura 9 - Formas corretas e incorretas de apertar os materiais numa operação de serragem.



# EXERCÍCIOS TEÓRICOS

**EXERCÍCIO 1.** Explique o que entende por serrote manual e como colocar a respectiva folha de serra.

**EXERCÍCIO 2.** Explique o que entende por serrote alternativo e como colocar a respectiva folha de serra.

**EXERCÍCIO 3.** Entre o serrote circular e o alternativo, diga qual é o que tem maior rendimento e porquê.

**EXERCÍCIO 4.** Explique o que entende por serrote de fita e como colocar a respectiva fita de serra.



# LIMAGEM

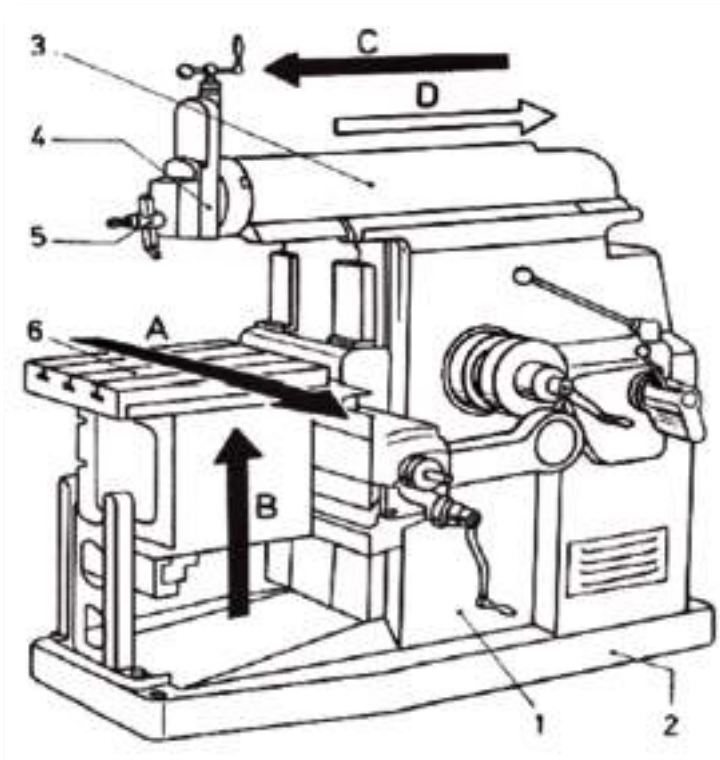
A **limagem** é uma operação que permite o desbaste por arranque de apara e mesmo um pequeno acabamento de peças.

A limagem pode ser manual, utilizando uma lima (Figura 1), ou pode ser mecânica, utilizando um limador (Figura 2).



Figura 1 - Limagem manual utilizando uma lima.

Figura 2 - Limador mecânico: 1- corpo; 2 - base, 3 - aríete; 4 - porta-ferramentas; 5 - fixação de ferramentas; 6 - mesa; A - movimento de avanço da peça; B - movimento de penetração; C - movimento de corte; D - movimento de recuo da ferramenta.



## LIMAS

As limas são ferramentas fabricadas em aço muito duro e temperado com um formato em perfil cujas faces salientes que no seu conjunto arrancam as aparas do material a limar.

As limas são constituídas pelo corpo e por uma espiga, como mostra a Figura 3. O cabo é

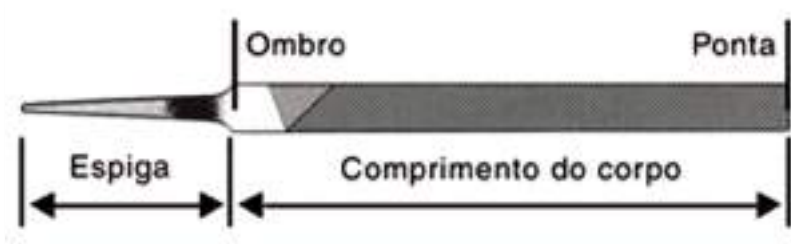


Figura 3 - Constituição de uma lima.

utilizado para permitir uma utilização de uma lima em segurança. As limas são classificadas de acordo com o seu formato, como mostra a Figura 4.

Para cada tipo de trabalho a executar deve-se escolher o formato adequado da lima a utilizar, como indica a Figura 5. A picadura ou picado são as menores ou maiores dimensões das saliências existentes no corpo da lima.

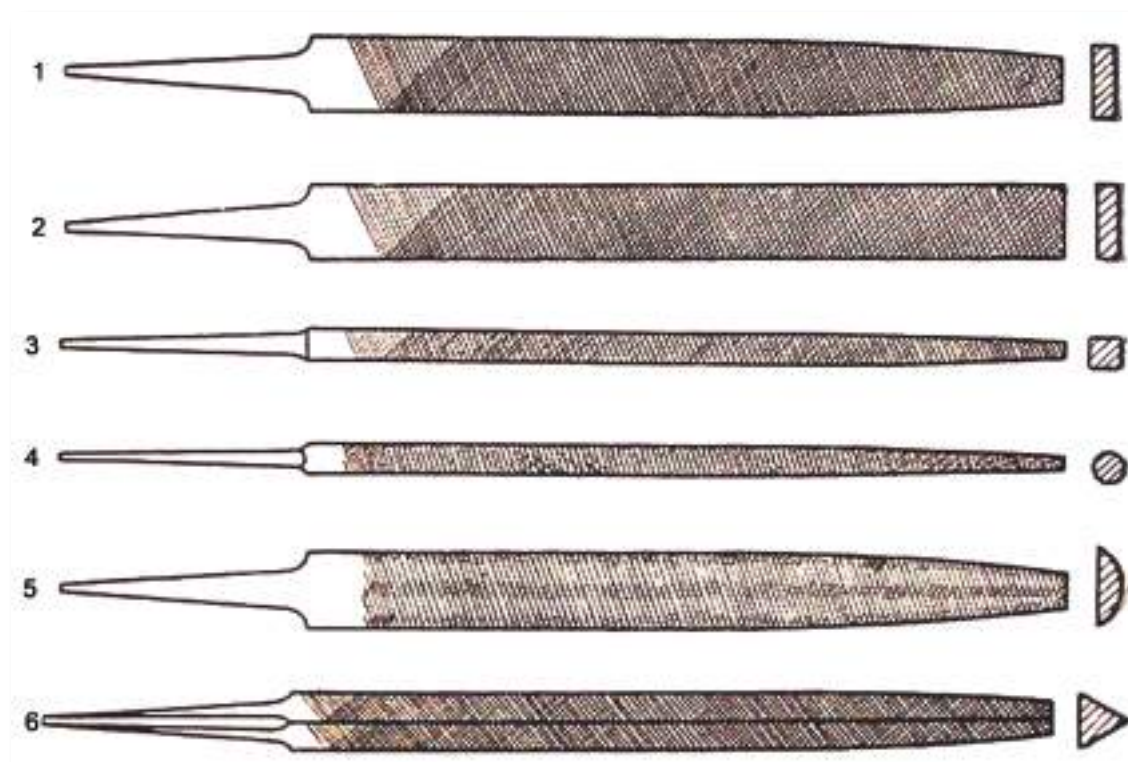
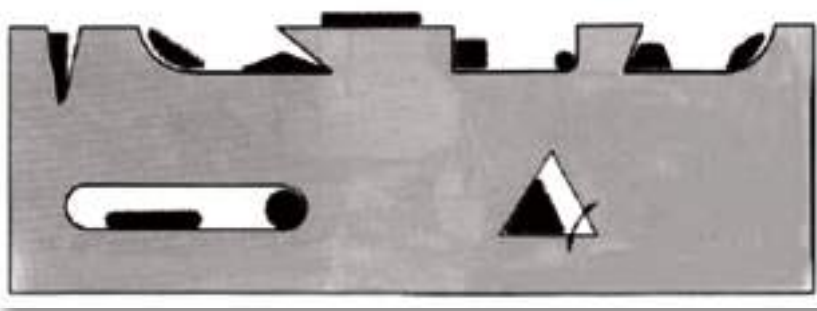


Figura 4 - Classificação de uma lima segundo o seu formato: 1 - Lima lance terra; 2 - Lima paralela; 3 - Limatão quadrado; 4 - Limatão redondo; 5 - Lima de meia cana; 6 - Lima triangular.

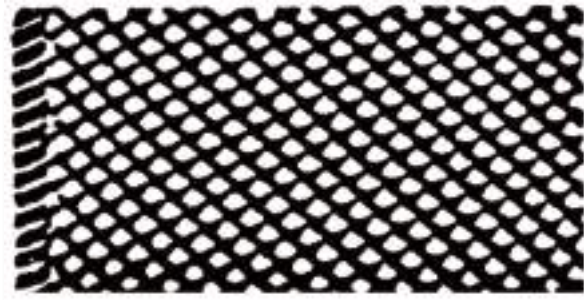


Conforme as dimensões do picado uma lima é classificada como bastarda, bastardinha, murça e murça fina. A lima bastarda tem um picado mais grosso, como indica a Figura 6 sendo, por isso, utilizada para realizar grandes desbastes.

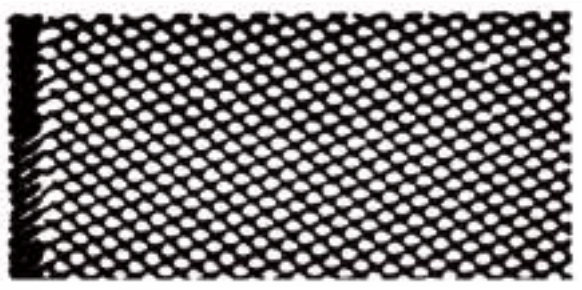


*Figura 5 - Escolha do formato de uma lima.*

A lima bastardinha tem um picado menos grosso, como mostra a Figura 7, sendo, por isso, utilizada para realizar pequenos desbastes.



*Figura 6 - Picado de uma lima bastarda.*

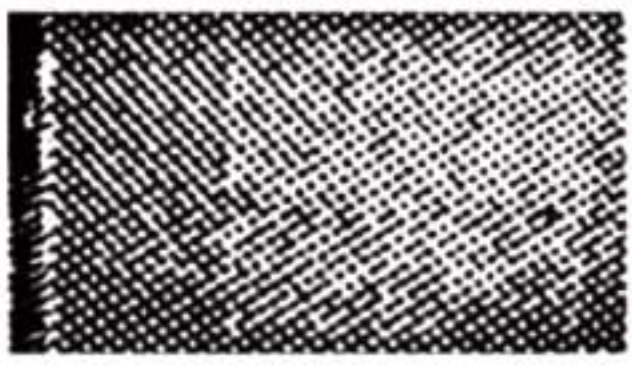


*Figura 7 - Picado de uma lima bastardinha.*

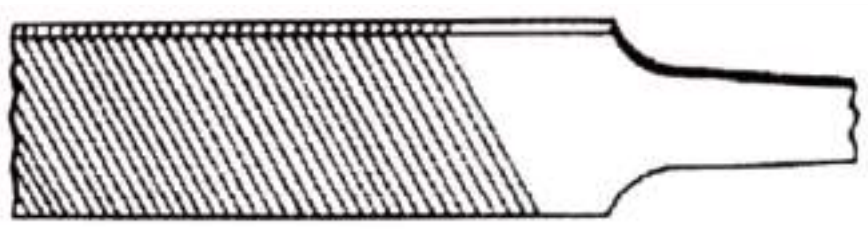
A lima murça tem um picado fino, como mostra a Figura 8 sendo, por isso, utilizada para realizar acabamento de superfícies. A lima murça fina tem um picado mais fino que a murça, sendo por isso utilizada para realizar um acabamento mais rigoroso de superfícies.







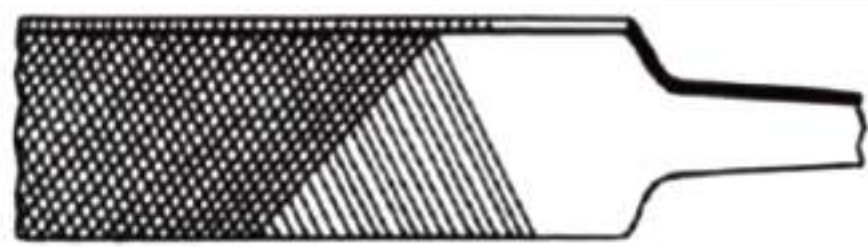
*Figura 8 - Picado de uma lima murça.*



*Figura 9 - Picadura simples.*

O desenho da picadura ou picado pode ser simples, cruzado ou curvilíneo. A picadura cruzada (Figura 10) é utilizada para limar materiais duros como o aço, ferro, latão, plásticos duros.

A picadura curvilínea (Figura 11) é utilizada para trabalhos em chapa e para limar materiais macios como o alumínio, zinco, chumbo pois o desenho do picado que facilita a saída das aparas impedindo de preencher o espaço entre os dentes.



*Figura 10 - Picadura cruzada.*

A picadura curvilínea (Figura 11) é utilizada para trabalhos em chapa e para limar materiais macios como o alumínio, zinco, chumbo pois o desenho do picado que facilita a saída das aparas impedindo de preencher o espaço entre os dentes, como mostra a Figura 12.



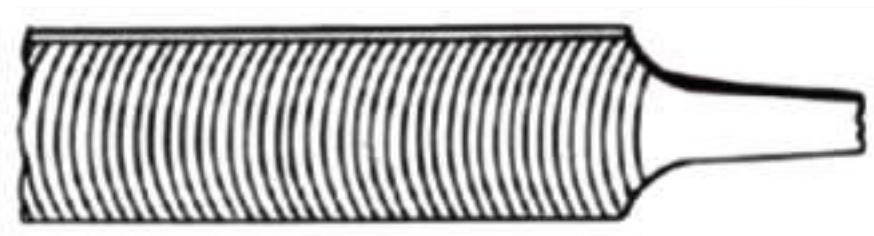
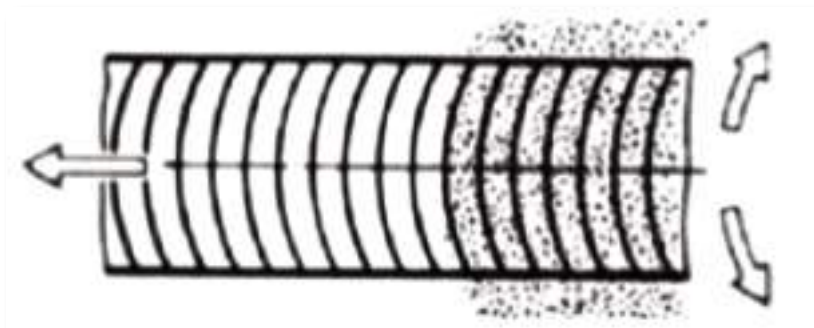


Figura 11  
- Picadura  
curvilínea.

Figura 12 - Saída das  
aparas em limas com  
picadura curvilínea.



Existe ainda uma lima cujo desenho da picadura é talhada isoladamente, como mostra a Figura 13, que se designa por grossa, sendo utilizada para limar madeira, plásticos duros e alumínio.

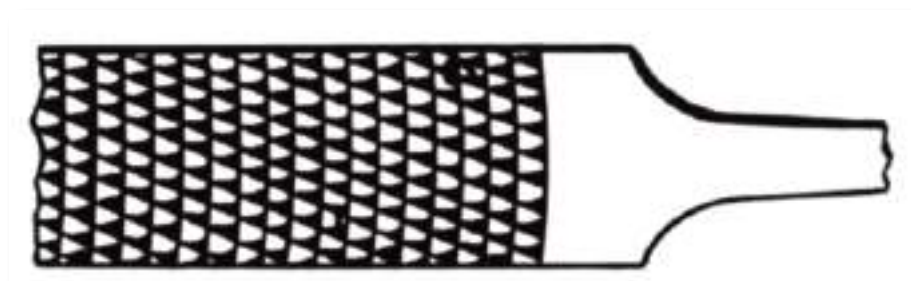


Figura 13 - Grossa.

O comprimento de uma lima, como indica a Figura 3, é a medida do comprimento do corpo e é indicado em milímetros (preferencialmente) ou em polegadas. Os comprimentos de limas mais utilizados são 100 mm, 200 mm, 250 mm e 300 mm, respetivamente 4", 6", 8", 10" e 12".

Para identificar uma lima é necessário identificar o formato, o picado e o comprimento.

Exemplos:

- Lima paralela, bastarda, de 200 mm;
- Limatão redondo, murço, de 150 mm.

As limas ficam, por vezes, com aparas de material entre a picadura reduzindo a sua ação de corte e riscando a superfície a limar sendo necessário retirar essas mesmas aparas.



Para retirar as aparas da picadura utiliza-se uma escova de limas (Figura 14) ou cardas de pelos metálicos. A limpeza da picadura utilizando uma escova de limas deve ser feita segundo a inclinação da picadura.

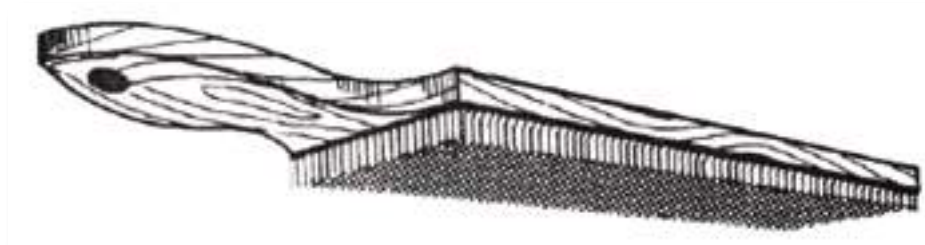


Figura 14 - escova para limas.

## PROCEDIMENTOS OPERATIVOS NA LIMAGEM



Figura 15 - Posição, em altura, para realizar uma limagem.

Primeiro seleciona-se a lima correta para executar a limagem tendo em conta o material e a forma da peça a trabalhar. A altura do plano de trabalho correta, para uma limagem, deve ser a distância do chão ao cotovelo do formando, como mostra a Figura 15.

A posição dos pés em relação à direção em que se está a limar deve ser a indicada na Figura 16. A forma correta de pegar numa lima para a manusear de ser a indicada nas Figura 17.



Figura 16 - Posição correta dos pés ao realizar uma limagem.



Se a lima a utilizar é pequena não deve manusear a lima como indica a Figura 18, pois a lima terá a tendência para fletir, não ficando a superfície a limar plana. Para que esta situação não aconteça, deve-se manusear a lima como indica a Figura 19. Se a superfície a limar é curva deve-se limar a peça com movimentos de rotação em conjunto com movimentos retilíneos alternado.

Para executar uma superfície inclinada ou um chanfro deve-se fixar a peça de modo a que a superfície a limar fique na horizontal.



Figuras 17 e 18 - Forma correta de manusear uma lima.



Figura 19 - Forma correta de manusear uma lima.

Ao limar peças compridas prende-se uma parte da peça e lima-se a parte fixa, mudando-se depois a posição da peça e limar o restante da peça. Não se deve limar a peça na parte não fixa. Durante a limagem a lima move-se para a frente e para trás com os braços e não com a parte superior do corpo.

A posição do corpo e a forma de trabalho durante uma limagem está indicada na Figura 20:

- O corpo ligeiramente inclinado para a frente. O braço direito levantado para trás, tanto quanto possível, ficando a mão próxima da região ilfaca;
- No primeiro terço de curso da lima, o corpo inclina-se para a frente, mantendo o braço fixo;
- Avança o braço sem inclinar mais o corpo.





Figura 20 - Posição do corpo e a forma de trabalho durante a utilização de uma lima.

A fixação de peças de ser feita de modo a que a superfície a limar deve ficar o mais próximo da fixação para evitar que a peça vibre, como mostra a Figura 21.

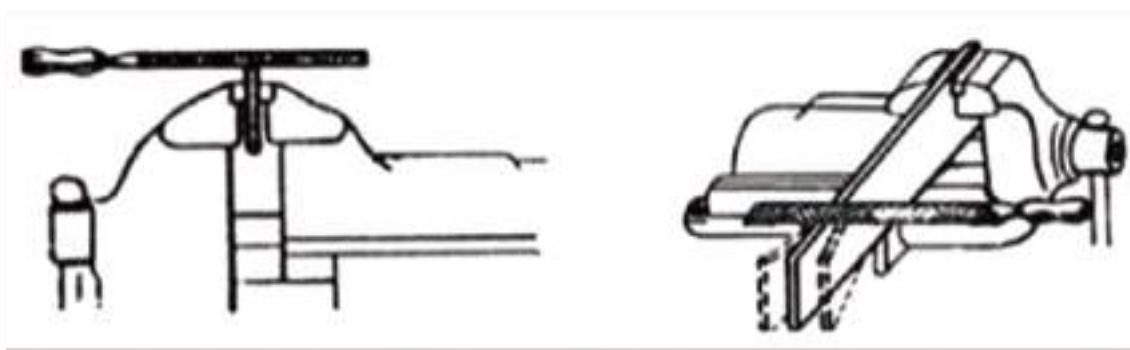


Figura 21 - Fixação correta de peças para limar;

Fixação incorreta de peças, provocando a vibração das mesmas ao limar.

Quando se pretende verificar a esquadria ou o ângulo entre duas faces de uma peça deve-se utilizar um esquadro, que esteja em boas condições de utilização (sem mossas), com o ângulo desejado. Segura-se o lado maior do esquadro entre o polegar e o indicador de uma das mãos e coloca-se a face do esquadro na face de referência da peça, sendo a peça segura com a outra mão, como indica a Figura 22.





Figura 22 - Colocação do esquadro para a verificação de esquadria entre duas faces de uma peça.

Depois desliza-se o esquadro até que a face a controlar toque no esquadro, como indica a Figura 23.

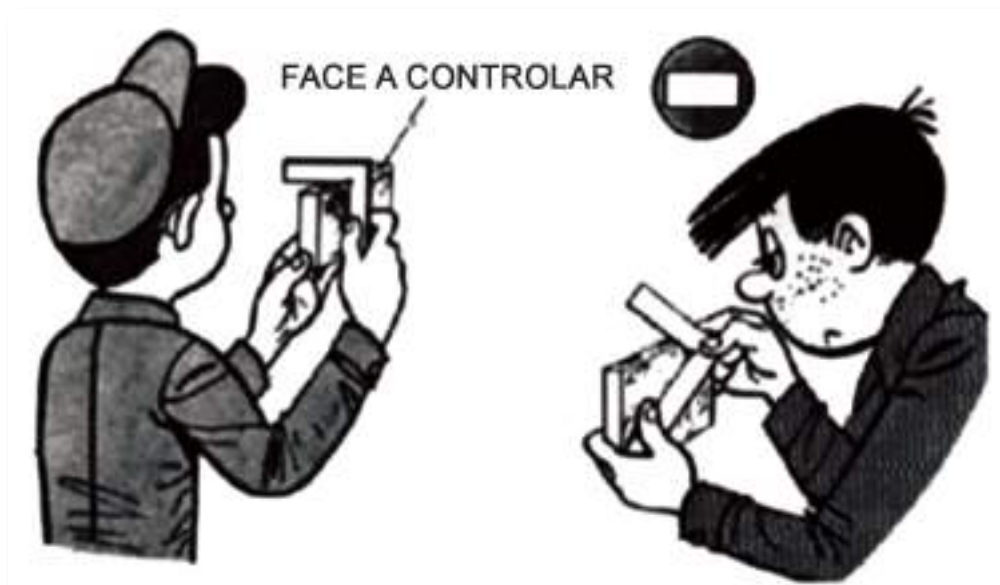


Figura 23 - Colocação do esquadro para a verificação de esquadria entre duas faces de uma peça.

Para verificar o ângulo ou planeza da face coloca-se a peça e o esquadro na posição indicada na Figura 23 à altura dos olhos na direção de uma zona iluminada, como indica a Figura 24.





Figura 24 - Verificação da planeza da face de uma peça.

Se existir luminosidade entre a face da peça e o esquadro, a face a controlar não está com o ângulo correto ou então não está plana.

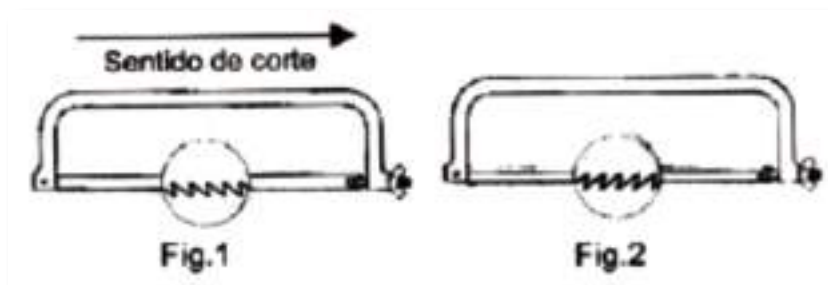
Quando se pretende um melhor acabamento de uma superfície com uma lima deve-se utilizar uma lima murça na qual se coloca uma camada de giz.



# EXERCÍCIOS TEÓRICOS

**EXERCÍCIO 1.** Em relação a cada um dos exercícios seguintes, assinale a resposta correta.

- Observando as figuras 1 e 2 indique a posição correta de fixar uma folha de serrote manual.



- A posição correta está indicada na Figura 2;
  - A posição correta está indicada na Figura 1;
  - A posição correta está indicada na Figura 1 e Figura 2;
  - A posição correta não está indicada na Figura 1 e Figura 2.
- A seleção da velocidade de corte numa serragem mecânica com uma serra circular:
    - Não depende do material a cortar;
    - Não depende da espessura da peça a cortar;
    - Depende do material a cortar;
    - Não depende da geometria da peça a cortar.
  - Uma lima bastarda tem um picado:
    - Grosso;
    - Fino;
    - Muito fino;
    - Igual ao de uma lima murça.





# FURAÇÃO

Num processo de furação é utilizada uma ferramenta, denominada por broca, e uma máquina, geralmente um engenho de furar, para realizar um furo com um formato cilíndrico. Existem outros processos para realizar um furo como é o caso do torneamento e do fresamento.

A furação é realizada por efeito de dois movimentos simultâneos: o movimento de corte (movimento rotativo) e o movimento de penetramento ou avanço (movimento alternativo), como indica a Figura 1. A furação é utilizada para a realização de um furo, que irá ser usado para realizar uma roscagem, para retirar um rebite, para ligar ou fixar uma ou mais peças, passando pelo furo realizado um rebite ou um parafuso.

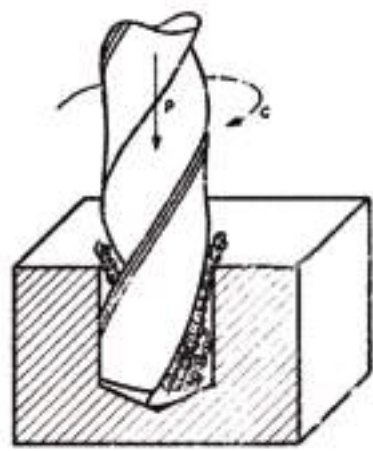


Figura 1 - Movimento de corte (c) e de penetração (p) na furação.

## TIPOS DE FUROS

Existem vários tipos de furos, sendo cada tipo adequado a uma utilização. Os furos podem ser passantes, cegos, escareados ou com rebaixo. Os furos passantes, como indica a figura 2, são realizados de topo a topo da peça, ou seja, a broca atravessa a peça de um lado ao outro.

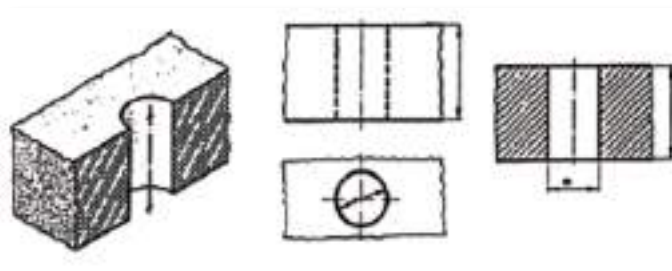


Figura 2 - Furo passante.

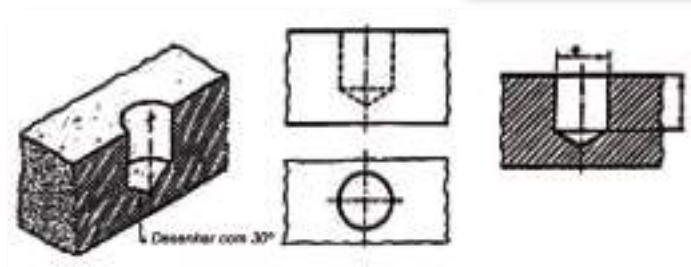


Figura 3 - Furo Cego.



Os furos cegos, como indica a Figura 4, são realizados com uma determinada profundidade, menor que a espessura da peça a furar.

Os furos com rebaixo, como indica a Figura 4, têm um rebaixo na face da peça. O rebaixo é utilizado, por exemplo, para alojar a cabeça de um parafuso.

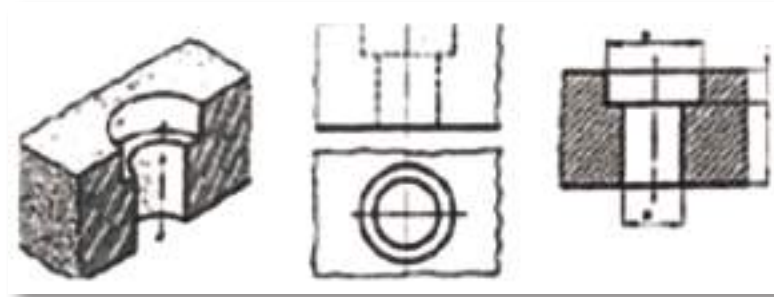


Figura 4 - Furo passante com rebaixo.

Os furos escareados, como indica a Figura 5, têm um escareado na face da peça. O escareado é utilizado para alojar a cabeça de um parafuso com o formato do escareamento, ou então para quebrar a aresta viva do furo, eliminando as possíveis limalhas.

O escareamento deve ser realizado com uma broca de escarear. Para quebrar a aresta viva do furo pode-se utilizar uma broca de escarear, ou uma broca com um diâmetro superior ao do furo realizado.

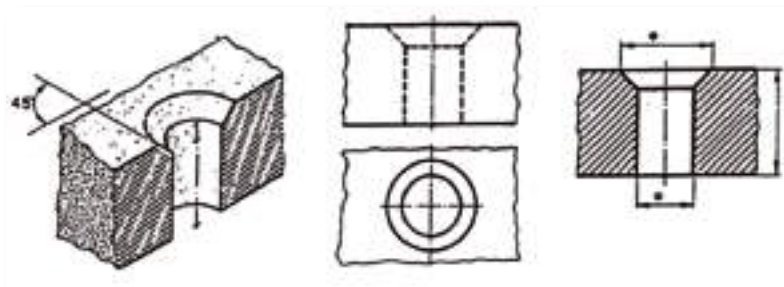


Figura 5 - Furo passante escareado.

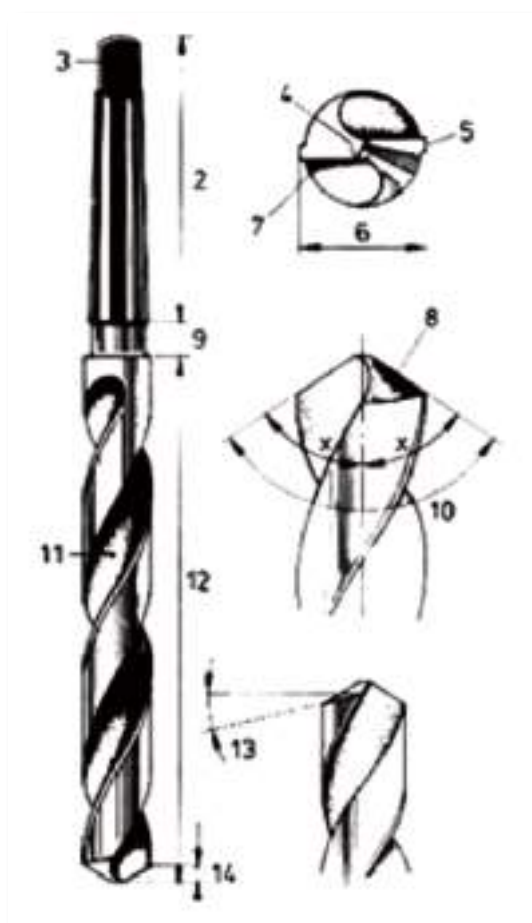
## BROCAS

As brocas são ferramentas utilizadas para realizar a furacão, sendo fabricadas em aço rápido ou aço rápido de alta rotação.

As brocas têm inscrito no encabadouro as letras que corresponde ao material de que a broca é fabricada: SS para aço rápido comum, HSS para aço rápido de alta rotação.

As brocas trabalham com dois ou mais arestas de corte, sendo identificadas pela posição e forma das arestas de corte.





- 2 - Cabo ou encabadouro cónico  
 3 - Lingueta  
 4 - Alma  
 5 - Face  
 6 - Diâmetro da broca  
 7 - Aresta de corte  
 8 - Superfície de incidência (os ângulos X devem ser iguais)  
 9 - Gola  
 10 - Ângulo da ponta  
 11 - Cava  
 12 - Corpo da broca  
 13 - Ângulo de incidência  
 14 - Ponta da broca

Figura 6 - Broca helicoidal.

As brocas mais utilizadas são as brocas helicoidais (Figura 6). As brocas helicoidais podem ter o encabadouro cilíndrico, como mostra a Figura 7, ou o encabadouro cónico, designado por cone Morse, como mostra a Figura 8.

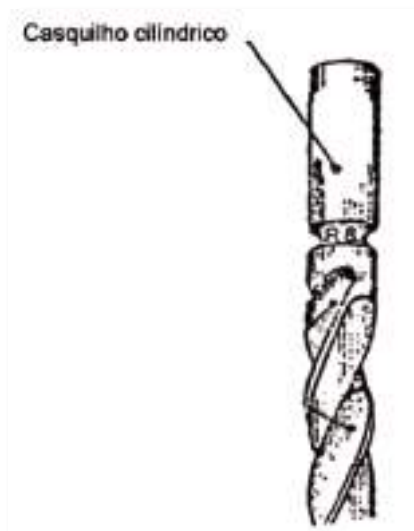


Figura 7 - Broca cilíndrica com encabadouro, cabo ou casquilho, cilíndrico.

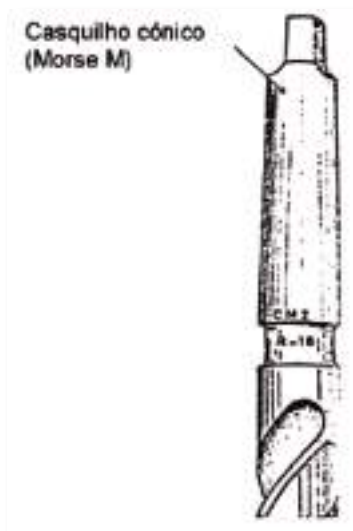


Figura 8 - Broca cilíndrica com encabadouro, cabo ou casquilho, cónico (cone Morse).



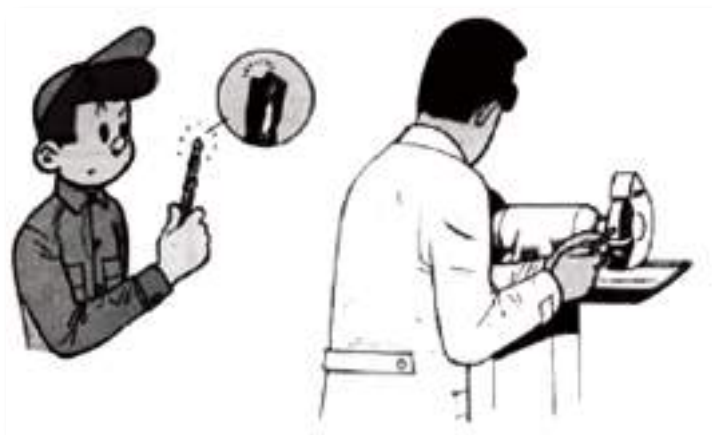


Figura 9 - Verificação do estado das arestas cortantes de uma broca.

Se as brocas estiverem mal afiadas, as arestas estiverem rombas ou partidas, como mostra a Figura 9, a broca deve ser afiada de modo a que fique com as arestas de corte afiadas e com os ângulos indicados para o material a trabalhar (Tabela 1), como mostra a Figura 10.

Se a broca ficar mal afiada, o furo poderá ficar danificado, como mostram as Figuras 11, 12 e 13.

Figura 10 - Afiamento ou amolação de uma broca helicoidal.

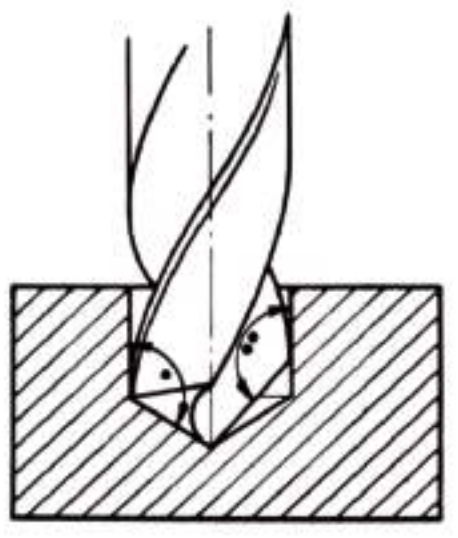
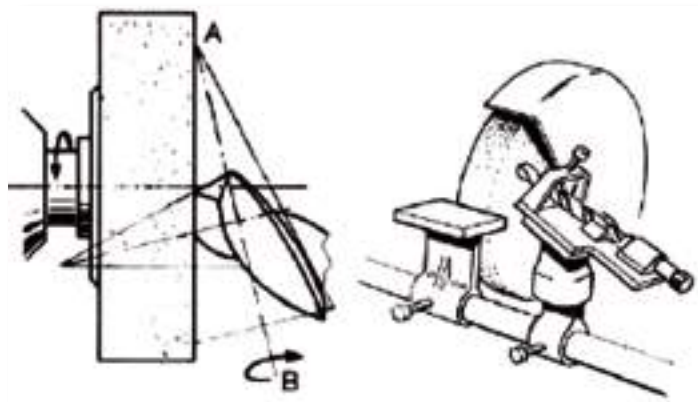


Figura 11 - Broca mal afiada: ângulos de ponta diferentes.

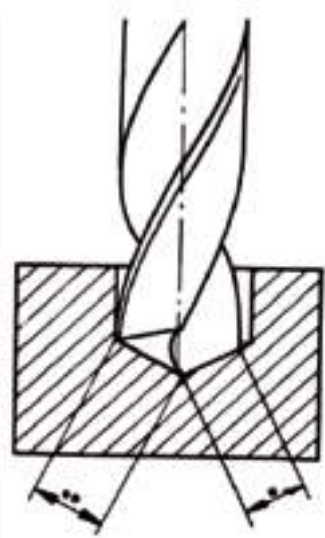


Figura 12 - Broca mal afiada: um lábio maior que o outro.



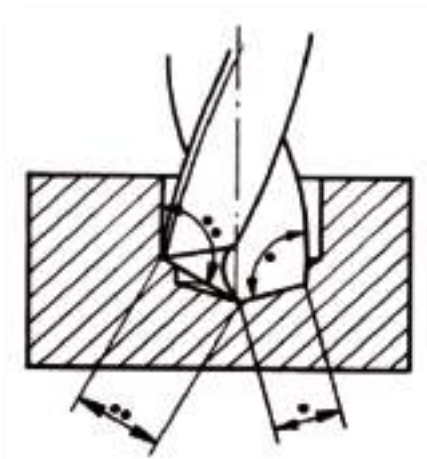


Figura 13 - Broca mal afiada: ângulos de ponta e lâbios diferentes.

Cada tipo de material a furar exige uma broca ajustada a esse mesmo material, quer seja um ângulo de corte diferente para cada tipo de material, quer seja as cavas das brocas, como mostra a Figura 14.



Figura 14 - Diferentes tipos de brocas.

## TIPOS DE ENGENHOS DE FURAR

Os engenhos de furar são as máquinas que fornecem os movimentos necessários para a realização de uma furacão.

As máquinas utilizadas para realizar uma furacão podem ser: berbequim manual, berbequim elétrico, engenho de furar de bancada, engenho de furar de coluna, engenhos de furar radiais.

### Berbequim Manual

O berbequim manual é utilizado para realizar pequenos trabalhos de furacão, sendo o movimento de corte e penetramento efetuado manualmente (figura 15).

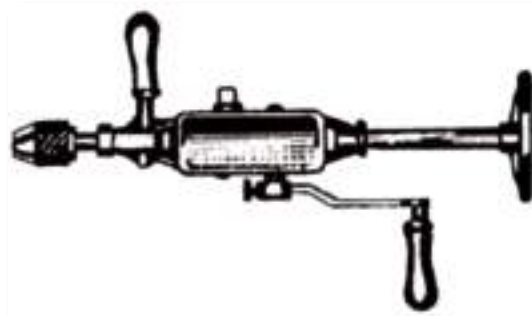


Figura 15 - Berbequim manual.



### Berbequim Elétrico

O berbequim elétrico (Figura 16) é utilizado em pequenos trabalhos de furacão que exigem mobilidade, sendo o movimento de corte efetuado por um motor elétrico e o movimento de penetramento realizado manualmente.



Figura 16 - Berbequim elétrico.

### Engenho de Furar de Bancada



Figura 17 - Engenho de furar de bancada.

O engenho de furar de bancada é colocado sobre uma bancada para assim ficarem à altura conveniente para a sua utilização. Este tipo de engenho de furar não é aplicado para trabalhos que exijam furos de grande diâmetro. O movimento de penetramento é realizado através de uma alavanca, ou manipulo, designada por alavanca do avanço (Figura 17).

### Engenho de Furar de Coluna

O engenho de furar de coluna, mostrado na Figura 18, é fixado diretamente ao chão pela sua base. Pela sua constituição permite o trabalho com brocas de grande diâmetro.

Neste tipo de engenhos de furar o movimento de avanço ou penetramento pode ser realizado manualmente ou automaticamente.



Figura 18 - Engenho de furar de coluna.



## SELEÇÃO DOS PARÂMETROS DE FURAÇÃO

Para cada tipo de material a furar, material e diâmetro da broca existe uma velocidade de corte e penetramento ou avanço, como indica a Figura 19.

Normalmente, os engenheiros de furar têm um ábaco onde se pode ler a velocidade de corte e de avanço correspondente a cada diâmetro e material a furar.

VELOCIDADE E AVANÇO PARA BROCAS DE AÇO RÁPIDO									
MATERIAL		ACO 0.20 A 0.30% C (MACIO) E BRONZE	ACO 0.30 A 0.40% C (MÉDIO - MACIO)	ACO 0.40 A 0.50% C (MÉDIO - DURO) FERRO FUNDIDO	FERRO FUNDIDO (DURO)	FERRO FUNDIDO (MACIO)	COBRE	LATAO	ALUMÍNIO
VELOCIDADE-CORTE (m/min)		35	25	22	18	32	50	65	100
Ø DA BROCA (mm)	AVANÇO (mm/V)	ROTAÇÕES POR MINUTO (rpm)							
1	0.06	11140	7950	7003	5730	10186	15900	20670	31800
2	0.08	5570	3975	3502	2865	5093	7950	10335	15900
3	0.10	3713	2650	2334	1910	3396	5300	6890	10600
4	0.11	2785	1988	1751	1433	2547	3975	5167	7950
5	0.13	2228	1590	1401	1146	2037	3180	4134	6360
6	0.14	1857	1325	1167	955	1698	2650	3445	5300
7	0.16	1591	1136	1000	819	1455	2271	2953	4542
8	0.18	1392	994	875	716	1273	1987	2583	3975
9	0.19	1238	883	778	637	1132	1767	2298	3534
10	0.20	1114	795	700	573	1019	1590	2067	3180
12	0.24	928	663	584	478	849	1325	1723	2650
14	0.26	796	568	500	409	728	1136	1476	2272
16	0.28	696	497	438	358	637	994	1292	1988
18	0.29	619	442	389	318	566	883	1148	1766
20	0.30	557	398	360	287	509	795	1034	1590
22	0.33	506	361	318	260	463	723	940	1446
24	0.34	464	331	292	239	424	663	861	1326
26	0.36	428	306	269	220	392	612	795	1224
28	0.38	398	284	260	205	364	568	738	1136
30	0.38	371	265	233	191	340	530	689	1060
35	0.38	318	227	200	164	291	454	591	908
40	0.38	279	199	175	143	255	398	517	798
45	0.38	248	177	156	127	226	353	459	706
50	0.38	223	159	140	115	204	318	413	636

Figura 19 - Velocidade e avanço para brocas de aço rápido.



### Velocidade de Corte

Para conhecer a velocidade de rotação a regular no engenho de furar deve-se aplicar a fórmula seguinte.

$$N = \frac{v \times 1000}{D \times 3,14}$$

em que N - Velocidade de rotação (rpm)

v - velocidade de corte (m/min)

D - Diâmetro da broca (mm)

Se a velocidade de rotação não corresponder à velocidade selecionável no engenho de furar, deve-se escolher a velocidade de rotação, existente no engenho de furar, imediatamente abaixo.

### Velocidade de Avanço

A velocidade de avanço é o comprimento de broca que penetra na peça por cada rotação da broca. A velocidade de avanço é expressa em mm/rot.

### Lubrificação

O fluido utilizado na furacão tem como função principal de arrefecer a broca. Para cada tipo de material existe um fluido apropriado a utilizar, havendo materiais que não necessitam de fluido de lubrificação, como indica a Tabela 1.

Material	Refrigeração
Aço até 40 kg/mm <sup>2</sup>	Óleo solúvel
Aço até 60 kg/mm <sup>2</sup>	Óleo
Aço até 80 kg/mm <sup>2</sup>	Óleo
Gusa cinzenta até 18 kg/mm <sup>2</sup>	A seco
Gusa cinzenta até 22 kg/mm <sup>2</sup>	Óleo solúvel
Latão até 40 kg/mm <sup>2</sup>	Óleo solúvel ou outro





Bronze até 30 kg/mm <sup>2</sup>	A seco
Alumínio puro	Óleo solúvel ou outro

Tabela 1 - Fluidos de refrigeração para diversos tipos de materiais.

## PROCESSO DE FURAÇÃO

Para realizar uma furacão é necessário cumprir uma série de passos, para que a mesma seja realizada em boas condições e em segurança.

### 1. Traçar

É necessário executar a traçagem, de modo a que quando o operador estiver a realizar a furacão, entenda o que é para fazer.

Após realizar a traçagem deve-se utilizar o punção de centros para marcar os pontos mais importantes como o centro do furo, e quando necessário, a linha que define o perímetro da circunferência, como mostra a Figura 20.

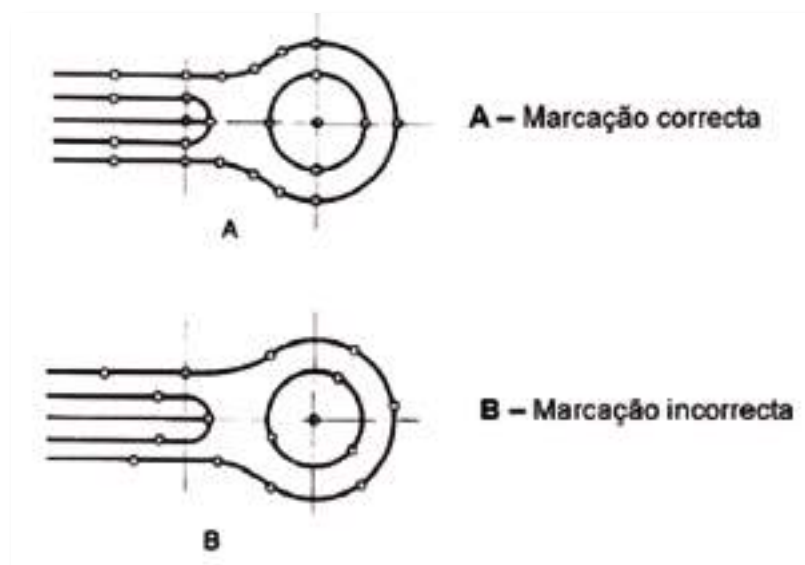
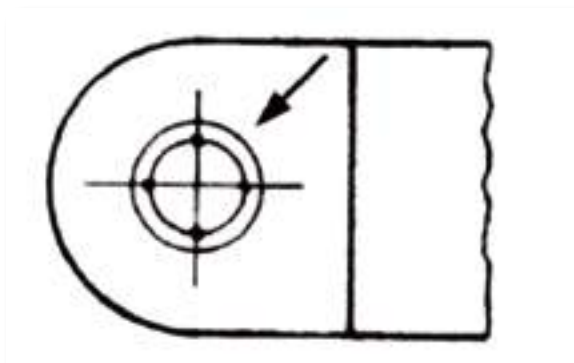


Figura 20 - Marcação de furo

Quando os furos requerem um certo rigor deve-se traçar, para além da circunferência com a medida do furo a realizar, uma circunferência com um diâmetro ligeiramente superior, como mostra a Figura 21.





*Figura 21 - Para controlar a furacão marcação de uma segunda circunferência.*

A execução desta última circunferência serve para verificar se o furo se mantém devidamente centrado no momento da furacão. O puncionamento do centro do furo vai ajudar a centrar a peça, ou a broca, não permitindo que a broca, no início da furacão, se desloque do centro do furo.



*Figura 22 - Bucha universal para fixação de brocas de encabadouro cilíndrico.*

## 2. Colocar a broca

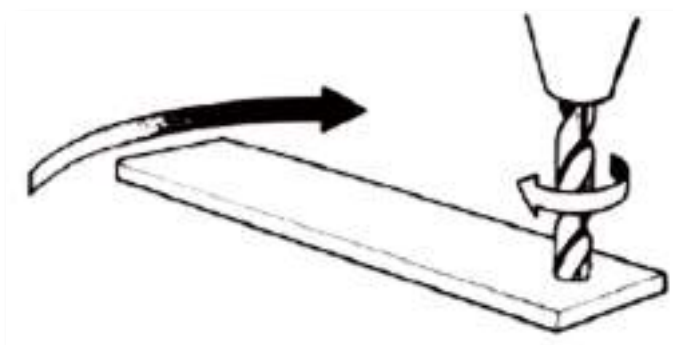
No caso em que o engenho de furar esteja equipado com uma bucha universal, roda-se o anel recartilhado de modo a que o encabadouro cilíndrico da broca passe entre as garras da bucha, como mostra a Figura 22.

Introduz-se a broca de encabadouro cilíndrico entre as garras e aperte a broca, rodando o anel recartilhado da bucha.

## 3. Fixar a peça

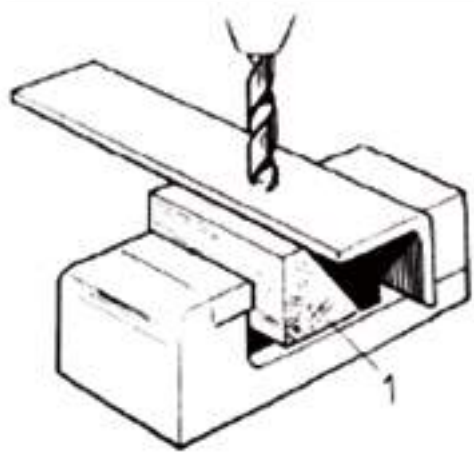
A fixação correta de uma peça é necessária para que o furo seja executado com rigor e para evitar que a peça a furar salte no momento da furacão, como mostra a Figura 23, podendo provocar acidentes.



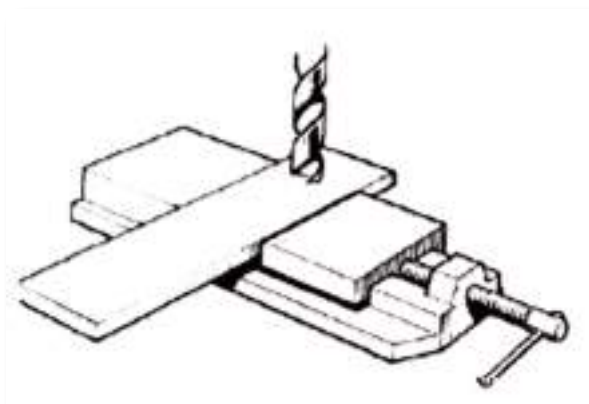


*Figura 23 - Movimento da peça a furar, em caso de a peça não estar fixa.*

A fixação da peça à mesa do engenho de furar deve ser realizada de modo a que a peça não se desloque no momento da furação. Para a fixação da peça deve-se utilizar um torno de maxilas fixado à mesa do engenho de furar, como mostram as Figuras 24 e 25, ou então utilizar pernos, cavaletes, suportes calibrados, sendo os pernos fixos às ranhuras existentes na mesa do engenho de furar, como mostram as Figuras 26 e 27.

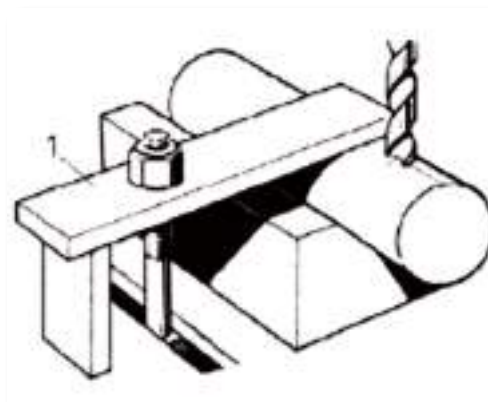


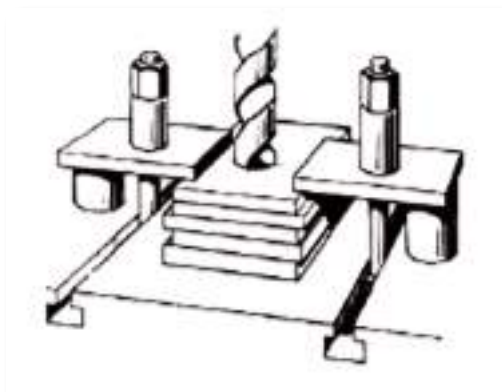
*Figura 24 - Fixação de uma cantoneira, utilizando um torno de maxilas.*



*Figura 25 - Fixação de uma peça num engenho de furar, utilizando um torno de maxilas.*

*Figura 26 - Fixação de um varão, utilizando um suporte em V, um perno e um cavalete.*





*Figura 27 - Fixação de uma peça utilizando perno e blocos de madeira.*

Para evitar que a broca danifique a mesa ou torno do engenho de furar, como mostra a figura 27, deve-se utilizar um bloco de madeira, tendo o cuidado de fixar a peça perpendicularmente ao eixo da broca, como mostra a Figura 28.



*Figura 28 - Furos feitos por descuido na mesa do engenho de furar.*

#### **4. Posicionar a peça**

O posicionamento da peça deve ser realizado de modo a que o centro do furo, ou seja a marca do punção, coincida com o eixo da broca.

Para posicionar a peça deve-se utilizar os vários dispositivos existentes no engenho de furar.

Quando acabar de posicionar a peça deve imobilizar os dispositivos que permitem o posicionamento da peça.

#### **5. Selecionar os parâmetros de corte**

Selecionar a velocidade de rotação adequada ao material a furar e ao diâmetro da broca a utilizar.

Se o engenho de furar tiver o movimento de penetramento automático, deve-se também regular a velocidade de penetramento.



Se o furo a realizar for cego deve-se regular a profundidade do furo no dispositivo específico para o efeito.

### 6. Ligar o engenho de furar e realizar a furacão

Ao realizar a furacão coloque-se à frente da máquina em posição estável, como indica a Figura 29.

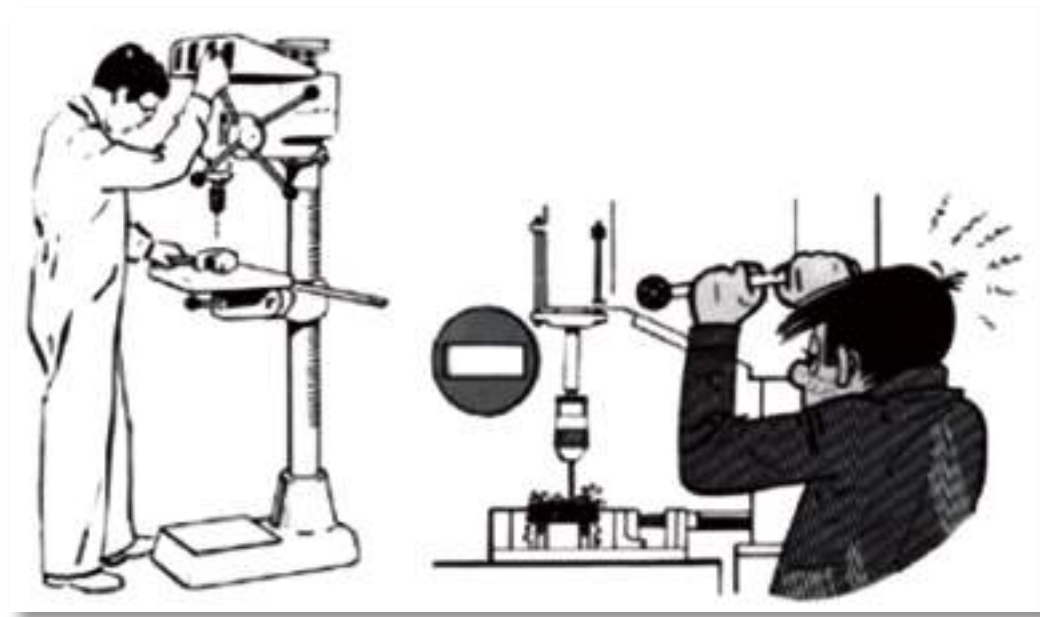
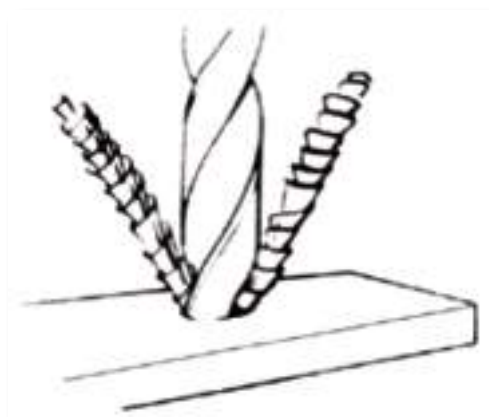


Figura 29 - Posição do corpo ao realizar uma furacão.



Durante a furacão mantenha uma pressão regular na broca de modo a que a aparca seja contínua, como mostra a Figura 30.

Figura 30. Saída de uma aparca contínua, indicando uma correta furacão.

Para realizar o movimento de penetração da broca deve utilizar para o efeito a alavanca, ou o volante, para avanço sensitivo, como indica a Figura 31, ou em alternativa ativar o sistema de avanço automático, devidamente regulado.





Figura 31 - Realização do movimento de penetração da broca.

Deve-se subir a broca diversas vezes durante a furação para libertar as aparas, que devem ser retiradas com um pincel, como mostra a Figura 32.



Figura 32 - Retirar as aparas durante a furação.

Durante a furação deve-se lubrificar a peça e a broca, como mostra a Figura 33, ou então utilizar o sistema de lubrificação do engenho de furar.



Figura 33 - Lubrificação manual da peça e da broca durante a furação.



## 7. Retirar a broca

Não se deve deixar a broca no engenho de furar, caso não seja necessário a sua utilização.

Para retirar uma broca de encabadouro cilíndrico: rodar o anel recartilhado da bucha universal, segurando na broca.

Para retirar uma broca de encabadouro cônico: introduz-se o saca-brocas, com a face inclinada virada para a broca, na ranhura do veio principal e segurando na broca dá-se uma pequena pancada no saca-brocas com um martelo.

Por fim limpa-se o engenho de furar e a broca, arrumando esta última no local apropriado.



# EXERCÍCIOS TEÓRICOS

**EXERCÍCIO 1.** Para que se furam as peças?

**EXERCÍCIO 2.** Quais os tipos de furos que existem?

**EXERCÍCIO 3.** Diga quais são as diferenças entre as brocas SS e HSS.

**EXERCÍCIO 4.** Enuncie os tipos de engenhos de furar.

**EXERCÍCIO 5.** A velocidade de rotação a regular no engenho é dada pela seguinte fórmula.

$$N = \frac{v \times 1000}{D \times 3,14}$$

- a. Diga a que correspondem as variáveis N, v e D.
- b. Calcule a velocidade de rotação, tendo em conta que  $v = 3 \text{ m/min}$  e  $D = 8 \text{ mm}$ .

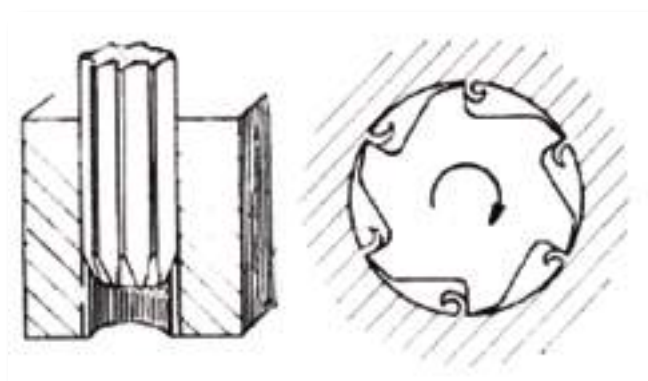




# MANDRILAMENTO

O **mandrilamento** é uma operação de acabamento de superfícies cilíndricas.

A realização de uma furacão utilizando uma broca realiza um furo com um diâmetro um pouco superior, com pouco acabamento e, por vezes, os furos não ficam perfeitamente cilíndricos. Quando a realização de uma peça exige que um furo tenha uma grande precisão dimensional e geométrica (concentricidade) e um bom acabamento realiza-se

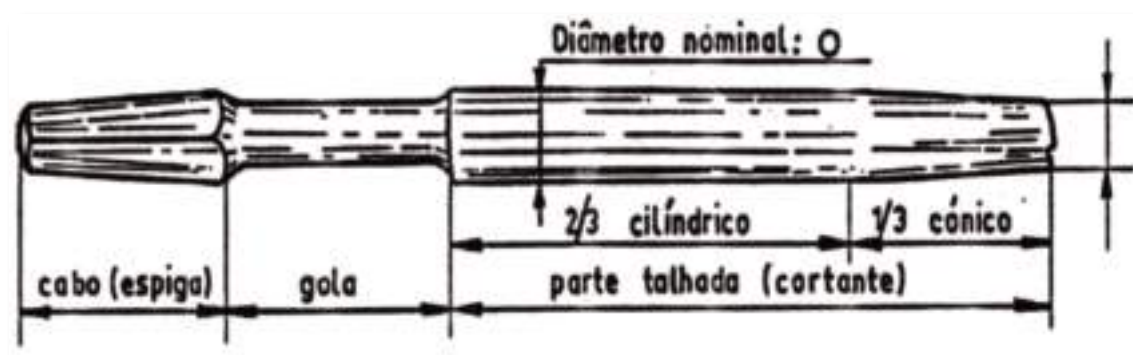


um furo com um diâmetro menor e, utilizando um mandril, mandrila-se o furo com a medida exata, como mostra a Figura 1.

*Figura 1 - Mandrilamento de um furo.*

## MANDRIL

A ferramenta utilizada para realizar o mandrilamento denomina-se de mandril e é constituída pelo encabadouro ou cabo, pela gola ou pescoço e pela parte talhada ou cortante (dentes de corte), como mostra a Figura 2.



*Figura 2 - Constituição de um mandril.*

A parte cortante de um mandril é dividida em duas partes, sendo uma cilíndrica e a outra cónica.



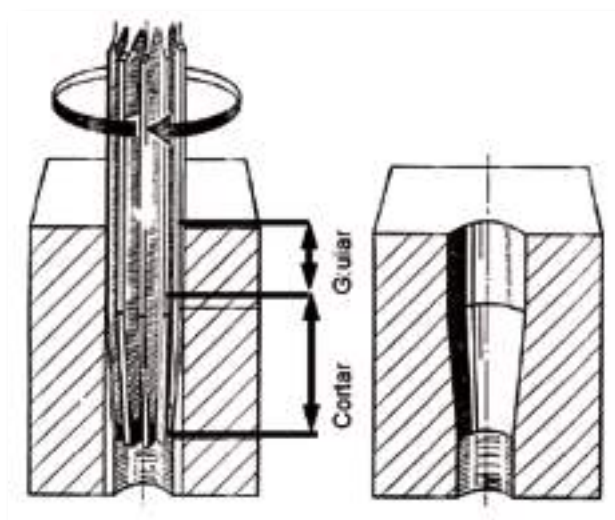


Figura 3 - Processo de arranque de aparas durante o mandrilamento.

A entrada de um mandril deve ser escolhida conforme o material a mandrilar. Assim para mandrilar materiais resistentes e tenazes, como o aço ou o bronze, a entrada terá que ser curta.

Para mandrilar materiais frágeis como o latão, ferro fundido a entrada terá que ser mais comprida. Para mandrilar furos cegos a entrada terá que ser o mais curta possível para que o furo seja mandrilado até ao fundo.

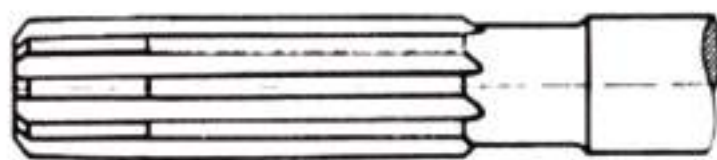


Figura 4 - Mandril fixo.

A parte cilíndrica, também chamada de guia, é utilizada para realizar o guiamento do mandril no furo, como mostra a Figura 3.

Os mandris podem ser classificados como fixos ou ajustáveis, segundo a sua forma, cilíndricos ou cônicos e segundo a disposição das suas navalhas de corte, paralelos ou helicoidais.

Os **mandris fixos** são aqueles cujo o seu diâmetro nominal não é variável, como mostra a Figura 4. O diâmetro nominal é máximo da parte cilíndrica do mandril, como indica a Figura 2.

Um **mandril ajustável** é constituído por um corpo em que são montadas lâminas de corte, sendo estas intermutáveis, os elementos de fixação das lâminas e duas porcas de ajuste. O diâmetro nominal é regulado deslocando as

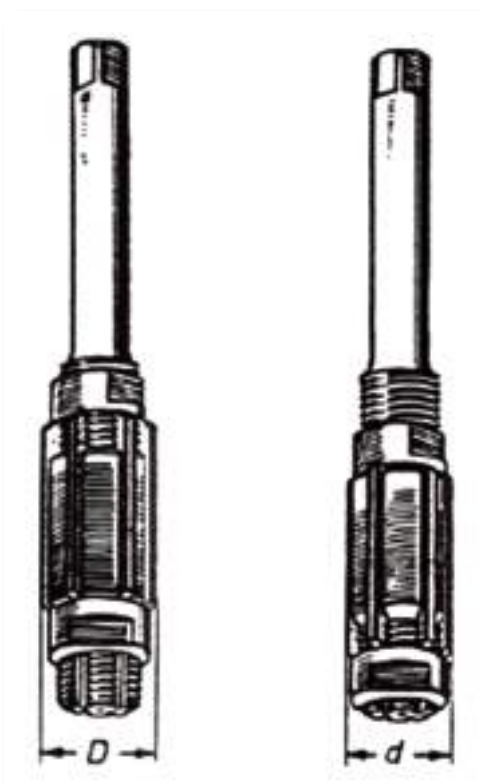


Figura 5 - Regulação do diâmetro nominal de um mandril ajustável.



lâminas de corte sobre a superfície cônica, na direção do eixo do corpo do mandril, com o auxílio das porcas de ajuste.

Se as lâminas de corte são deslocadas no sentido do encabadouro o diâmetro nominal do mandril aumenta. Se a deslocação das lâminas de corte é no sentido contrário ao do encabadouro o diâmetro nominal do mandril diminui, como mostra a Figura 5.

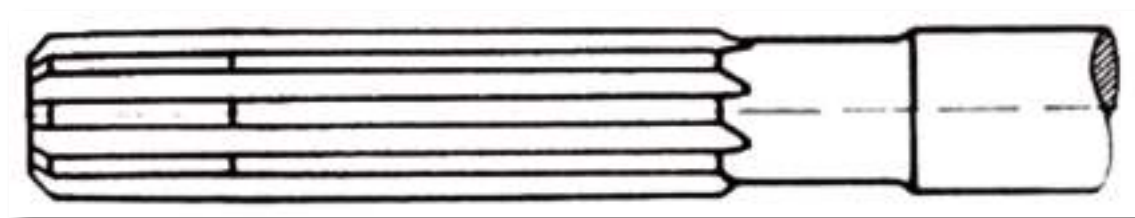


Figura 6 - Mandril paralelo.

Um **mandril paralelo** é aquele cujo as suas lâminas de corte estão dispostos e paralelamente ao eixo longitudinal do mandril, como mostra a Figura 6.

Os **mandris helicoidais**, como mostra a Figura 7, podem ser de dois tipos:

- de hélice positiva, ou direita;
- de hélice negativa, ou esquerda.

O mandril de hélice positiva tem a vantagem de facilitar a evacuação das aparas para o exterior do furo, no sentido oposto ao do avanço, mas provoca uma tendência para a autopenetração da ferramenta.

A autopenetração do mandril pode originar um movimento de avanço excessivo podendo provocar o encravamento do mandril.

Nos mandris de hélice negativa as aparas são evacuadas para o interior do furo, no sentido do avanço.

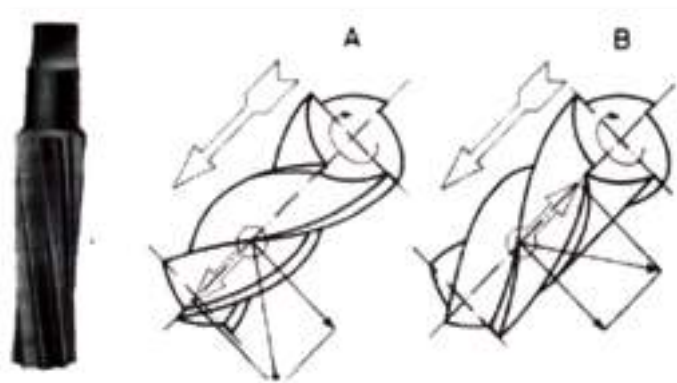


Figura 7 - Mandril helicoidal: A - de hélice positiva; B - de hélice negativa.



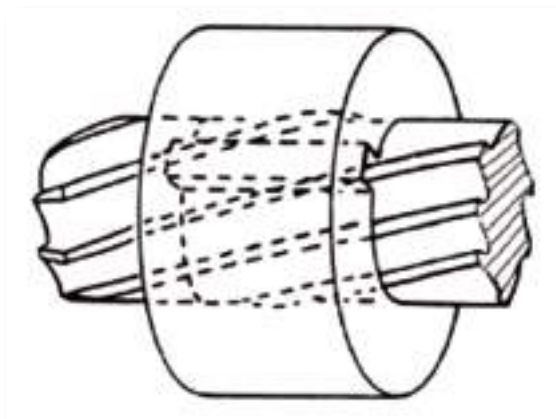
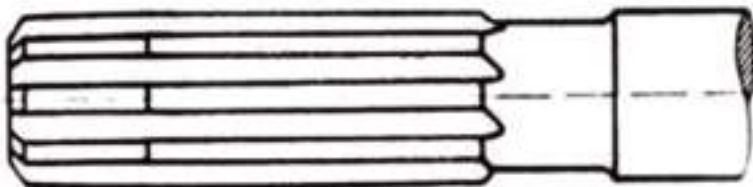


Figura 8 - Mandrilamento de um furo com um escatel no seu interior.

Os **mandris cilíndricos** são aqueles em que as arestas das superfícies de corte são paralelas em relação ao eixo da ferramenta, como mostra a Figura 9, sendo utilizados para mandrilar furos cilíndricos.

Figura 9 - Mandril cilíndrico.



Os **mandris cónicos** são aqueles em que as arestas das superfícies de corte são cónicas em relação ao eixo da ferramenta, como mostra a Figura 10, sendo utilizados para mandrilar furos cónicos.

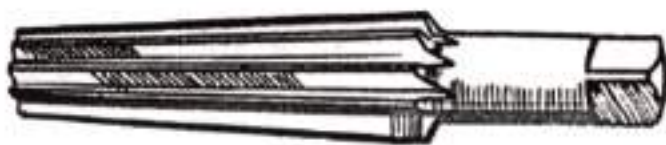


Figura 10 - Mandril cónico.

Como com os mandris cónicos se tem que arrancar maiores quantidades de aparas, normalmente é utilizado um jogo de mandris. O **jogo de mandris** é composto pelo mandril de desbaste, para trabalho prévio e o de acabamento final, como mostra a Figura 11.

Figura 11 - Jogo de mandris para furos cónicos.



## PROCESSO DE MANDRILAGEM

Após a furacão da peça com uma broca de diâmetro um pouco menor ao diâmetro final do furo mandrilado, ou seja, do diâmetro nominal do mandril a utilizar, irá realizar-se a mandrilagem manual.

Antes de realizar a mandrilagem deve verificar o diâmetro nominal do mandril, pois a utilização do mandril provoca o desgaste dos dentes de corte. Deve-se também verificar se os dentes de corte apresentam fendas ou mossas, pois provocam uma diminuição da qualidade da mandrilagem.

O mandril é fixado num desandador universal, idêntico ao utilizado para fixar um macho utilizado na roscagem interior. O mandril deve ser bem fixo ao desandador (sem folgas). A existência de folgas iria permitir que o mandril rodasse aos empurrões podendo fraturar os dentes de corte.

Ao iniciar a mandrilagem deve-se colocar o mandril com a entrada no furo rodando-o devagar exercendo uma ligeira pressão sobre a ferramenta mantendo o mandril numa direção perpendicular à superfície da peça a trabalhar, como indica a Figura 12.

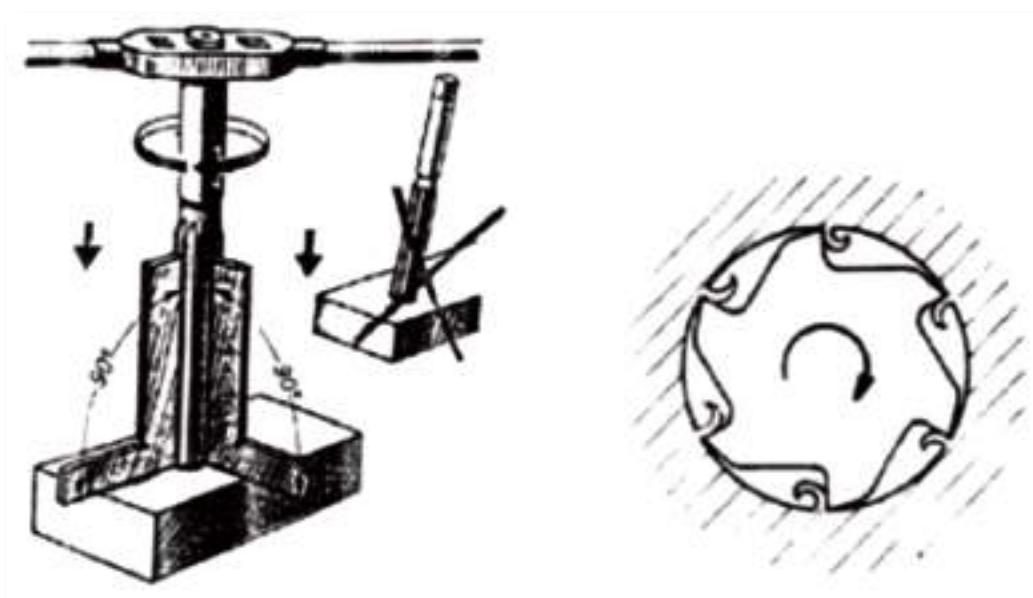
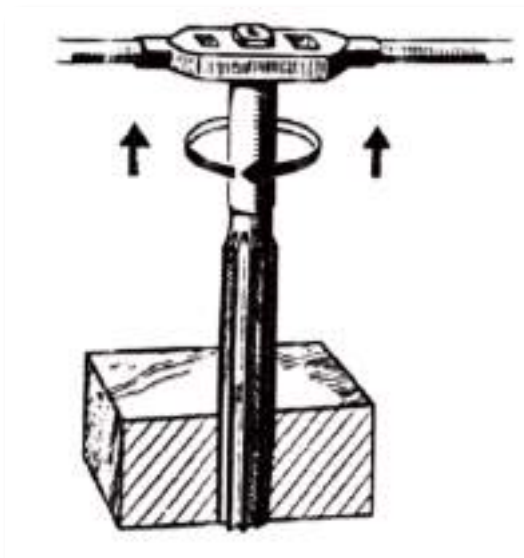


Figura 12 - Colocação do mandril no início da mandrilagem.

Durante a mandrilagem não se deve inverter o sentido de rotação do mandril pois pode ocorrer a fratura dos dentes de corte.



A fratura dos dentes de corte podem provocar danos (sulcos, riscos) na superfície a mandrilar. Se durante a mandrilagem o mandril ficar encravado deve-se levantar ligeiramente o mandril e rodá-lo, no sentido de corte, com o desandador, como indica a Figura 13.



*Figura 13 - Método para desencravar um mandril.*

Durante a mandrilagem de peças de aço é necessário a lubrificação do mandril, utilizando para o efeito óleo de corte. Depois de concluir a mandrilagem deve-se limpar e arrumar a ferramenta utilizada.



# EXERCÍCIOS TEÓRICOS

**EXERCÍCIO 1.** Assinale a afirmação correta.

- a. O mandrilamento é uma operação de acabamento de superfícies quadradas;
- b. O mandrilamento é uma operação de acabamento de superfícies cilíndricas;
- c. O mandrilamento é uma operação de desbaste de superfícies quadradas;
- d. O mandrilamento é uma operação de desbaste de superfícies cilíndricas.

**EXERCÍCIO 2.** Assinale a afirmação correta.

- a. Quando se pretende fazer um furo com uma grande precisão dimensional e geométrica (concentricidade) realiza-se um furo com um diâmetro menor e, utilizando um mandril, mandrila-se o furo com a medida exata;
- b. Quando se pretende fazer um furo com uma grande precisão dimensional e geométrica (concentricidade) realiza-se um furo com um diâmetro maior e, utilizando um mandril, mandrila-se o furo com a medida exata;
- c. Quando se pretende fazer um furo com uma grande precisão dimensional e geométrica (concentricidade) realiza-se um furo com o mesmo diâmetro e, utilizando um mandril, mandrila-se o furo com a medida exata;
- d. Nenhuma das afirmações anteriores.

**EXERCÍCIO 3.** Assinale a afirmação correta.

- a. A ferramenta utilizada para realizar o mandrilamento denomina-se de broca;
- b. A ferramenta utilizada para realizar o mandrilamento denomina-se de fresa;
- c. A ferramenta utilizada para realizar o mandrilamento denomina-se de mandriladora;
- d. A ferramenta utilizada para realizar o mandrilamento denomina-se de mandril.

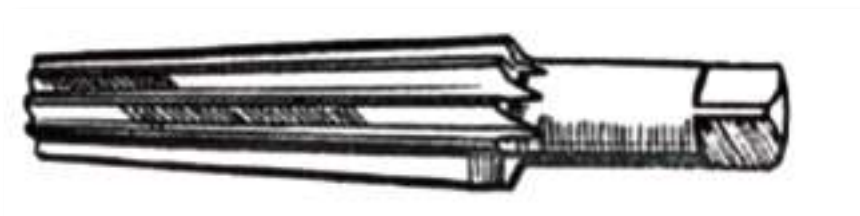
**EXERCÍCIO 4.** Assinale a afirmação correta.

- a. A entrada de um mandril deve ser escolhida conforme a mandriladora;
- b. A entrada de um mandril deve ser escolhida conforme o tipo de furo que se pretende;



- c. A entrada de um mandril deve ser escolhida conforme o material a mandrilar;
- d. A entrada de um mandril deve ser escolhida conforme a potência da mandriladora.

**EXERCÍCIO 5.** Assinale a afirmação correta.



- a. A imagem representa um mandril cilíndrico;
- b. A imagem representa um mandril curvo;
- c. A imagem representa um mandril redondo;
- d. A imagem representa um mandril cônico.

**EXERCÍCIO 6.** Assinale a afirmação correta.

- a. O jogo de mandris é composto pelo mandril de desbaste, para trabalho prévio e o de acabamento final;
- b. O jogo de mandris é composto pelo mandril de desbaste, de roscagem e o de acabamento final;
- c. O jogo de mandris é composto pelo mandril de furos cegos, furos passantes e o de furos roscados;
- d. Nenhuma das afirmações anteriores.





# ROSCAGEM

## ROSCAS

**Roscas** são ranhuras e relevos superficiais de forma helicoidal situadas no exterior (parafusos) e no interior (porcas) de cilindros (rosca cilíndrica).

As roscas são normalizadas para facilitar a força de elementos roscados e também o seu fabrico. As normas de roscas determinam a forma do perfil do filete, as suas dimensões, bem como o passo e as dimensões correspondentes a determinados diâmetros exteriores de parafusos.

A rosca mais utilizada é a rosca direita, gerada mediante movimento helicoidal direito (girando no sentido dos ponteiros do relógio produz-se movimento de avanço segundo o eixo). Em alguns casos é usada a rosca esquerda gerada mediante movimento helicoidal esquerdo. Como regra simples, basta colocar o parafuso na posição vertical e verificar:

- Se os filetes descem da esquerda para a direita, a rosca é esquerda;
- Se os filetes descem da direita para a esquerda, a rosca é direita.

## ELEMENTOS FUNDAMENTAIS DE UMA ROSCA

Como elementos fundamentais de uma rosca temos:

**Eixo da rosca** - é o eixo do cilindro roscado.

**Filete da rosca** - é o sólido prismático, muito longo, que está enrolado segundo uma hélice sobre o cilindro.

**Número de entradas** - é o número de filetes que constituem a rosca, podendo ser rosca simples ou múltipla.

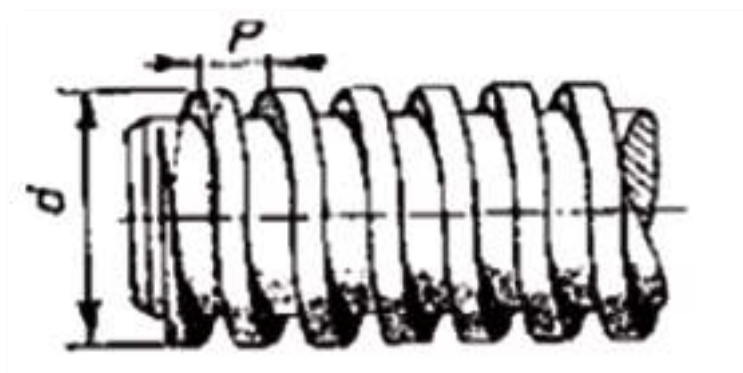


Figura 1 - Rosca simples.



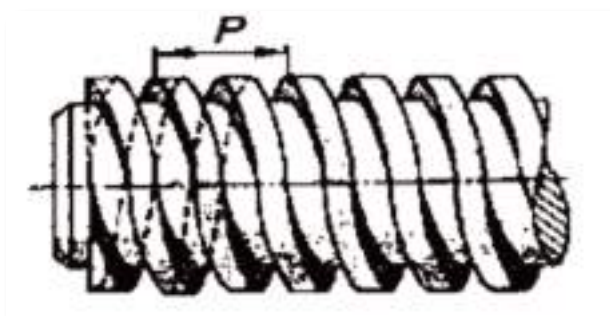


Figura 2 - Rosca dupla (duas Entradas).

Uma **rosca simples** ou rosca de uma entrada é a rosca constituída por um só filete (Figura 1). Uma **rosca múltipla** (dupla, tripla, etc.) ou de duas entradas, três entradas, etc., é a rosca constituída por 2, 3 ou mais filetes (Figura 2).

**Diâmetro nominal (d)** - é o maior diâmetro da rosca exterior (parafuso), o que corresponde ao diâmetro do fundo do filete da rosca interior (porca).

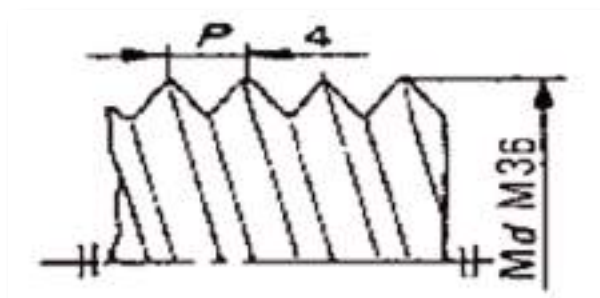


Figura 3 - Passo grosso.

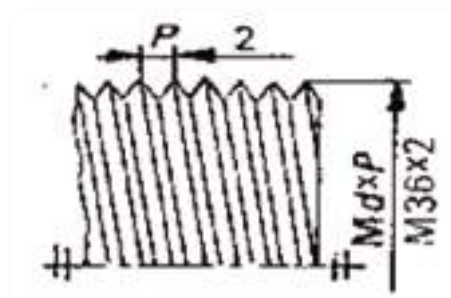


Figura 4 - Passo fino.

**Passo (P)** - é a distância ente dois filetes consecutivos. Podem existir os passos grossos e finos. Passos grosso é o passo de uma utilização corrente (Figura 3). Passos finos são passos menores que os passos grossos (Figura 4).

**Núcleo da rosca** - é o cilindro que constitui a base da rosca sendo o seu diâmetro, o diâmetro interno da rosca.

**Perfil da rosca** - é a linha que limita a secção da rosca feita por um plano que contém o eixo.

As roscas são classificadas principalmente pelo seu **perfil**:

- Roscas triangulares;
  - Roscas métricas;
  - Roscas withworth;
  - Roscas "gás".
- Roscas quadradas;
- Roscas redondas;
- Roscas de dente de serra;



- Roscas trapezoidais;
- Roscas elétricas.

## DESIGNAÇÃO DE ROSCAS

As roscas de peças roscadas são designadas pelo:

- **Diâmetro nominal da rosca** que, em geral, corresponde ao diâmetro exterior da rosca. Os valores dos diâmetros nominais são normalizados (ver tabelas técnicas).
- **Passo da rosca**, que pode ser grosso ou fino (só é assinalado o passo fino)
- **Rosca direita ou esquerda** (só é assinalada a rosca esquerda)
- **Tipo de rosca**, sempre assinalada por letras:
  - M - significa rosca métrica
  - W - significa rosca Whitworth
  - E - significa rosca elétrica

### Exemplos:

- Rosca de perfil métrico ISO:
  - M16: Rosca de 16 mm de diâmetro e passo grosso normal;
  - M16 x 1,5: Rosca de 16 mm de diâmetro e passo fino de 1,5 mm;
  - M8 Esq.: Rosca de 8 mm de diâmetro, esquerdo e passo grosso normal.
- Rosca Whitworth:
  - W1 ½: Rosca normal de 1/2 polegadas de diâmetro;
  - W1 ½ - 9: Rosca fina de 1 ½ polegadas de diâmetro de 9 fios por polegada.

## PERFIS DE ROSCAS

### Roscas de Perfil Triangular

As peças roscadas em ligações mecânicas fixas têm, geralmente, roscas de perfil triangular.



**Rosca Métrica**

A rosca métrica é mais utilizada na atualidade devido ao facto de ser normalizada internacionalmente pela ISO (Organização Internacional de Normalização).

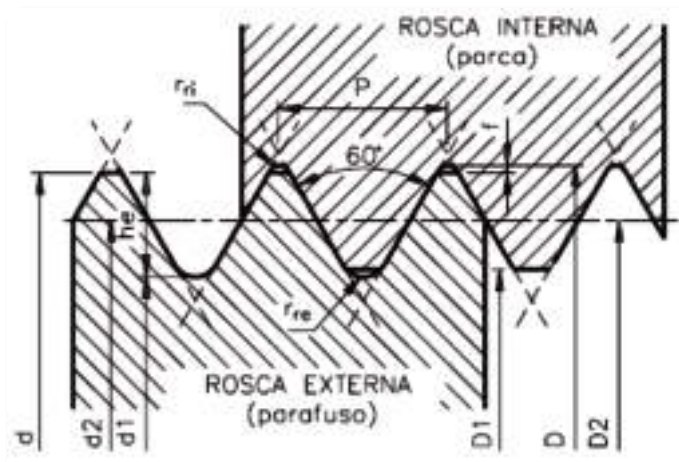


Figura 5 - Triângulo equilátero do perfil da rosca métrica.

d (mm)	di (mm)	dm (mm)	Passo p (mm)
3	2,35	2,675	0,5
3,5	2,72	3,11	0,6
4	3,09	3,545	0,7
5	3,96	4,48	0,8
6	4,7	5,35	1
8	6,376	7,188	1,25
10	8,052	9,025	1,5
12	9,726	10,863	1,75
14	11,402	12,701	2
16	13,402	14,701	2
18	14,752	16,376	2,5
20	16,752	18,376	2,5
22	18,752	20,376	2,5
24	20,102	22,051	3
27	23,102	25,051	3
30	25,454	27,727	3,5
33	28,454	30,727	3,5
36	30,804	33,402	4



39	33,804	36,402	4
42	36,154	39,077	4,5
45	39,154	42,007	4,5
48	41,504	44,752	5
52	45,504	48,752	5
56	48,856	52,428	5
60	52,856	56,428	5
64	56,206	60,103	6
68	60,06	64,103	6

Tabela 1 - Características técnicas da rosca métrica de passo normal.

### Rosca Whitworth

A rosca Whitworth, ou rosca inglesa está baseada no sistema inglês de medida que tende a ser abandonado. No entanto, é ainda usada, mas sempre que possível deve ser substituída por rosca métrica.

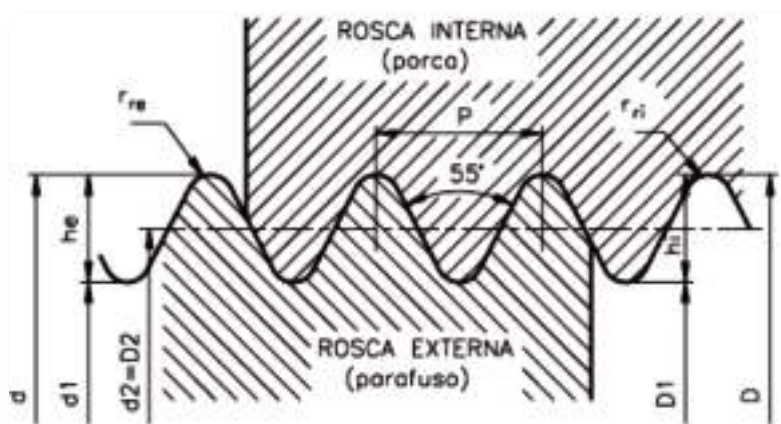


Figura 6 - Triângulo isósceles com o ângulo de  $55^{\circ}$  que gera a rosca Whitworth.

### Rosca "Gás"

A rosca "gás" é utilizada para a roscagem de tubos condutores de gases ou líquidos. Deriva da rosca Whitworth, sendo o passo e a profundidade ainda menores ao que corresponderiam ao diâmetro de uma rosca Whitworth fina. Estas roscas são designadas pelo diâmetro exterior do tubo (em polegadas). Estas roscas são abertas sem folga para se conseguir a estanquicidade das condutas.

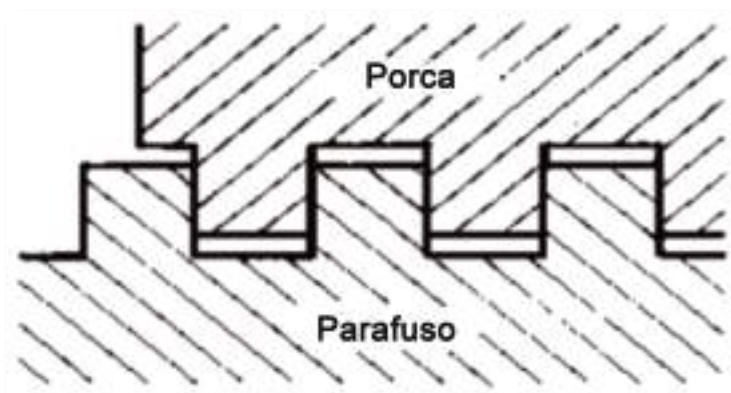


**Rosca Quadrada**

Esta rosca é gerada por um quadrado e não por um triângulo, como as anteriormente estudadas.

As roscas quadradas são utilizadas em tornos e fusos de transmissão (por exemplo, em prensas).

Devido ao menor atrito que oferecem são mais fáceis de manobrar, mas têm menos resistência que a rosca triangular.

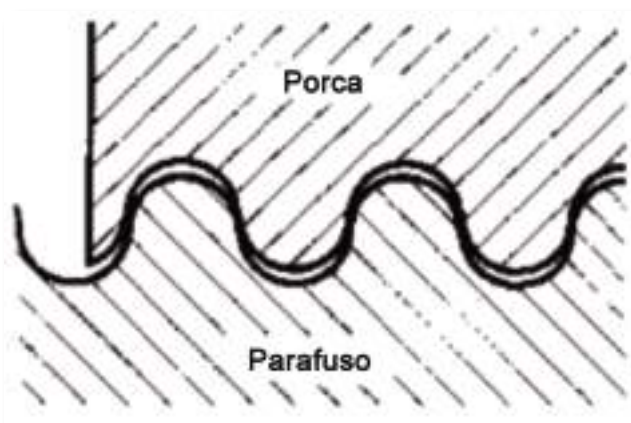


*Figura 7 - Perfil de uma rosca quadrada.*

**Rosca Redonda**

Nestas roscas os filetes são semicircunferências. É utilizada em parafusos grosseiros e em elementos mecânicos sujeitos a maus tratos.

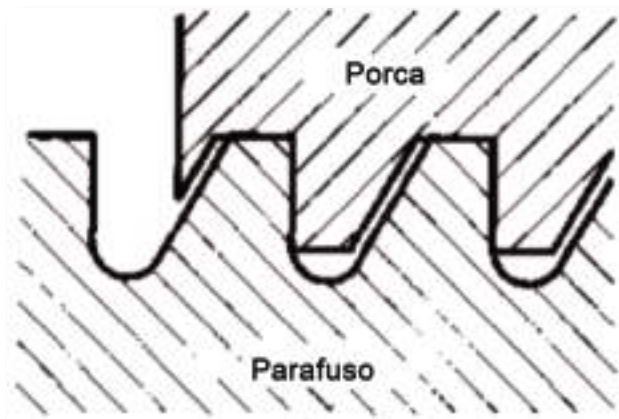
*Figura 8 - Perfil de uma rosca redonda.*



**Rosca Dente de Serra**

Esta rosca combina algumas vantagens das roscas triangulares com algumas vantagens das roscas quadradas. Como a sua superfície de entrada é plana é necessário um menor esforço de aperto, sendo necessário um maior esforço de desaperto.

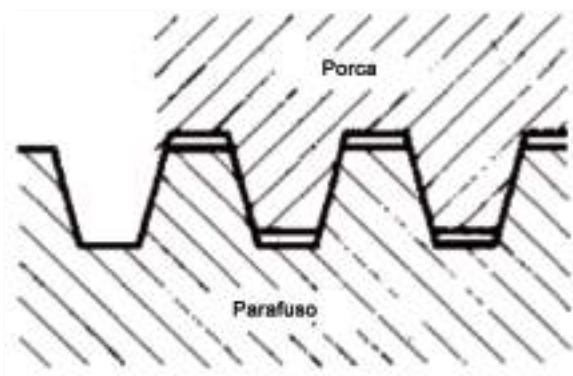
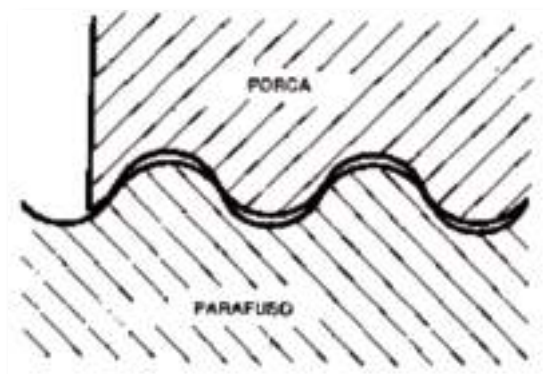
*Figura 9 - Perfil de uma rosca dente de serra.*



### Rosca Trapezoidal

Esta rosca tem como perfil um trapézio isósceles. É usada em fusos e peças que tenham de suportar grandes esforços.

Figura 10 - Perfil de uma rosca trapezoidal.



### Rosca Elétrica

É a rosca utilizada, por exemplo, nos casquilhos das lâmpadas elétricas. O perfil é arredondado, mas de menor altura que o da rosca redonda propriamente dita.

Figura 11 - Perfil de uma rosca elétrica.

## FERRAMENTAS PARA ROSCAGEM

Existem ferramentas apropriadas para o corte de roscas:

- **Caçonetes**, utilizadas no corte de roscas exteriores;
- **Machos**, utilizados no corte de roscas interiores.

Para utilizar as ferramentas atrás referidas, são utilizados:

- **Desandadores**, utilizados para trabalhar com os machos;
- **Tarraxas**, utilizadas para trabalhar com os caçonetes.

## INSTRUMENTOS DE VERIFICAÇÃO DE ROSCAS

Para verificar ou medir perfis de roscas de forma aproximada, quando não há grandes exigências de precisão, como por exemplo, quando se quer averiguar o passo aproximado de um parafuso ou de uma porca, utilizam-se os chamados apalpa-roscas (Figura 12).

Esta ferramenta é constituída por lâminas com um dos bordos recortados segundo o perfil da rosca que representam. Vulgarmente, estes apalpa-roscas são apresentados sob a



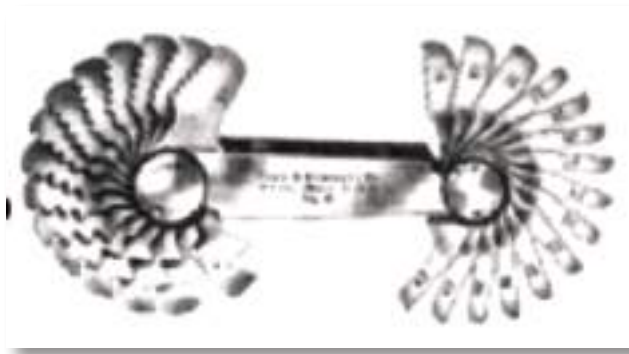


Figura 12 - Apalpa-rosca.

forma de jogos correspondentes aos diferentes tipos de rosca, métrico e whitworth.

Para verificar a rosca, ajusta-se, por tentativas, a lâmina à rosca olhando a contra-luz e observa-se se o passo e a forma da rosca se adaptam à lâmina do apalpa-rosca.

## PROCESSOS DE ROSCAGEM

### Roscagem Interior

Para abrir roscas interiores são usados machos fixados em desandadores.

Os **desandadores** têm como função a fixação dos machos e por seu intermédio orientar o esforço de pressão e de rotação na roscagem. Os desandadores universais são os mais utilizados.

Os **machos** são a ferramenta usada para abrir a rosca interior. Na haste, o macho tem gravada a abreviatura do sistema e o diâmetro externo da rosca e a ordem de utilização, sendo utilizado geralmente traços, como mostra a Figura 13.

Para se realizar uma roscagem interior, em primeiro lugar terá que se furar a peça. O furo deve ser de diâmetro inferior ao do macho que se vai utilizar, sendo o diâmetro da broca a utilizar dado por tabelas.



Figura 13 - Conjunto de machos.

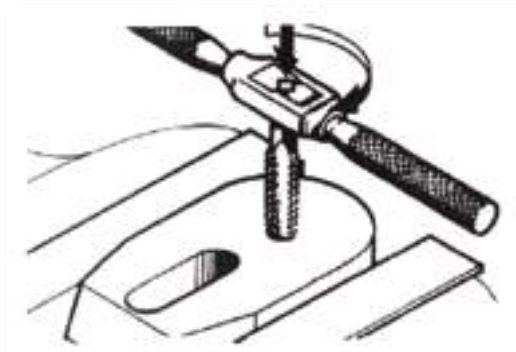


Figura 14 - Furo passante.





Os furos passantes destinados à abertura de roscas, devem ser escariados nas faces de entrada e de saída da broca, a fim de retirar as rebarbas, de facilitar a centragem do macho e de ter um melhor acabamento.

Os furos cegos destinados à abertura de rosca, devem ser escariados na face de entrada da broca, a fim de se retirar as rebarbas, de facilitar a centragem do macho e de ter um melhor acabamento.

### *Sequência de Roscagem Interior*

1. Colocar o macho de ponta no desandador. Apertar o macho com o desandador.

2. Apontar o macho no furo, dando algumas voltas.

Rodar o conjunto para a direita (rosca direita), aplicando uma ligeira pressão, como mostra a Figura 14.

3. Verificar se o macho está numa posição perpendicular à peça, como mostra a Figura 15.

4. Roscar todo o furo.

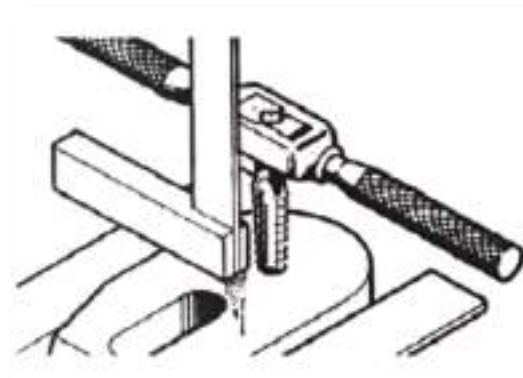
A cada rotação de avanço ou quando o macho tiver dificuldade em avançar recua-se meia volta em sentido contrário a fim de soltar as aparas.

Aplicar frequentemente óleo de corte.

5. Repetir toda a operação utilizando o macho intermédio.

6. Repetir toda a operação utilizando o macho direito.

Após a finalização da roscagem interior, as ferramentas devem ser limpas e devidamente arrumadas.



*Figura 15 - Verificação da colocação perpendicular do macho.*

### *Roscagem Exterior*

Para abrir roscas exteriores são usados caçonetes fixados em tarraxas.

As **tarraxas** têm como função a fixação do caçonete e por seu intermédio orientar o esforço de pressão e de rotação na roscagem. As tarraxas podem ser para caçonetes de medida ajustável, ou para caçonetes de medida fixa.





Os caçonetes são ferramentas que servem para abrir rosca exterior em parafusos e pernos. Existem diferentes tipos de caçonetes podendo ser de medida regulável ou de medida fixa (Figura 16).

*Figura 16 - Caçonete de medida fixa.*

### *Sequência de Roscagem Exterior*

1. Utilizando-se o caçonete de medida fixa, coloca-se o caçonete na tarraxa, aperta-se o parafuso central da tarraxa, de modo a alargar um pouco o diâmetro do caçonete para facilitar o desbaste. Depois, apertam-se os parafusos dos cantos da tarraxa.
2. Apontar o caçonete no perno, dando algumas voltas.  
Rodar o conjunto para a direita (rosca direita) aplicando uma ligeira pressão.
3. Verificar se o caçonete está numa posição perpendicular ao eixo do perno.
4. Roscar o perno. A cada rotação de avanço, ou quando o caçonete tiver dificuldade em avançar, recua-se meia volta em sentido contrário a fim de soltar as aparas. Aplicar frequentemente óleo e corte.
5. Repete-se toda a operação, mas desapertando um quarto de volta o parafuso central da tarraxa, apertando os parafusos de canto da tarraxa.
6. Repete-se toda a operação até que a porca enrosque sem dificuldade no perno roscado.  
Após a finalização da roscagem exterior, as ferramentas devem ser limpas e devidamente arrumadas.



# EXERCÍCIOS TEÓRICOS

**EXERCÍCIO 1.** Indique se as afirmações seguintes são verdadeiras.

- a. Roscas são ranhuras e relevos superficiais de forma helicoidal situadas no exterior (parafusos) e no interior (porcas) de cilindros (rosca cilíndrica);
- b. As normas de roscas determinam a forma do perfil do filete, as suas dimensões, bem como o passo e as dimensões correspondentes a determinados diâmetros exteriores de parafusos;
- c. A rosca mais utilizada é a rosca direita, gerada mediante movimento helicoidal esquerdo;
- d. Para se determinar se uma rosca é direita ou esquerda deve-se colocar o parafuso na posição vertical e verificar se os filetes descem da esquerda para a direita, a rosca é esquerda;
- e. Uma rosca simples ou rosca de uma entrada é a rosca constituída por um só filete. Uma rosca de duas entradas, três entradas, etc, é a rosca constituída por 2, 3 ou mais filetes;
- f. Define-se passo de uma rosca como sendo a distância ente quatro filetes consecutivos;

**EXERCÍCIO 2.** Indique a designação das seguintes roscas:

- a. M8;
- b. M10;
- c. M10 x 1,5;
- d. W1 ½.

**EXERCÍCIO 3.** Enuncie os diferentes tipos de roscas quanto ao seu perfil.

**EXERCÍCIO 4.** Qual a diferença entre um caçonete e um macho.

**EXERCÍCIO 5.** Diga o que entende por apalpa-folgas.



# TORNEAMENTO

O torno (utilizado para moldar peças de revolução) surge na mais remota antiguidade.

O seu antepassado parece ser o torno do oleiro a que Jeremias, profeta de Israel (620 A.C.) fala na Bíblia. No entanto, a iconografia egípcia (ciência das imagens) mostra-nos a existência do oleiro egípcio moldando, dois mil anos antes da nossa era, um vaso num prato giratório, acionado à mão. Até ao século XVIII eram utilizados tornos rudimentares para executar principalmente trabalhos de carácter artístico. Mesmo Luís XV e Luís XVI (o Serralheiro) ocupavam os seus tempos livres em trabalhos de torno.

O torno do oleiro é uma das primeiras realizações da máquina rotativa, o eixo de rotação era disposto verticalmente, e a peça de barro colocada sobre um prato giratório é moldada pelas mãos do operário, e a rotação era mantida com o auxílio de um volante movido pelos pés.

O torno antigo que servia para tornear a madeira e outras matérias mais duras era movido com o auxílio da mão ou do pé, estando o eixo de rotação da peça colocado horizontalmente, a rotação é alternativa, e o corte da ferramenta ficava limitado a um único sentido de rotação.

Os progressos são lentos. Os primeiros tornos, dignos desse nome, tinham barramentos de madeira com mecanismos de acionamento por pedal, semelhantes aos dos amoladores inspirados, ao que parece, em planos atribuídos a Leonardo da Vinci, e eram utilizados ainda os ferros à mão.

No final do século XVIII, os tornos tomam o aspeto de conjuntos metálicos e as dimensões aumentam originando dispositivos de avanço mecânico; comando longitudinal do carro principal, aperfeiçoamento já realizado por Vaucasson cerca de 1760 (Museu do Conservatório de Artes e Ofícios).

No final do século XIX a aparição do motor eléctrico trouxe ao torno aperfeiçoamentos que se estendem e generalizam no século XX a uma cadência acelerada.

Dispõe-se hoje de máquinas cada vez mais robustas, rápidas e preciosas, capazes de transmitir a potência requerida pelo emprego de novos aços e das ligas metálicas mais recentes que compõem as peças.



## TIPOS DE TORNOS MECÂNICOS

### Tornos Paralelos

O torno paralelo é o mais utilizado. O eixo de rotação está disposto horizontalmente, permitindo obter todas as superfícies de revolução e resolver a maior parte das dificuldades de execução das peças longas e curtas. A Figura 1 mostra os principais componentes de um torno, bem como seus respectivos movimentos.

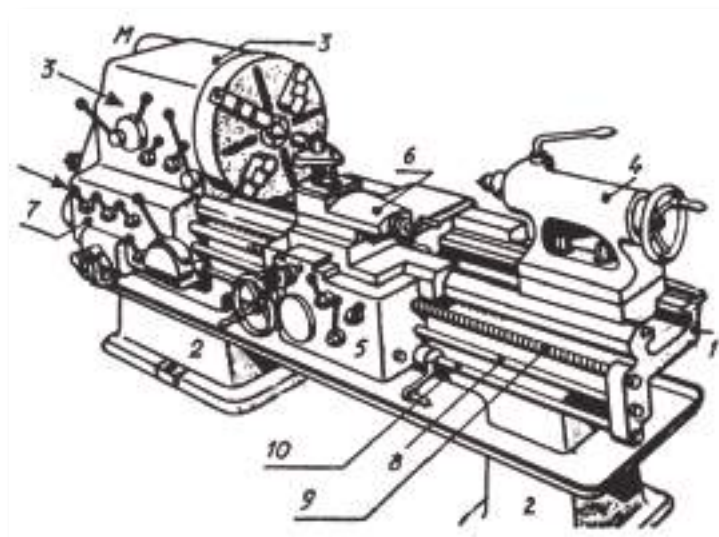


Figura 1 - Esquema dos componentes de um torno | 1. Barramento | 2. Bases | 3. Cabeçote fixo, caixa e alavancas seletoras das velocidades | 4. Cabeçote móvel | 5. Carro principal | 6. Carro porta-ferramentas | 7. Caixa e alavancas seletoras dos avanços | 8. Varão | 9. Fuso | 10. Vara de ligação do motor | M. Motor

O torno representado na figura é conhecido por **torno mecânico paralelo**. É o tipo de torno mais generalizado e presta-se a um grande número de operações de maquinação. Basicamente, o torno mecânico é constituído por uma base maciça e rígida, para resistir a deformações e apresentar suficiente capacidade de amortecimento das vibrações resultantes das operações de maquinação.

O barramento é uma espécie de viga em ferro fundido, provido de nervuras de reforço para constituir um conjunto indeformável, que repousa sobre bases. Normalmente, o barramento nos tornos modernos é constituído por uma cava que permite a montagem de uma peça que tenha em relação ao barramento um grande diâmetro.

Num extremo do barramento é fixado o cabeçote fixo e no outro extremo o cabeçote móvel.





Figura 2 - Torno mecânico paralelo.

O **cabeçote fixo** é uma peça maciça, em ferro fundido, com duas chumaceiras nas quais roda a árvore do cabeçote. Possui ainda, um dispositivo de redução de velocidade, ou seja, uma engrenagem intermédia e um dispositivo de inversão do sentido de avanços, chamado inversor.

A peça a ser torneada é fixada num acessório chamado **bucha universal**, suportada pela árvore principal, a qual faz parte do cabeçote fixo.

As buchas podem ter três ou quatro grampos de aperto simultâneo ou independente conforme o tipo de bucha utilizado (Figura 3).

A árvore principal é dotada de um movimento de rotação contínuo que se transfere à peça que, por sua vez, é submetida à ação de uma ou várias **ferramentas de corte** de modo a arrancar o material (Figura 4).



Figura 3 - Bucha universal.



Figura 4 - Pormenor de ferramentas de corte exterior e interior.

A árvore deve ser capaz de girar com velocidades periféricas diferentes, as quais são estabelecidas em função do diâmetro das peças em maquinação, do tipo de acabamento desejado, do tipo de operação (desbaste, acabamento, etc.) do tipo de material e tipo de ferramenta de corte.

Uma caixa de velocidades convenientemente localizada permite a mudança de velocidade da árvore.



Na parte central está situado o carro porta-ferramentas, montado sobre o avental.

O conjunto - carro, porta-ferramentas e avental - é projetado de modo a ser dotado de movimentos longitudinal e transversal, assim, a ferramenta pode deslizar, se necessário, segundo uma linha oblíqua, ou seja, uma linha resultante dos movimentos longitudinal e transversal (Figura 6). O avanço da ferramenta pode ser realizado manualmente ou automaticamente.

No conjunto constituído por carro, porta-ferramentas e avental, situa-se, ainda, uma placa giratória chamada **torreta** que gira em torno de um eixo vertical de modo a ser colocada em qualquer ângulo em relação ao eixo da peça a ser maquinada.

Na outra extremidade do torno situa-se o **cabeçote móvel** (Figura 5), cujo objetivo é suportar ou apoiar as peças quando giram. É composto por um suporte fundido, de uma contra ponta e de dispositivos diversos como a manga, o volante e outros.

A manga não gira, porém, pode deslocar-se alguns centímetros no sentido longitudinal e ser travada na posição desejada. É oca e possui um cone interno onde podem ser fixadas diversas ferramentas, como buchas para brocas, ponto fixo e ponto rotativo, os quais são avançados manualmente de encontro às peças.

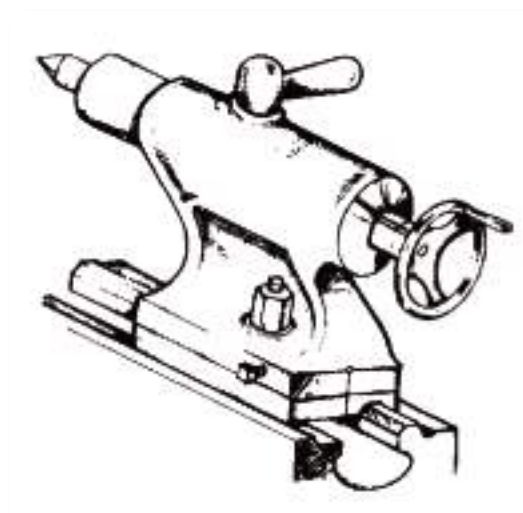


Figura 5 - Cabeçote móvel.

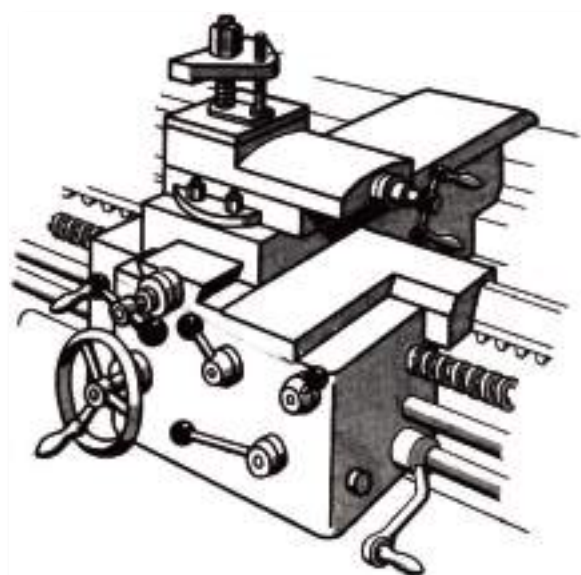


Figura 6 - Carro porta-ferramentas.



## Tornos CNC

A partir dos tornos mecânicos, outros tipos de tornos mais complexos foram desenvolvidos, de modo a permitir uma operação automática, mais rápida, de maior precisão, com ferramentas múltiplas e torneamento no sentido vertical.

Assim, tem-se os tornos automáticos e semiautomáticos, cujas características básicas consistem no facto de que as ferramentas, uma vez ajustadas, podem ser aplicadas na peça em maquinação repetidamente, sem necessidade de novo reajuste para cada corte. Os tornos-revolver possuem, além dos componentes básicos do torno comum, mais um carro, dotado de movimento longitudinal, que leva uma torre giratória porta-ferramentas com várias posições (cinco ou seis). Para cada posição que a torre gira, apresenta-se uma nova ferramenta. Pode-se, assim, repetir-se um ciclo preestabelecido de operações de maquinação.

Os tornos copiadores utilizam uma peça protótipo que impõe um determinado perfil na peça a ser maquinada, por intermédio de uma ferramenta que se movimenta automaticamente.



Figura 7 - Torno CNC.

Os tornos verticais são empregados na maquinação de peças de grandes dimensões, como grandes volantes, polias, rodas dentadas, as quais, devido às suas dimensões e peso, não podem ser facilmente montadas numa placa em posição vertical. Assim, para montagem destes tipos de peças, emprega-se

uma plataforma redonda horizontal, que gira. A partir da base do torno, elevam-se dois montantes, unidos na parte superior por uma ponte. Sobre as guias dos dois montantes desliza um cabeçote móvel, onde se situa uma torre giratória porta-ferramentas. As plataformas horizontais desses tornos podem atingir vários metros de diâmetro.

Na indústria moderna este tipo de tornos quase que já não se utilizam, pois foram ou estão a ser substituídos pelos **tornos de CNC** (Comando Numérico Computorizado).





## PRINCIPAIS ACESSÓRIOS E FERRAMENTAS

Os tornos possuem uma série de acessórios que contribuem para torná-los em máquinas muito versáteis, tais como, prato de grampos independentes, prato liso, luneta fixa e luneta de acompanhamento.



Figura 8 - Prato de grampos independentes e pratos lisos.



Figura 9 - Luneta fixa e de acompanhamento.

As **ferramentas de corte** utilizadas nos tornos mecânicos apresentam geralmente uma única aresta de corte. Podem ser fabricadas a partir de uma barra sólida de material para ferramenta chamados buris, construídos em aços especiais, chamados de aços rápidos (Figura 10).

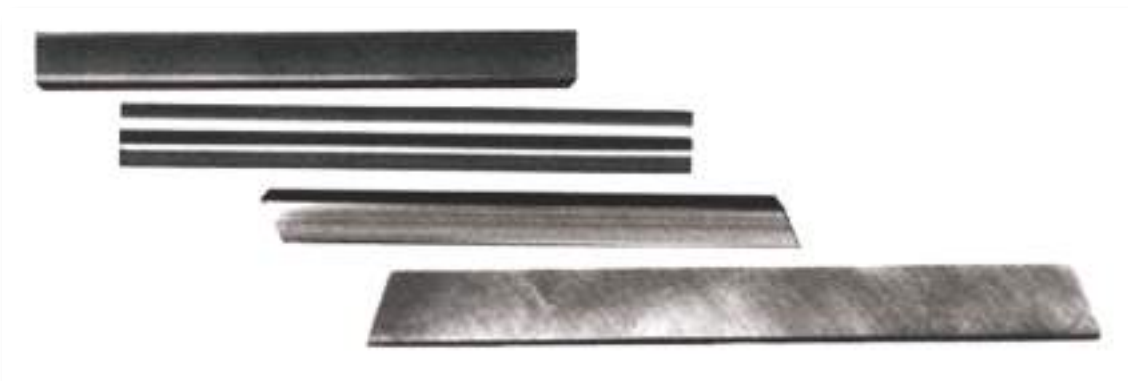


Figura 10 - Buris de aço rápido quadrado, redondo, retangular e sangrar.

Outro tipo de ferramenta de corte para torno que são fabricadas a partir de um aço de menor qualidade, sob a forma de varões, na extremidade dos quais são fixadas, por soldadura, pequenas placas chamadas de **pastilhas de corte** de um material extremamente duro chamado tungstênio (Figura 11).



Figura 11 - Pastilhas de corte.



Na indústria moderna, embora ainda seja utilizado, em alguns casos, os buris de aço rápido, as ferramentas de corte com pastilhas de tungstênio soldadas praticamente já não são utilizadas tendo sido substituídos pelas **plaquetas** de carboneto tungstênio que são fixadas por meio de um parafuso num suporte fabricado em aço com tratamento térmico.

Nas operações de torneamento, uma porção de material das peças é realizada pela ação de uma ferramenta chamada ferramenta de corte, produzindo a apanha, caracterizada por uma forma geométrica irregular.

Quanto à forma e dimensões das ferramentas de corte utilizadas nas operações de torneamento, conforme os casos, a ferramenta de corte deve ter a forma tanto quanto possível da forma e do acabamento que se pretende dar na peça (Figura 12).

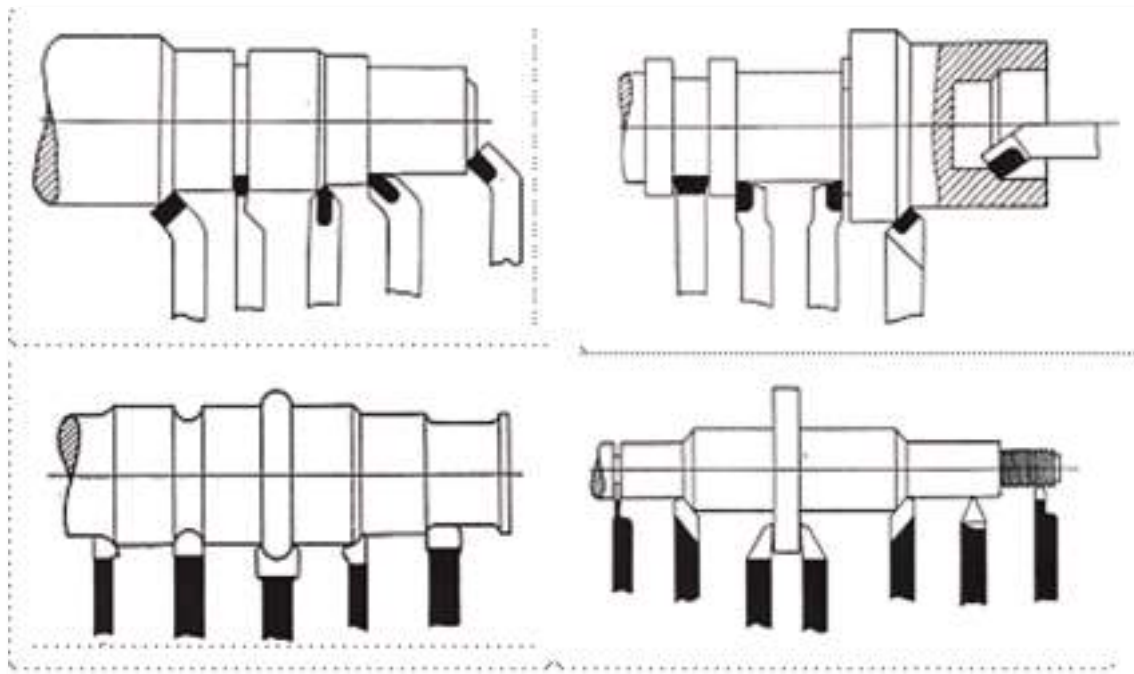


Figura 12 - Escolha adequada da ferramenta de corte.

A parte ativa de todas as ferramentas de corte apresenta a mesma forma, que está normalizada. Apenas variam os valores dos chamados ângulos característicos, de acordo com a natureza dos materiais a trabalhar e com a qualidade do material que constitui a ferramenta de corte.

Assim, as ferramentas com pastilhas e plaquetas de carbonetos duros permitem trabalhar com grandes velocidades de corte (100 a 500 m/min), e a sua temperatura pode atingir os 800°C.



As ferramentas em aço rápido trabalham a velocidades mais reduzidas (20 a 60 m/min) e a sua temperatura não ultrapassa 500°C. Deste modo, resultam para a afiação dos ângulos característicos valores diferentes, consoante se trate de ferramentas em carboneto duro, ou em aço rápido, conforme se representa na tabela 1.

Normalmente uma peça é torneada a partir de um varão fixado na bucha universal do torno. Depois das operações de torneamento e após a peça estar acabada procede-se à operação de corte pelo processo de sangramento. Esta operação faz-se introduzindo a ferramenta de corte, especialmente preparada para o efeito, na peça e em simultâneo ir alargando a caixa que vai ficando pela penetração da ferramenta no sentido perpendicular ao eixo da peça (Figura 13).

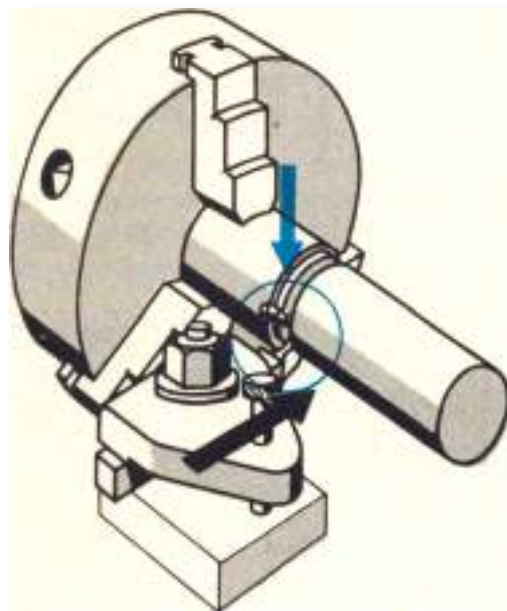


Figura 13 - Fresa cilíndrica tangencial.

Designação do material a maquinar	Ferramentas em aço rápido			Ferramentas em carbonetos duros		
	Ângulo de entrada	Ângulo de saída	Ângulo do gume	Ângulo de entrada	Ângulo de saída	Ângulo do gume
Alumínio e ligas leves	10°	35°	45°	10°	30°	50°
Duralumínio	8°	20°	62°	6°	15°	69°
Latão	6°	15°	69°	4°	10°	76°
Bronze	6°	0°	84°	4°	0°	86°
Bronze fosforoso	8°	10°	72°	5°	10°	75°
Ferro fundido ( < 200 Brinell )	6°	10°	74°	5°	8°	77°
Ferro fundido ( > 200 Brinell )	6°	5°	79°	4°	5°	81°
Aço macio ( < 50 kgf/mm <sup>2</sup> )	6°	25°	59°	5°	14°	71°
Aço semiduro ( 70 kgf/mm <sup>2</sup> )	6°	10°	74°	4°	10°	76°
Aço duro ( até ou = 120 kgf/mm <sup>2</sup> )	4°	5°	81°	4°	5°	81°

Tabela 1 - Ângulos de afiação.



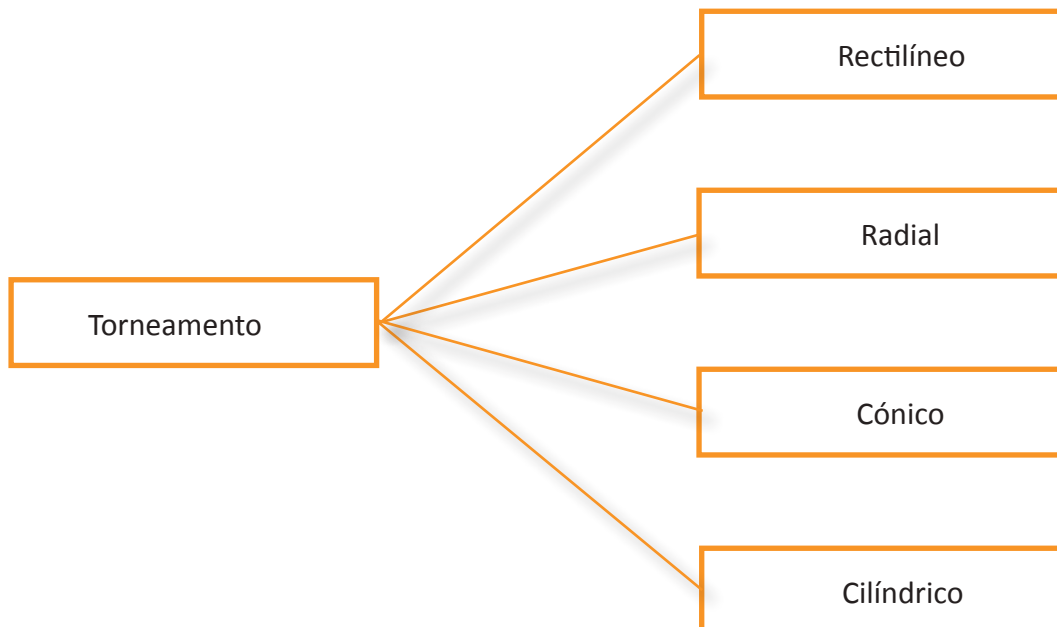
As ferramentas de sangrar no torno são afiadas para que o ângulo de corte tenha a inclinação de  $1^\circ$  em ambos os lados para que o material a cortar se possa libertar pela folga causada com esses ângulos da ferramenta. Os motivos das instruções para as ferramentas de sangrar são os seguintes:

- Eliminar as vibrações prejudiciais nos tornos durante a operação do corte por sangramento;
- Economia da ferramenta de corte devido às quebras, uma vez que as folgas do corte “G”, estão relacionadas com os diâmetros das peças a serem sangradas, e o ângulo frontal evita o engate no final do corte, motivo este pelo qual se quebram as ferramentas na maioria dos casos;
- Fator económico para calcular nas peças o material necessário para o corte.

O torneamento é, assim, uma operação utilizada na obtenção de peças de superfícies de revolução.

A peça gira em torno do eixo principal de rotação da máquina e a ferramenta desloca-se simultaneamente segundo determinadas trajetórias.

As várias modalidades de torneamento incluem (Figura 14):



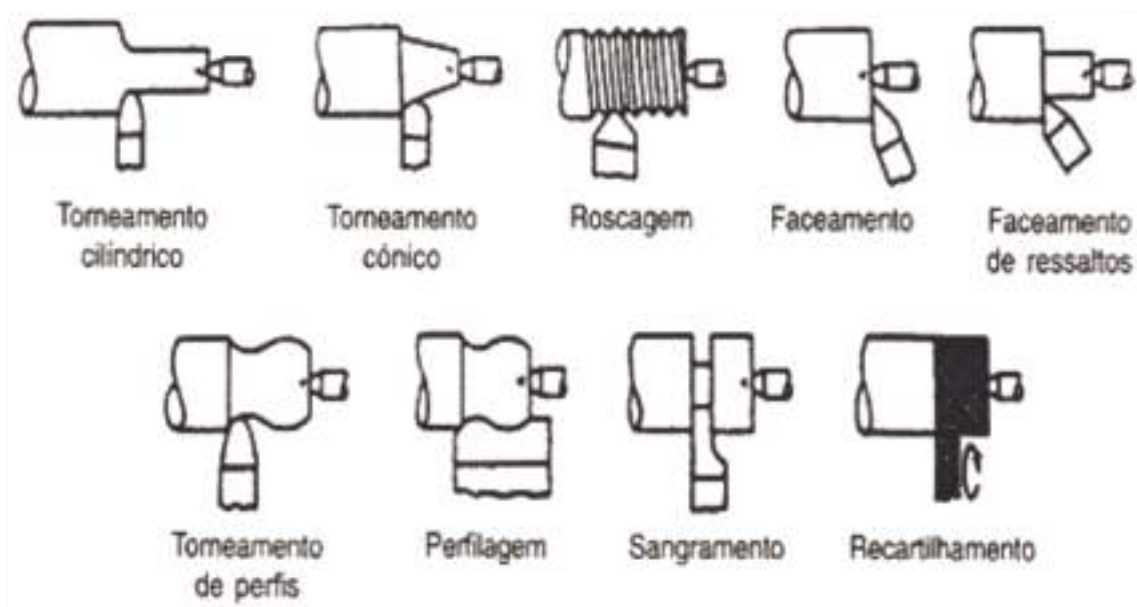


Figura 14 - Principais operações de torneamento.

## OPERAÇÃO DE TORNEAMENTO

As peças metálicas fabricadas pelos processos metalúrgicos convencionais como a fundição e o forjamento apresentam, geralmente, superfícies mais ou menos grosseiras e que, portanto, exigem um determinado acabamento.

Por outro lado, os processos citados nem sempre permitem obter certos pormenores, como é o caso de determinados tipos de saliências ou reentrâncias, furos roscados, furos passantes, etc.

Por outro lado, para alguns tipos de peças os processos de fabricação convencionais não apresentam as melhores condições de custos e produtividade.

O processo de maquinação possibilita atingir esses e outros objetivos:

- Acabamento de superfícies de peças fundidas ou enformadas mecanicamente, de modo a obter-se melhor aspeto superficial e dimensões mais precisas, de acordo com as especificações de fabricação e com a sua utilização;
- Obtenção de pormenores impossíveis de conseguir pelos processos convencionais;
- Fabricação em série de peças, a um custo mais baixo;
- Fabricação de uma ou poucas peças, praticamente de qualquer forma, a partir de um bloco de material metálico.



O número de operações de maquinação é muito grande, assim como é grande a variedade de máquinas-ferramentas e ferramentas de corte disponíveis. Este manual aborda fundamentalmente as operações e processos de torneamento básicos.

Como já vimos anteriormente, o torneamento ou operação de torneiar é uma operação especialmente adaptada para a preparação de peças com a forma de sólidos de revolução. A operação toma este nome por se realizar em máquinas-ferramentas designadas por tornos, cuja característica fundamental é imprimirem à peça um movimento de rotação contra a ferramenta de corte. A operação de torneiar é uma operação de corte com levantamento de aparas em que a peça é animada de um movimento de rotação contínuo contra a ferramenta de corte que, assim, arranca o material.

Para que, terminada uma rotação da peça, se apresente mais material em frente da ferramenta para cortar, a ferramenta desloca-se de modo a colocar-se em frente a novo material. A ferramenta de corte tem outro movimento para que, arrancada uma capa de material, possa arrancar-se nova capa, se necessário.

Os movimentos de corte e de avanço realizam-se simultaneamente, resultando num movimento relativo helicoidal em que a ferramenta arranca uma apanha contínua.

Embora a operação de **torneamento cilíndrico** seja a mais comum, existem outras também importantes, como é o caso do **facejamento**.

Nesta operação, o movimento de avanço realiza-se numa direção normal ao eixo da peça, o que a distingue da operação de cilindrar em que o movimento de avanço se realiza paralelamente ao eixo da peça. Em qualquer dos casos, os movimentos de avanço e corte realizam-se simultaneamente, produzindo-se uma apanha contínua.

Quanto à caixa de velocidades de um torno, nesta trabalham vários jogos de rodas dentadas intermédias com as quais se pode estabelecer um escalonamento de velocidades. De uma forma geral, um veio é acionado por um motor elétrico diretamente acoplado e as mudanças de velocidade são efetuadas com a máquina parada. Por intermédio de uma alavanca, combinada com outra alavanca que comanda uma embraiagem, pode fazer-se o engrenho pretendido.

Dum modo geral, em todas as operações vulgares de torneamento, o deslocamento longitudinal do carro porta-ferramenta faz-se da direita para a esquerda. Há, no entanto, trabalhos que exigem o deslocamento em sentido contrário, que se consegue invertendo



a rotação da vara ou do fuso, através de um dispositivo designado por **inversor de marcha**.

Os trabalhos de torneamento não dependem apenas do número de rotações da árvore mas também do avanço que pode efetuar-se manualmente ou por intermédio da **vara**. Igualmente, as mudanças de passo (para trabalhos de roscagem no torno) são realizadas por intermédio da transmissão do movimento ao **fuso** conforme o passo de rosca a abrir. Um veio recebe movimento da árvore do torno por meio da engrenagem intermédia que faz girar em sentido contrário o veio das rodas e, conseqüentemente, o fuso, possibilitando a fabricação de roscas direitas ou esquerdas.

A caixa de velocidades mais corrente nos tornos é o tipo Norton sendo, por isso, normalmente designada **Caixa Norton** e encontra-se situada no lado esquerdo da bancada do torno.

Esse dispositivo é constituído por um carroto móvel que pode engrenar sucessivamente com diversas rodas de diferentes números de dentes. O número de voltas transmitido é variável e pode tornar-se apropriado ao avanço conveniente (acionamento da vara) ou ao passo de rosca desejado (acionamento do fuso).

O **carro porta-ferramentas** é a parte do torno que se desloca ao longo do barramento. Tem como função segurar as ferramentas de corte e tem três tipos de movimentos (longitudinal, transversal e angular), proporcionando os movimentos de avanço e penetração. Para facultar estes e outros movimentos à ferramenta o carro é constituído por:

- **carro principal** no qual se localizam os órgãos dos movimentos de avanço e penetração e que trabalha perfeitamente ajustado nas guias do barramento;
- **carro transversal** que trabalha em guias prismáticas executadas no carro principal e que permite o movimento da ferramenta de corte no sentido transversal (perpendicular às guias do barramento)
- **carro superior**, mais conhecido por **espera**, onde se fixa a ferramenta de corte e que se desloca em guias estabelecidas no carro transversal permitindo o deslocamento longitudinal reduzido e comandado por um manípulo.

O deslocamento **angular** é dado pela espera que assenta numa plataforma circular graduada, movendo-se em torno do seu eixo. O ajustamento destes carros deve ser



bastante preciso para permitir o seu deslocamento sem folgas e garantir um bom acabamento das peças. O comando dos movimentos dos carros **principal** e **transversal** é manual ou mecânico ao passo que a **espera** é geralmente comandada manualmente. Assim, o carro é comandado pela **vara** ou pelo **fuso** conforme o trabalho a ser realizado. Na abertura de roscas, para evitar que a ferramenta de corte saia fora dos filetes, existe do lado direito fixo ao carro um **indicador rotativo** que recebe movimento do fuso.

O arranjo em engrenagens das **caixas dos carros** dos tornos mecânicos difere bastante de construtor para construtor e, até de tipo para tipo de torno. A **caixa** pode ser movida por manivela que aciona o veio com a roda dentada em engrenagem na **cremalheira** inferior da aba do barramento.

O acionamento automático da espera transversal é dado a partir da vara onde esta enfia num carreto cónico que engrena numa roda de coroa. Uma alavanca permite engrenar ou desengrenar o fuso principal na **porca de meia-lua**. Solta a caixa da cremalheira, desligado da caixa de velocidades o acionamento da vara e engrenada a porca de meia-lua, o carro passa a ser acionado pelo fuso.

No lado direito do torno, existe o **cabeçote móvel** que se pode deslocar ao longo das guias do barramento e serve para operações de furação no torno e para fixar o ponto segurando a peça entre pontos ou outras ferramentas para trabalhos especiais. Além disso, o cabeçote móvel deve poder deslocar-se no sentido perpendicular ao seu eixo a fim de permitir o torneamento cónico. O cabeçote móvel é constituído por um monobloco com uma manga que tem um encabadouro cónico em que se adapta o ponto e que se pode deslocar no seu corpo por meio de um veio roscado comandado por um volante. Para fixar o ponto há uma alavanca ou manípulo de fixação que aperta a manga e para fixar o cabeçote em qualquer ponto do barramento existe também uma alavanca ou manípulo de fixação que aciona um parafuso que aperta o cabeçote nas guias do barramento.





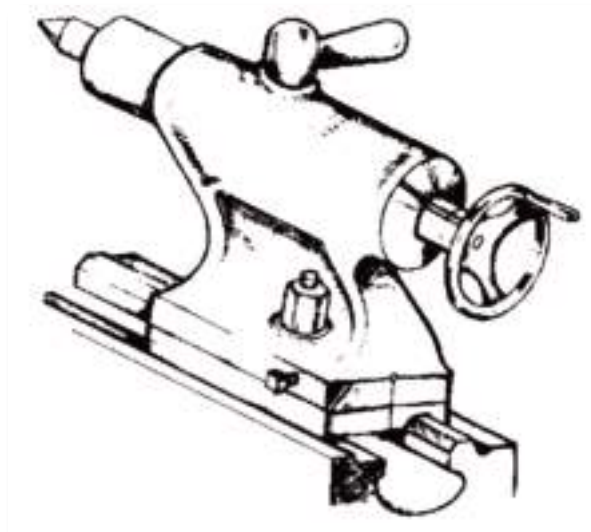
# EXERCÍCIOS TEÓRICOS

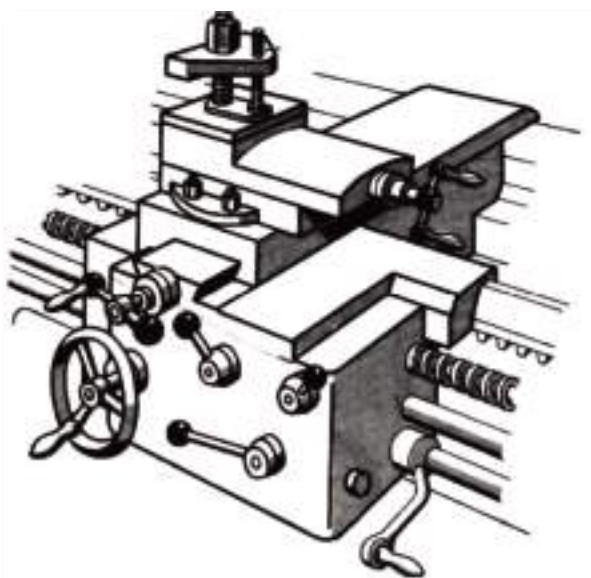
**EXERCÍCIO 1.** Quais as principais diferenças entre os tornos convencionais e os tornos CNC?

**EXERCÍCIO 2.** Identifique nas figuras o torno mecânico paralelo e o torno CNC.

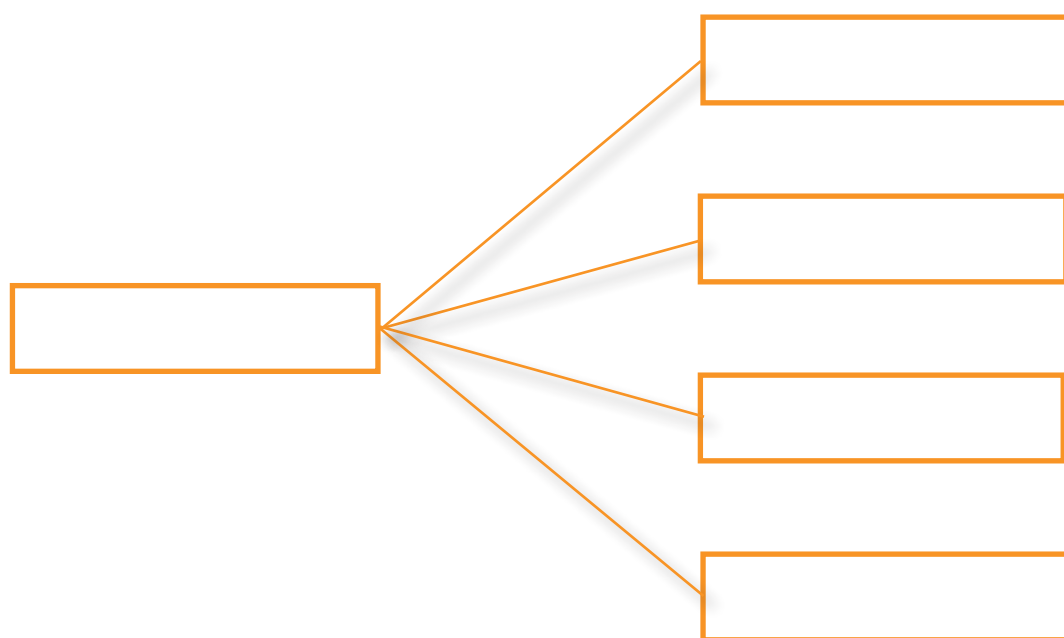


**EXERCÍCIO 3.** Identifique as seguintes ferramentas e acessórios.





**EXERCÍCIO 4.** Complete o quadro dizendo os vários tipos de torneamento que existem.



# FRESAMENTO

As peças metálicas fabricadas pelos processos metalúrgicos convencionais como fundição e forjamento apresentam, geralmente, superfícies mais ou menos grosseiras que exigem um determinado acabamento. Por outro lado, os processos citados nem sempre permitem obter certos pormenores, como determinados tipos de saliências ou reentrâncias, furos roscados, furos passantes, etc.

Para alguns tipos de peças, os processos de fabricação convencionais não apresentam as melhores condições de custos e produtividade. O processo de maquinação possibilita atingir esses e outros objetivos que podem ser assim resumidos:

- Acabamento de superfícies de peças fundidas ou enformadas mecanicamente, de modo a obter-se melhor aspeto superficial e dimensões mais precisas, de acordo com as especificações de fabricação e com a sua utilização;
- Obtenção de pormenores impossíveis de conseguir pelos processos convencionais;
- Fabricação em série de peças, a um custo mais baixo;
- Fabricação de uma ou poucas peças, praticamente de qualquer forma, a partir de um bloco de material metálico.

O número de operações de maquinação é muito grande, assim como é grande a variedade de máquinas-ferramenta e ferramentas de corte disponíveis.

## TIPOS DE FRESADORAS

Para a realização dos inúmeros trabalhos que se podem realizar com as fresadoras, constroem-se vários tipos de máquinas que podemos englobar nos seguintes grupos:

- Fresadoras Horizontais;
- Fresadoras Verticais;
- Fresadoras Universais.



### Fresadoras Horizontais

Este tipo de fresadoras são caracterizadas pelo facto de o veio porta-fresas ser montado em posição horizontal, conforme mostra a Figura 1.

Têm a mesa porta-objetos com movimento vertical e longitudinal. Pode também a mesa ter movimento transversal. Utilizam-se estas máquinas-ferramenta para trabalhos de aplainamento, ranhuras, rasgos, rodas dentadas, etc.

Este tipo de fresadoras são caracterizadas pelo facto de o veio porta-fresas ser montado em posição vertical, conforme demonstra a figura 2.

A mesa porta-objetos tem os movimentos vertical e longitudinal, podendo também ter o movimento transversal como a fresadora horizontal.

Prestam-se estas máquinas-ferramenta para trabalhos de aplainamento, ranhuras, rasgos perfilados, retificação ou mandrilagem de furos e outros trabalhos semelhantes.

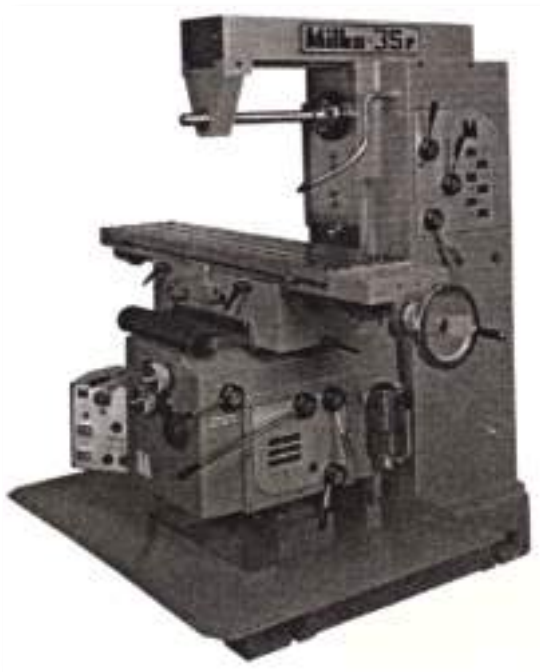


Figura 1 - Fresadora horizontal.

### Fresadoras Verticais

Estas máquinas-ferramenta são geralmente utilizadas nos trabalhos específicos de moldes e cunhos e cortantes, motivo pelo qual geralmente são conhecidas por fresadoras ferramenteiras.

### Fresadoras Universais

Estas fresadoras podem ser do tipo horizontal ou vertical. O que as caracteriza é o facto da mesa porta-objetos ter, além dos movimentos vertical, longitudinal e transversal, mais um movimento



Figura 2 - Fresadora vertical.



de rotação resultante da ligação à mesa-suporte ser realizado por intermédio de um disco giratório, graduado, que permite variar o ângulo de posição da peça em relação ao eixo da ferramenta de corte (fresa), conforme mostra a Figura 3.

A cabeça porta-ferramentas é amovível assim como também pode ser adaptado um escatelador.

Veremos que a designação de fresadora universal se aplica, hoje, com outro sentido.

As fresadoras são máquinas-ferramenta que executam um trabalho no qual a ferramenta de corte (fresa) de arestas cortantes dispostas simetricamente em redor de um eixo, gira com movimento uniforme, arrancando a apar.

A operação de fresamento é uma operação caracterizada por o arranque da apar ser realizado por ação de uma ferramenta especial chamada fresa animada de um movimento de rotação contínuo.

A fresa é uma ferramenta múltipla, (conforme pormenor que a figura abaixo representa), constituída por um cilindro, na superfície do qual se abrem vários dentes com a forma do nariz duma ferramenta simples.

Por virtude do movimento de rotação da ferramenta, conjugado com o movimento de translação da peça, resulta o arranque do material que vai surgindo na frente dos cortes da ferramenta.

O movimento de rotação da fresa constitui o movimento principal ou de corte; o movimento da peça constitui o movimento de avanço; o movimento de penetração é constituído pelo movimento que a peça ou a fresa realizam para retirar a apar do material.

Uma das principais vantagens desta operação é o facto de ser praticamente contínua e, no entanto, os vários cortes da ferramenta trabalham apenas durante um período relativamente curto, restando outro período para arrefecimento. Deste modo, é possível



Figura 3 - Fresadora universal.



trabalhar com maiores velocidades de corte e, portanto, conseguir maior rendimento. Se bem que os diversos dentes da fresa não trabalhem continuamente, a operação pode considerar-se contínua, pois quando um gume está a terminar o arranque de uma peça, já outro ou outros, segundo o passo dos dentes da fresa, estão a iniciar o corte. Além disso, em muitas fresas, os gumes são helicoidais e, neste caso, o arranque da peça sucede-se continuamente.

O facto do arranque ser contínuo tem interesse não só para o comportamento do material da ferramenta como também para o motor e órgãos de acionamento.

Pela operação de fresamento pode realizar-se uma grande quantidade de trabalhos de aplainamento, rasgos, perfis, etc. Nestes trabalhos, a fresa pode actuar fundamentalmente por dois processos:

- Fresado cilíndrico;
- Fresado frontal.

No **fresamento cilíndrico** (Figura 4), a fresa tem apenas cortes na periferia do cilindro. A ação desta na peça é intermitente e a superfície de trabalho fica levemente ondulada.

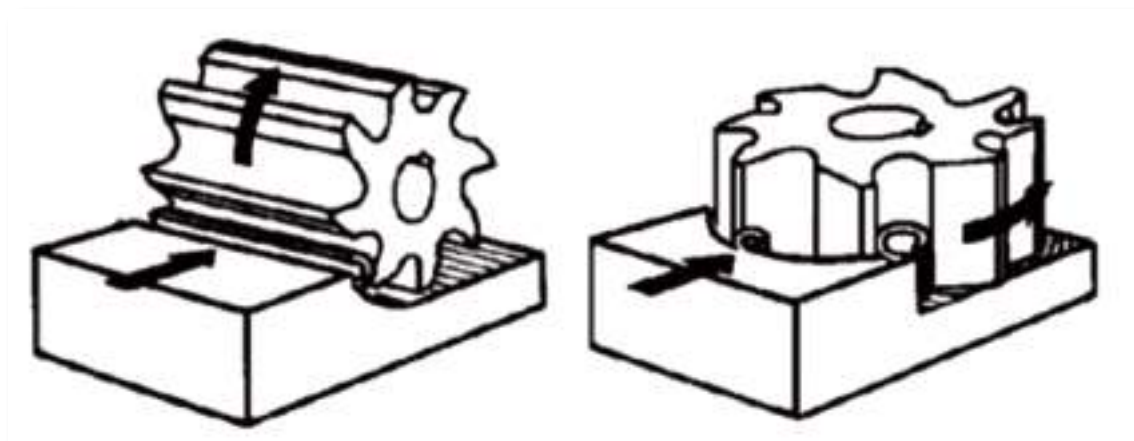


Figura 4 - Fresamento cilíndrico e frontal.

No **fresamento frontal** (Figura 5), a fresa tem cortes na periferia e na base da frente. A fresa corta pela periferia e pela base, ficando a superfície de trabalho sem ondulação. Quanto ao movimento da peça, em relação ao movimento da fresa, podem ser opostos ou na mesma direção.

O que se utiliza, quase exclusivamente, é o oposto (Figura 5), neste caso, cada gume aumenta progressivamente o esforço, mas há um certo atrito do gume contra a superfície



trabalhada, antes de iniciar o corte e, além disso, o arranque da apara produz a força  $F$  que tende a elevar a peça.

No movimento de direções paralelas (Figura 5), o gume alcança logo a secção máxima da apara, o que produz mais trepidação.

No entanto, não há atrito contra a superfície trabalhada e a força  $F$  de arranque da apara tende a apertar a peça contra a mesa de fixação.

Este processo está indicado para peças de pouca espessura, no entanto, é preciso muito cuidado pois só se pode aplicar com máquinas muito bem ajustadas, de contrário, corre-se o risco de encravar a fresa e estragar esta e também a peça, quando não sofra também a máquina.



Figura 5 - Fresamento a favor e contra o material.

## FRESAS

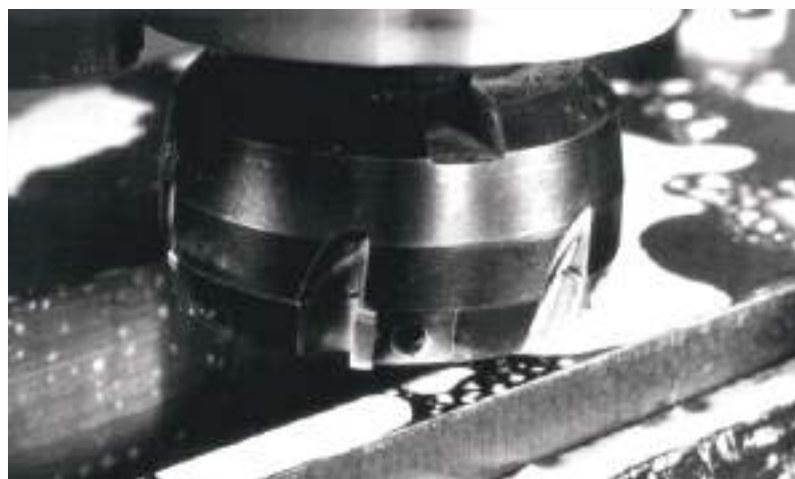


Figura 6 - Fresa.

Na fresagem, usa-se uma ferramenta multicortante chamada de **fresa** que retira aparas por meio de movimentos circulares enquanto a peça se desloca com movimentos retilíneos.



Para cortar o material, os dentes da fresa têm forma de cunha que apresentam os seguintes ângulos (Figura 7):

- ângulo de saída -  $\gamma$
- ângulo de cunha  $\beta$
- ângulo de folga  $\alpha$

O ângulo de cunha ( $\beta$ ) é aquele que dá à ferramenta maior ou menor resistência à quebra. Isso significa que, quanto maior é o ângulo de cunha mais resistente é a fresa.

De acordo com o ângulo de cunha ( $\beta$ ), as fresas são classificadas em W, N e H.

A escolha do ângulo adequado está relacionada com o material e o tipo de peça a ser maquinada. Assim, para materiais não-ferrosos de baixa dureza, como o alumínio, o bronze, o plástico, etc., as fresas do tipo W são empregadas por terem um ângulo de cunha menor ( $\beta = 57^\circ$ ).

Para o fresamento de materiais de dureza média, como aço até  $700 \text{ N/mm}^2$ , empregam-se as fresas do tipo N, que têm um ângulo de cunha de valor médio ( $\beta = 73^\circ$ ).

Finalmente, para fresar materiais duros e quebradiços e aços com mais de  $700 \text{ N/mm}^2$ , emprega-se a fresa do tipo H, que têm um ângulo  $\beta = 81^\circ$ .

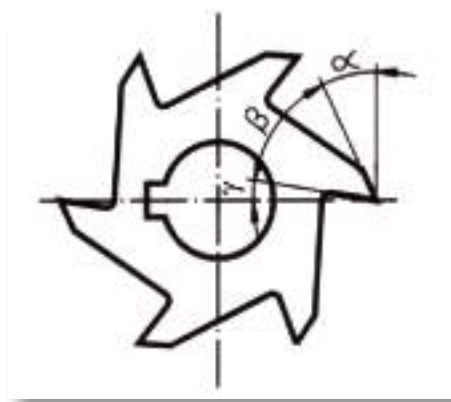


Figura 7 - Ângulos de uma fresa.

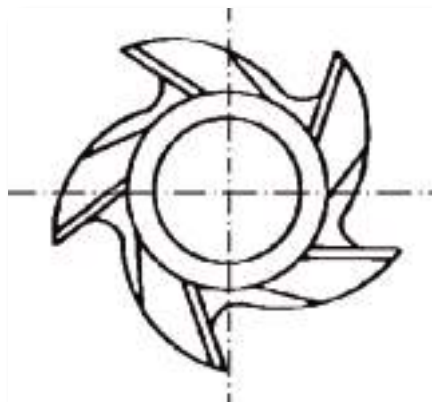


Figura 8 - Ângulo de cunha  $\beta = 57^\circ$ .

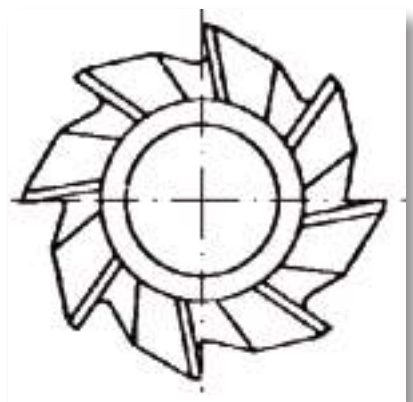


Figura 9 - Ângulo de cunha  $\beta = 73^\circ$ .





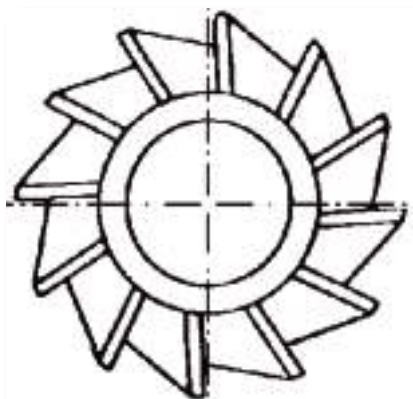


Figura 10 - Ângulo de cunha  $\beta = 81^\circ$ .

Quanto à disposição dos dentes na ferramenta, estes podem estar paralelos ao eixo da fresa ou possuir formato helicoidal (Figura 11). As fresas de dentes retos apresentam um rendimento de corte reduzido devido à dificuldade de libertação da rebarba. As fresas de dentes helicoidais eliminam as rebarbas lateralmente e trabalham mais suavemente, já que quando um dente está saindo do material o outro está a começar a cortar (Figura 12). Nas fresas helicoidais, os dentes podem cortar à direita ou à esquerda.

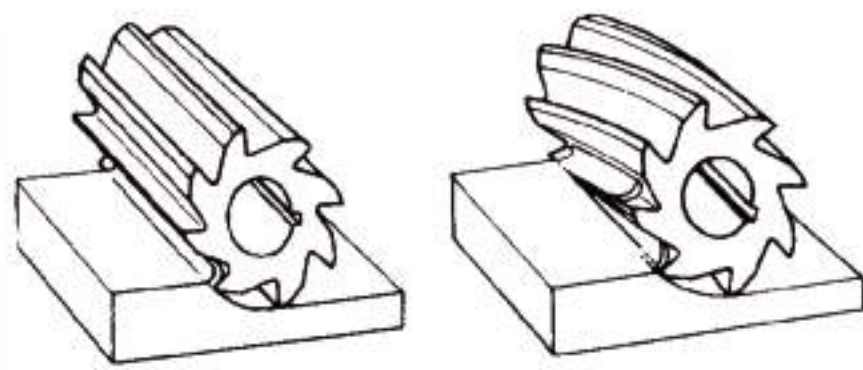


Figura 11 -  
Disposição dos  
dentes das  
fresas.

Figura 12 - Fresa de dentes  
helicoidais.



### *Tipos de Fresas*

Existem muitos tipos de fresas classificadas de acordo com critérios como operações que realizam, formato e disposição dos dentes. Assim, temos:



### Fresas Planas

São fresas usadas na maquinação de superfícies planas, na abertura de rasgos e canais.

As ilustrações a seguir mostram fresas planas.

- Fresa cilíndrica tangencial (Figura 13);
- Fresa de topo para mandril com chaveta transversal e longitudinal (Figura 14);
- Fresa circular de corte de três lados e dentes retos (Figura 15);
- Fresa circular de corte de três lados e dentes alternados (Figura 16).



Figura 13 - Fresa cilíndrica tangencial.



Figura 14 - Fresa de topo para mandril com chaveta transversal e longitudinal.



Figura 15 - Fresa circular de corte de três lados e dentes retos.



Figura 16 - Fresa circular de corte de três lados e dentes alternados.



### Fresas para Rasgos

São fresas usadas na abertura de rasgos de chaveta, ranhuras retas ou em perfil em T, como as das mesas de máquinas-ferramenta (fresadoras, furadoras, plainas):

- Fresa de topo de haste reta (Figura 17);
- Fresa de topo de haste cônica (Figura 18);
- Fresa para ranhura em T ou Woodruff de haste reta (Figura 19);
- Fresa para ranhura em T ou Woodruff de haste cônica (Figura 20).



*Figura 17 - Fresa de topo de haste reta.*



*Figura 18 - Fresa de topo de haste cônica.*



*Figura 19 - Fresa para ranhura em T ou Woodruff de haste reta.*



*Figura 20 - Fresa para ranhura em T ou Woodruff de haste cônica.*



### Fresas Angulares

São fresas usadas na maquinação de perfis em ângulo, como encaixes do tipo rabo-de-andorinha:

- Fresa angular para rasgos retos (Figura 21);
- Fresa de ângulo duplo (Figura 22).



Figura 21 - Fresa angular para rasgos retos.



Figura 22 - Fresa de ângulo duplo.

### Fresas de Perfil Constante

São fresas usadas para abrir canais, superfícies côncavas e convexas e gerar dentes de engrenagens.

- Fresa angular com haste cilíndrica (Figura 22);
- Fresa de perfil constante para rasgos e canais (Figura 23);
- Fresa de perfil constante semicircular convexa (Figura 24);
- Fresa de perfil constante semicircular côncava (Figura 25);
- Fresa módulo (Figura 26);
- Fresa caracol (Figura 27).

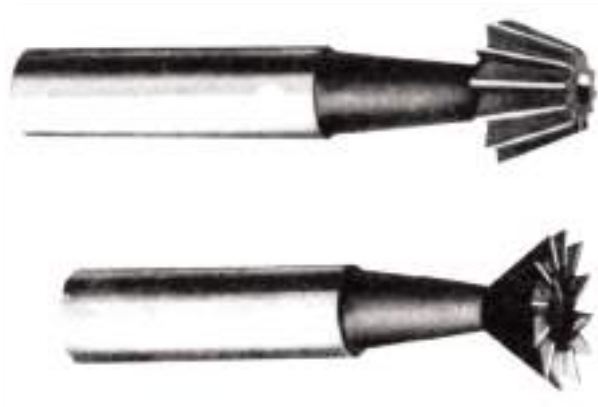


Figura 22 - Fresa angular com haste cilíndrica.





*Figura 23 - Fresa de perfil constante para rasgos e canais.*



*Figura 24 - Fresa de perfil constante semi-circular convexa.*



*Figura 25 - Fresa de perfil constante semicircular cônica.*



*Figura 26 - Fresa módulo.*





Figura 27 - Fresa caracol.

### Fresas de Dentes Postiços

As fresas de dentes postiços (ou cabeçote para fresar) possuem dentes postiços de metal duro (Figura 28).

As pastilhas de metal duro possuem um formato geométrico que proporciona a troca das arestas de corte numa mesma pastilha. Isso possibilita o aumento da produtividade devido à diminuição de paragem da máquina para afiações. Os cabeçotes para fresar são dotados de dispositivos para a fixação rápida da pastilha que pode ser por molas, grampos, parafusos e pinos ou garras.

Na primeira montagem das pastilhas, estas devem ser calibradas para que um bom acabamento seja obtido.

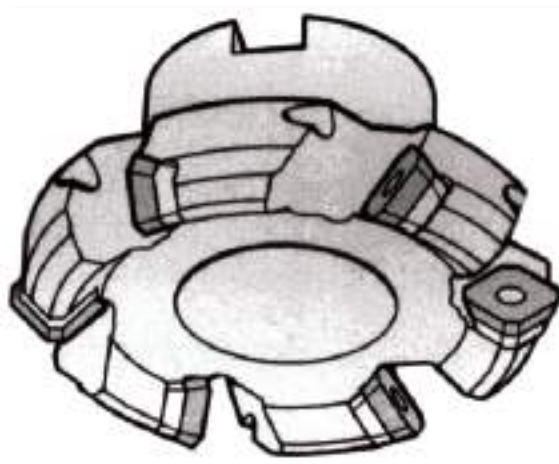


Figura 28 - Fresa de dentes postiços.

### Fixação da Fresa

A fresa deve trabalhar concentricamente em relação ao eixo-árvore da máquina-ferramenta. Quando isso não acontece, as navalhas ou dentes mais salientes da fresa sofrem um desgaste prematuro e um esforço demasiado grande que pode provocar ondulações na superfície da peça e, conseqüentemente, diminuição da produtividade.



A fixação da fresa é feita por meio de mandris e porta-fresas adequadas. Os modos de fixação das fresas também determina as suas variadas denominações, ou seja:

- Fresa de topo com haste paralela, fixada por mandril porta-pinça (Figura 29);
- Fresa de topo com haste cônica; fixada diretamente no eixo árvore com auxílio de mandril cônico com tirante (Figura 30);
- Fresa de topo tipo Chipmaster, com haste cilíndrica e rosca externa fixado por mandril Clarkson (Figura 31);
- Fresa cilíndrica tangencial e fresa circular com chaveta longitudinal, fixado em eixos porta fresa haste longa (Figura 32);
- Fresa cilíndrica frontal e cabeçote para fresa com chaveta transversal (Figura 33).



*Figura 29 - Fresa de topo com haste paralela.*

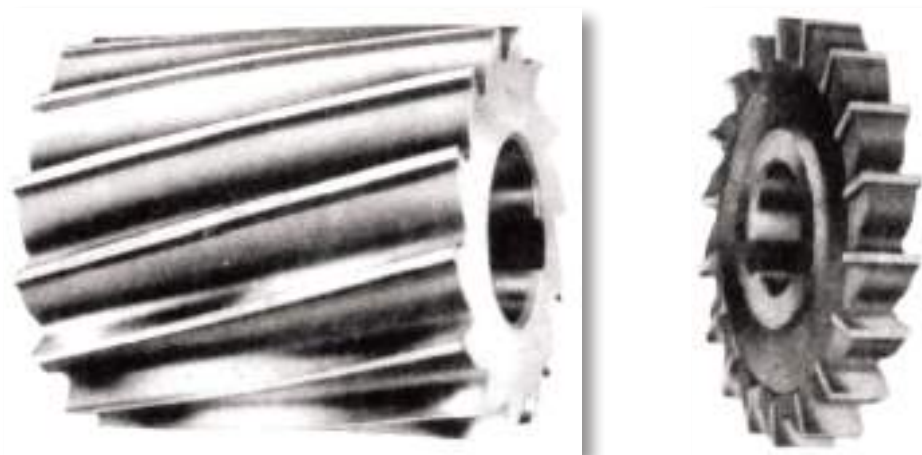


*Figura 30 - Fresa de topo com haste cônica.*



*Figura 31 - Fresa de topo tipo Chipmaster.*





*Figura 32 - Fresa cilíndrica tangencial e fresa circular com chaveta longitudinal.*



*Figura 33 - Fresa cilíndrica frontal.*



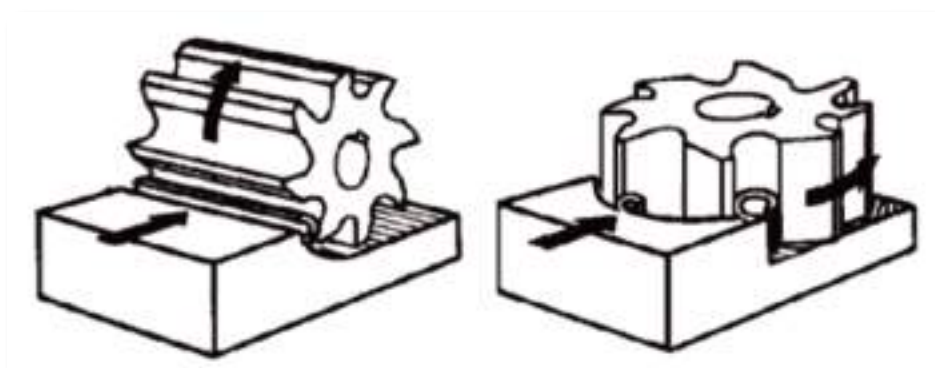


# EXERCÍCIOS TEÓRICOS

**EXERCÍCIO 1.** Enuncie algumas vantagens do fresamento em relação a outros processos de fabrico.

**EXERCÍCIO 2.** Como se classificam as fresadoras?

**EXERCÍCIO 3.** Considere a seguinte figura:

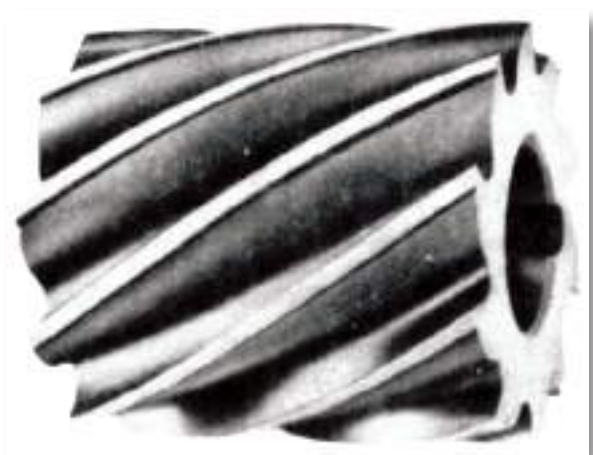


*Figura 1*

*Figura 2*

- Indique qual a figura que corresponde ao fresamento frontal e a que corresponde ao fresamento cilíndrico.
- Enuncie as principais diferenças entre eles.

**EXERCÍCIO 4.** Identifique as figuras que representam fresas.



*Figura 1*





Figura 2

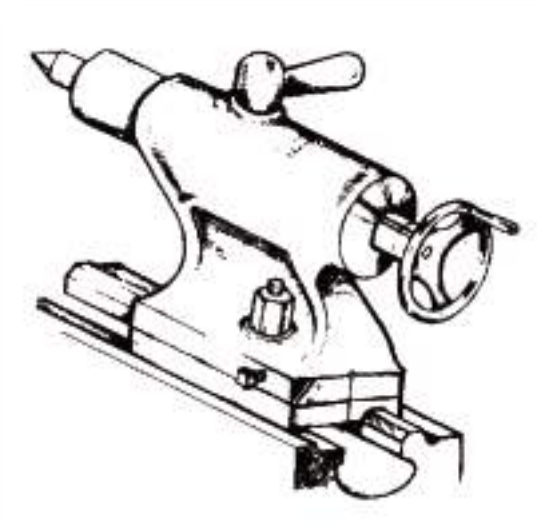


Figura 3



Figura 4



Figura 5



## BIBLIOGRAFIA/OUTROS RECURSOS

CASILLAS, A.L., *Máquinas - Formulário Técnico*, Editora Mestre JOU

SODANO, E., *Manual do Fresador Mecânico*, Coleção Manuais Técnicos - Editorial Presença

SILVA, F. M. Ferreira, *Tecnologia de Serralheiros - Ensino Técnico Profissional*.

Núcleo da Marinha Grande, *Processos - Serragem, Moldes - Projecto Delfim*

JUPSIN, C; ANGENOT, J. *Trabalho De Metais*, Plátano Editora

E.T.A.I. - *Revue Technique Automobile, Outillages Et Tours De Main*

PAULO, Fernando Godinho; RODRIGUES, Fernando E. S. - *Pequeno Manual Escolar De Serralharia Mecânica*, Livraria Escolar Editora

ROCHA, Acácio Teixeira Da, *Tecnologia Mecânica*, Volume III, Coimbra Editora

FACOM - *Catálogo F 96*

SMITH, Dave, *Welding, Skills and Technology*, Mcgrawhill

CEPRA, *Processos de Furação, Mandrilagem e Roscagem*, Coleção Formação Modular Automóvel, IEFP, 2000

SODANO, E., *Manual do torneiro mecânico*, Editorial Presença/Martins Fontes







# Soldadura SER

## Módulo 2

## APRESENTAÇÃO

Pretende-se com este módulo dar aos alunos conhecimentos básicos dos processos de soldadura mais utilizados na indústria, com destaque para o processo SER.

## OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM

Identificar equipamentos e executar técnicas de soldadura SER e conhecer a importância da segurança no posto de soldadura.

## ÂMBITO DOS CONTEÚDOS

- Identificar os elementos essenciais para a execução de uma soldadura.
- Identificar os vários processos de soldadura e fonte de calor para cada processo.
- Identificar os campos de aplicação dos processos de soldadura.
- Distinguir a soldadura heterogénea a autogénea.
- Identificar os símbolos utilizados para representar os processos de soldadura.
- Identificar os tipos de chanfros utilizados na soldadura, bem como a sua importância no processo de união de peças.
- Identificar os tipos de juntas utilizados na soldadura.
- Identificar os tipos de corrente e polaridade que são empregues nas soldaduras elétricas.
- Identificar as posições de soldaduras.
- Descrever as condições necessárias para a execução de uma soldadura.
- Identificar as características mais relevantes das máquinas de soldadura.
- Identificar os equipamentos, acessórios, ferramentas e consumíveis utilizados nos processos de soldadura por arco elétrico com eletrodos revestidos.
- Identificar as técnicas operatórias utilizadas nos processos de soldadura por arco elétrico com eletrodos revestidos.



# SOLDADURA

## *EVOLUÇÃO HISTÓRICA*

Durante quase 3.000 anos, a soldadura foi utilizada na ligação de metais sem se verificar qualquer evolução significativa. Com efeito, desde o século XII AC, altura a que remontam achados arqueológicos entre os quais se encontram exemplos do uso da soldadura à forja e soldadura a estanho, até aos fins do século XIX não se verificaram inovações sensíveis. Em 1881, De Meritens, provavelmente com base em resultados obtidos por Joule em 1880, realizou as primeiras experiências de soldadura por arco elétrico com elétrodo de carvão.

Bernardos, em 1887, patenteia um processo de soldadura por arco elétrico com elérodos de carvão, tendo, pouco tempo depois, Slavianot introduzido uma alteração no processo, substituindo o elétrodo de carvão por um elétrodo metálico.

O americano Cottin regista, em 1889, patentes de novos processos de soldadura por arco elétrico.

Por outro lado, em 1894, Jottreud utiliza a chama oxídrica para soldar e, seguindo o seu exemplo, em 1895, Chatelier utiliza uma chama oxiacetilénica.

São, no entanto, Fouch e Piccard quem, em 1901, desenvolve a soldadura oxigás com maçarico oxiacetilénico.

Somente em 1908, com o aparecimento do elétrodo metálico revestido, inventado pelo sueco Óscar Kjellberg, a soldadura vai ultrapassar muitas das suas limitações elementares, começando a ser utilizada em larga escala.

Posteriormente, por volta dos anos 30, surge o desenvolvimento de métodos de proteção do arco elétrico, dos quais se destacam o fluxo e a proteção gasosa.

Só mais tarde surgem e se desenvolvem os processos de elevada densidade de energia, como o laser e o feixe de eletrões.

Deste modo, tem-se assistido a uma evolução contínua da soldadura, a um ritmo cada vez maior, quer no que diz respeito a processos e equipamentos utilizados e à metalurgia da soldadura, dos metais de base e dos metais de adição, quer no que se refere às técnicas e meios de controlo.



## CLASSIFICAÇÃO DOS PROCESSOS DE SOLDADURA

Os processos de soldadura podem ser divididos em três classes fundamentais, em função do tipo de interação que, por sua vez, depende do estado em que se encontram os metais de base a soldar e os metais de adição, se os houver, na altura em que ocorre a ligação.

Assim, temos:



A subclassificação dos processos de soldadura e brasagem é feita com base nos seguintes critérios:

- Tipo de fonte de energia usada;
- Modo como é obtido o calor necessário;
- Tipo de ação mecânica;
- Tipo de proteção.

No quadro apresentado, destacam-se as áreas de aplicação dos **processos de soldadura** mais utilizados.





PROCESSOS DE SOLDADURA		PROCESSO DE LIGAÇÃO																						
MATERIAL	ESPESSURA	SOLDADURA										BRASAGEM												
		S	M	G	F	C	T	P	E	E	R	O	D	F	E	L	T	F	I	R	D	I	D	
		W	A	A	A	A	A	A	S	G	W	W	W	W	W	W	W	W	W	B	B	B	B	B
AÇO CARBONO	P	X	X	X	X	X					X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	I	X	X	X	X	X					X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	M	X	X	X	X	X					X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	G	X	X	X	X	X				X		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
AÇOS DE BAIXA LIGA	P	X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	I	X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	M	X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	G	X	X	X	X	X				X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
AÇO INOX	P	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	I	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	M	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	G	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
FERRO FUNDIDO	I	X															X	X	X			X	X	
	M	X	X	X	X												X	X	X			X	X	
	G	X	X	X	X												X	X	X			X	X	
NÍQUEL E LIGAS	P	X				X	X				X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	I	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	M	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	G	X						X			X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
ALUMÍNIO E LIGAS	P	X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	I	X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	M	X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	G	X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
TITÂNIO E LIGAS	P			X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	I			X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	M			X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	G			X								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
COBRE E LIGAS	P			X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	I			X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	M			X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	G			X								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MAGNÉSIO E LIGAS	P			X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	I			X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	M			X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	G			X								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
LIGAS REFLECTÁRIAS	P			X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	I			X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	M			X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

- W - SOLDADURA
  - SMAW - ELECTRODO REVESTIDO
  - SAW - ARCO SUBMERSO
  - GMAW - MIG / MAG
  - FCAW - MAG / FLUXADOS
  - GTAW - TIG
  - PAW - PLASMA
  - ESW - ELECTROESCÓRIA
  - EGW - ELECTRO-GÁS
  - RW - RESISTÊNCIA
  - FW - FAISCAMENTO
  - OFW - GÁS OXIACETILÉNICO
  - DFW - DIFUSÃO
  - FRW - FRICÇÃO
  - EBW - FEIXE DE ELECTRÕES
  - LBW - FEIXE LASER
  - B - BRASAGEM
  - TB - TOCHA
  - FB - FORNO
  - IB - INDUÇÃO
  - RB - RESISTÊNCIA
  - DB - BRASAGEM FORTE
  - IRB - INFRA-VERMELHO
  - DFB - DIFUSÃO
  - SB - SOLDOBRASAGEM
- ESPESSURA**
- P - PEQUENA (até 3 mm)
  - I - INTERMÉDIA (3 a 6 mm)
  - M - MÉDIA (6 a 19 mm)
  - G - GRANDE (maior de 19 mm)
  - X - PROCESSO COMERCIAL

Tabela 1 - Processos de Soldadura mais utilizados.

### Soldadura por Fusão

A soldadura por fusão engloba todos os processos, nomeadamente no que diz respeito à fusão dos materiais a soldar, quer os materiais de base, quer os materiais de adição, caso existam, essenciais para a efetiva realização da soldadura.

Os processos de soldadura por arco elétrico são, sem dúvida, os processos mais importantes de **soldadura por fusão**.

Há, pelo menos, 35 processos de soldadura com diferentes variantes e, na maioria dos casos, utiliza-se calor para fundir o metal de forma a criar a ligação entre as partes a ser soldadas, as quais solidificam ao ser-lhes retirada a fonte de calor.



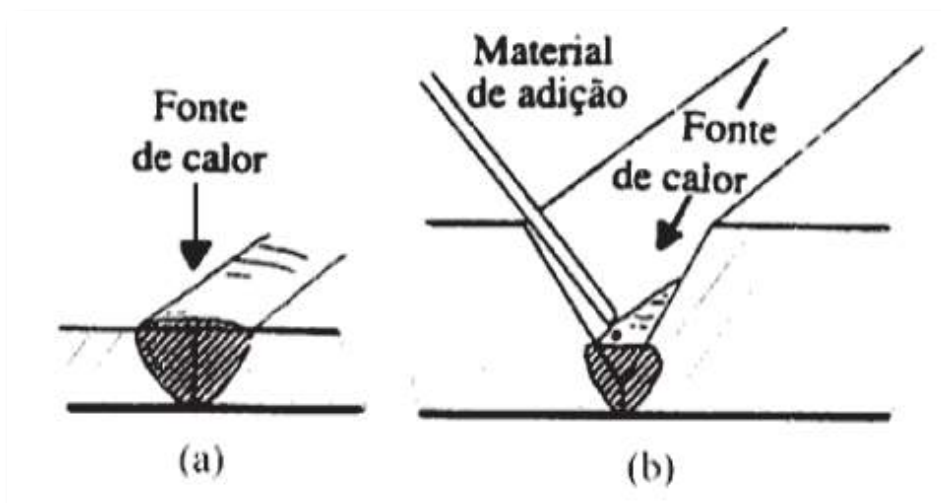


Figura 1 - Processo de soldadura.

A Figura 1 mostra que o metal fundido pode provir unicamente das peças a soldar, quando estas são de pequena espessura (Figura 1 (a)) ou pode incluir material proveniente de um fio-eléctrodo, quando se soldam chapas espessas com os bordos preparados, o chamado **chanfro** (Figura 1 (b)).

O calor para fundir o metal da junta pode ser fornecido por uma diversidade de fontes de calor, como é o caso do arco em eléctrodo de carvão, a chama oxiacetilénica, o arco protegido por fluxo, o arco protegido por gás, o feixe de electrões ou o feixe laser. Em todos estes casos, parte da peça da zona de junta é metal que funde. A este processo dá-se o nome de **Soldadura por Fusão**.

Na Tabela 2 são indicados os processos de soldadura por fusão.



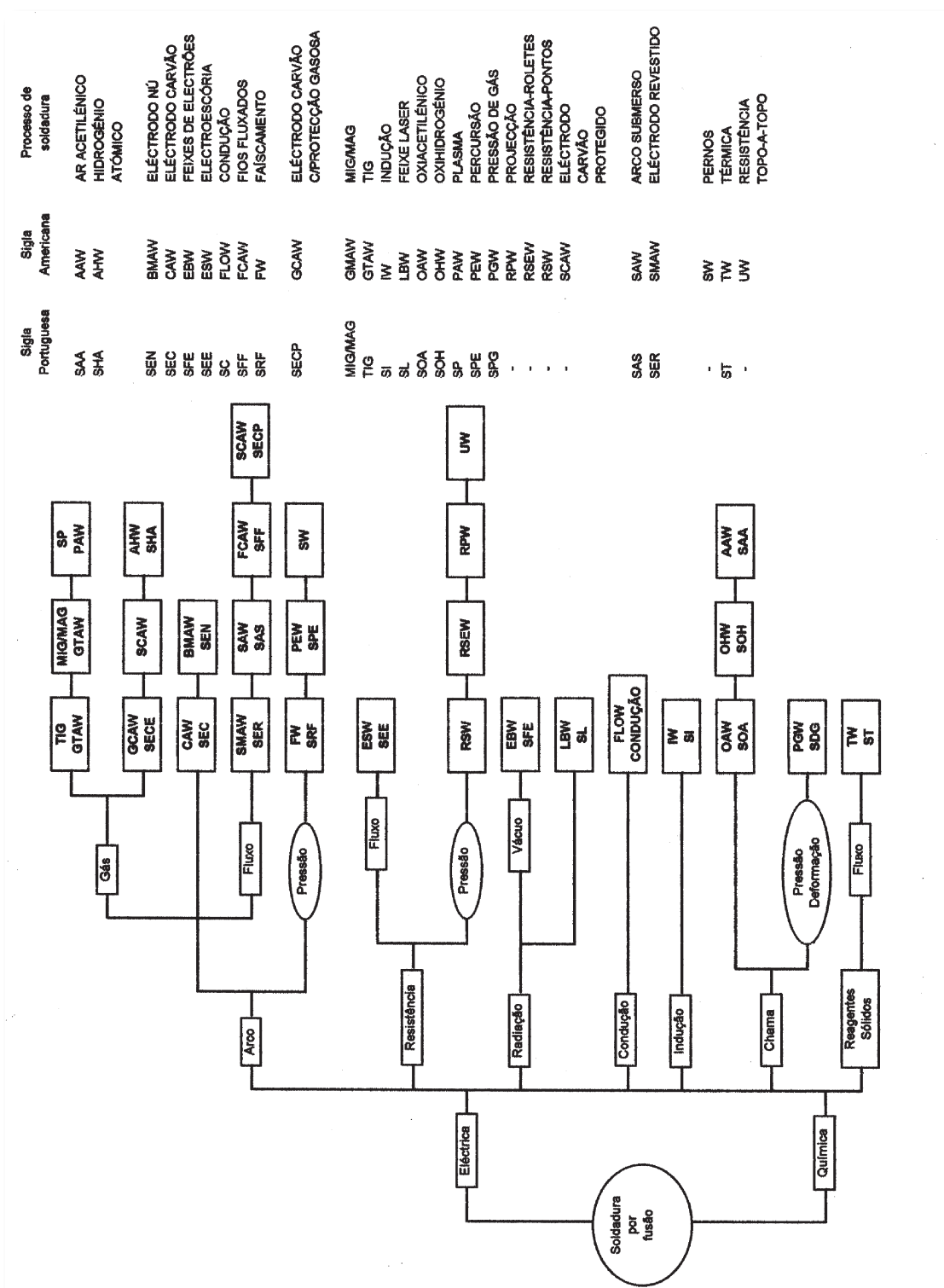


Tabela 2 - Processos de soldadura por fusão.

### Soldadura no Estado Sólido

A soldadura no estado sólido integra os processos de soldadura nos quais a ligação das peças ocorre a temperaturas inferiores à temperatura de fusão dos materiais de base, em alguns casos, perto da temperatura ambiente e sem recurso a material de adição.



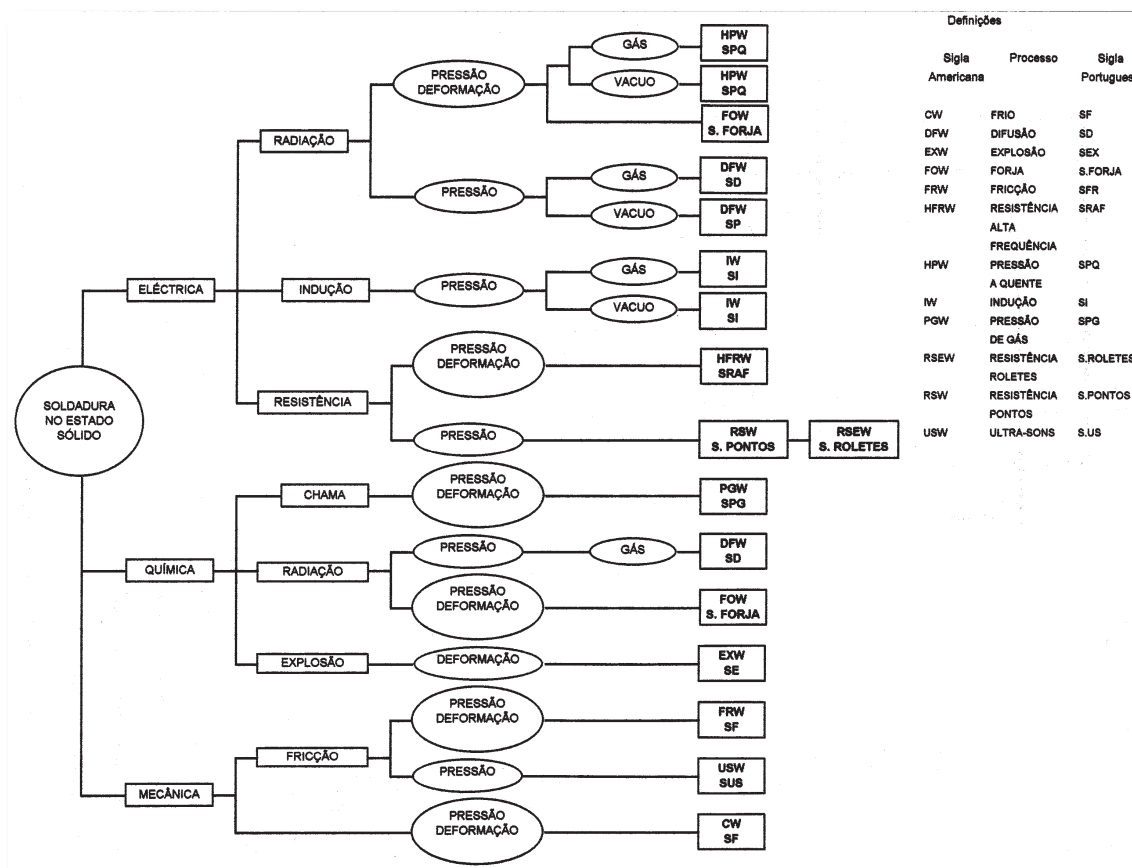


Tabela 3 - Classificação dos processos de soldadura no estado sólido.

### Brasagem e Soldobrasagem

A brasagem e a soldobrasagem englobam os processos de soldadura em que a ligação sem fusão dos metais base é conseguida através da utilização de um material de adição, com ponto de fusão sempre inferior ao material base.

**Brasagem:** o material de adição é introduzido na junta por capilaridade, devendo, por isso, estar perfeitamente isenta de óxidos e sujidades.

A temperatura de fusão do material é variável consoante o tipo de liga usada, de 800°C a 650°C (solda forte) e inferior a 450°C até 180°C (solda fraca).

**Soldobrasagem:** consiste em depositar uma liga, com ponto de fusão entre 600°C até 900°C, numa junta, utilizando uma técnica semelhante à utilizada em soldadura por fusão, em que, no entanto, o material de base funda.



## EXERCÍCIOS TEÓRICOS

**EXERCÍCIO 1.** Os processos de soldadura podem ser divididos em três classes principais.

Preencha o quadro seguinte.



**EXERCÍCIO 2.** Indique se as seguintes afirmações são verdadeiras ou falsas:

- A soldadura por fusão engloba todos os processos de envolvam a fusão dos materiais a soldar;
- Os processos de soldadura por arco elétrico são os mais importantes na soldadura por fusão;
- Existem apenas dois tipos de soldadura por fusão;
- A soldadura no estado sólido integra os processos de soldadura nos quais a ligação das peças ocorre a temperaturas superiores à temperatura de fusão dos materiais de base;
- A soldadura no estado sólido é feita a temperaturas perto da temperatura ambiente e com recurso a material de adição;
- A brasagem e a soldobrasagem englobam os processos de soldadura em que a ligação sem fusão dos metais base é conseguida através da utilização de um material de adição, com ponto de fusão sempre inferior ao material base.



# MÁQUINAS DE SOLDAR

## FONTE DE ENERGIA

As companhias elétricas fornecem corrente alternada de baixa densidade e de alta voltagem, a qual, por sua vez, é adaptada para os usos domésticos e para a maioria dos usos industriais, enquanto que para a soldadura são necessárias altas intensidades (50 a 1500 A) e baixas voltagens (20 a 80 V), tanto em corrente alternada, como em corrente contínua.

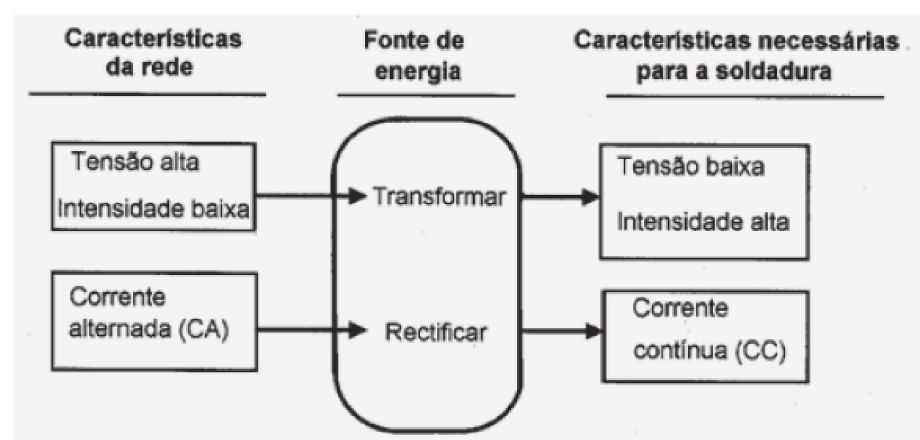


Figura 1 - Funções fundamentais da fonte de energia.

A fonte de energia, vulgarmente, denominada **máquina de soldadura** é o equipamento que se encarrega de transformar e/ou converter a corrente elétrica da rede em outra alternada ou contínua, com tensão e intensidade adequadas para a formação e estabilização do arco elétrico.

## CLASSIFICAÇÃO

Certas características das máquinas de soldadura por arco permitem-nos classificá-las de modo diversificado.

No que diz respeito à saída típica, uma máquina de soldadura pode proporcionar-nos corrente alternada, contínua ou ambas. Também pode fornecer corrente constante ou tensão constante.



Relativamente ao tipo de conceção ou, mais propriamente, quanto ao controlo da corrente de soldadura, os equipamentos são designados como sendo de conceção convencional ou conceção eletrónica.

Em função disto, as máquinas de soldadura podem ser classificadas como:

- **Máquinas de conceção convencional** (transformadores, transformadores retificadores, geradores);
- **Máquinas de regulação eletrónica da potência**, as quais, por sua vez, se dividem nos seguintes subtipos:
  - Máquinas com controlo de fase do tipo SCR (Silicon Control Rectifier);
  - Reguladores série transistorizados;
  - Chopper no secundário (modelação de corrente no secundário);
  - Inversores;
  - Híbridos (com mais do que um dos tipos anteriores).

## MÁQUINAS DE CONCEÇÃO CONVENCIONAL

### Transformadores

Um transformador é um dispositivo que modifica os valores da tensão e intensidade da corrente elétrica alternada da rede.

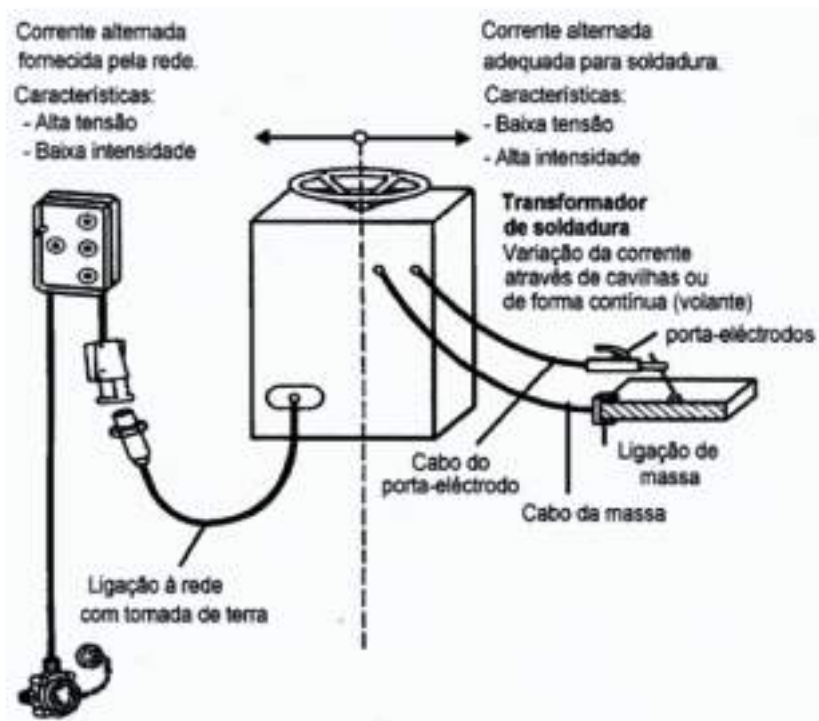


Figura 2 - Transformador de soldadura.



Um transformador é formado por um núcleo de ferro (também denominado “núcleo magnético”) que possui dois cabos condutores enrolados, formando duas bobinas. A primeira bobina (chamada primária) liga-se à corrente alternada da rede e a segunda bobina (chamada secundária) liga-se ao porta-eléctrodo e à peça. Todo o interior está envolto por uma carcaça que tem uns bornes para a ligação dos cabos de soldar, junto com um sistema de regulação da corrente e indicadores.

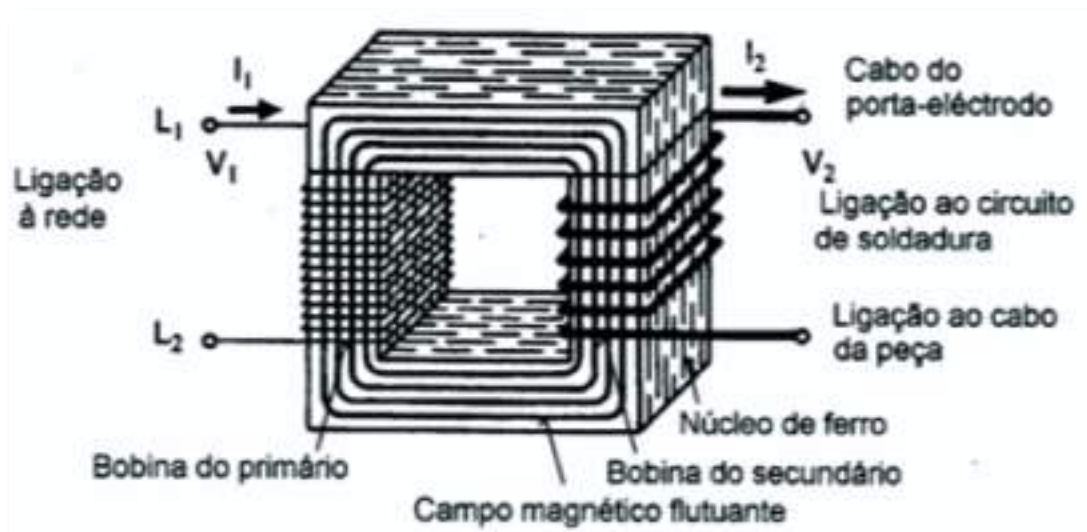


Figura 3 - Constituição e princípio de um transformador.

### Retificadores

Os retificadores são aparelhos que deixam passar a corrente num só sentido, conseqüentemente, a corrente alternada é convertida em unidirecional, com características muito semelhantes à contínua, sendo, normalmente, assim designada. Quer isto dizer que um retificador para soldadura converte corrente alternada em corrente contínua, convertendo as ondas sinusoidais numa linha que se pode supor reta e horizontal. O elemento retificador, o díodo, só deixa passar a corrente eléctrica num sentido, podendo descrever-se como o equivalente eléctrico de uma válvula de um só sentido.





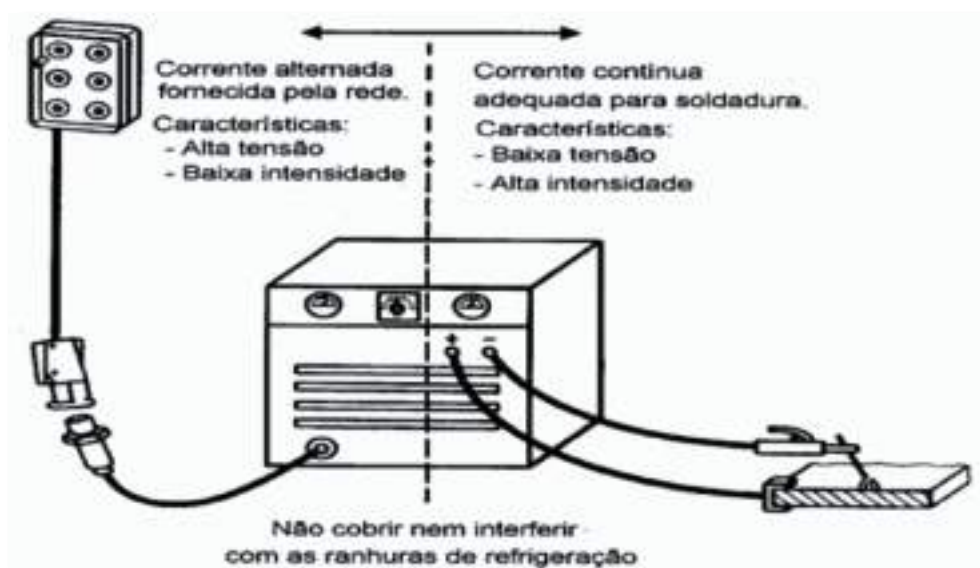


Figura 4 - Retificador de soldadura.

Na figura abaixo representada, pode ver-se como atua um díodo sobre uma corrente alternada monofásica.

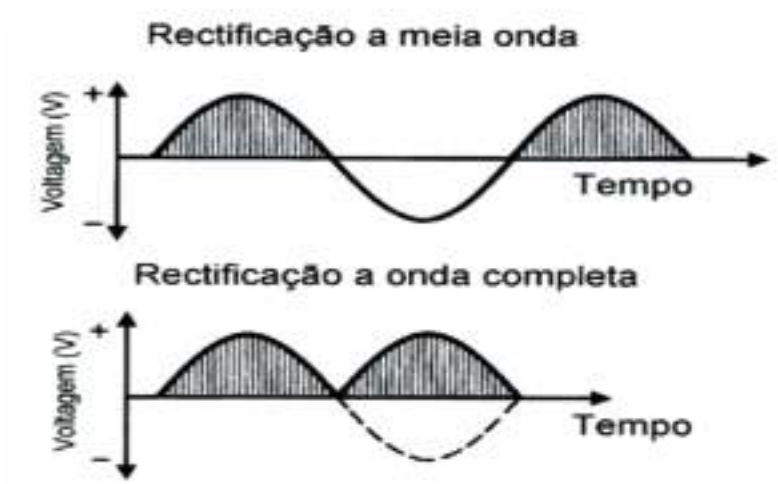


Figura 5 - Retificação da corrente alternada monofásica.

Na figura abaixo representada, observa-se o efeito de um conjunto de díodos sobre uma corrente alternada trifásica. A onda formada é praticamente contínua. Como se pode observar, a retificação da corrente trifásica é muito melhor. Por esta razão, os retificadores são ligados trifasicamente à rede e às tensões normais de 220/380 V. Somente nos casos em que os retificadores têm uma pequena absorção de potência é que se ligam monofásicos à rede de corrente alternada de 220 V.



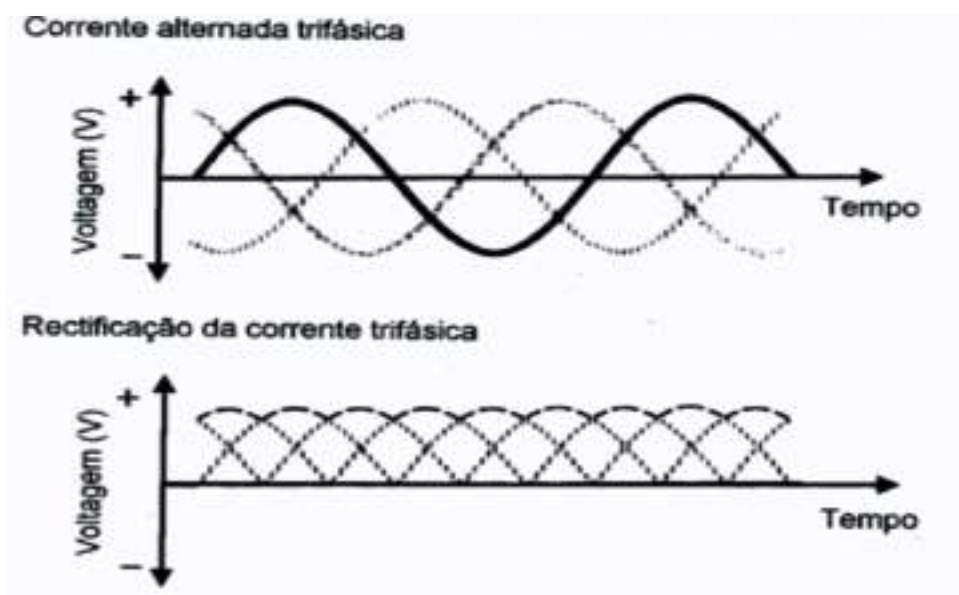


Figura 6 - Retificação da corrente alternada trifásica.

No caso da soldadura, os retificadores têm acoplados à entrada da alimentação da rede um transformador, o qual é encarregado de modificar a intensidade e a tensão da corrente alternada de forma a poder realizar-se a soldadura.

Tanto os transformadores como os transformadores-retificadores estão inseridos no grupo de **equipamentos estáticos**.

### Geradores e Grupos Eletrógenos

Os geradores e grupos eletrógenos são formados por um motor e um gerador de corrente. O motor pode ser elétrico ou de combustão interna. O gerador pode, ainda, ser de corrente contínua (também chamado dínamo) ou corrente alternada (denominado alternador). Qualquer das quatro combinações é possível. Normalmente, o conjunto motor elétrico-dínamo denomina-se **gerador**. O conjunto motor de combustão interna-gerador de corrente alternada denomina-se **grupo eletrógeno de corrente alternada**, sendo o conjunto motor de combustão interna-dínamo um **grupo eletrógeno de corrente contínua**.



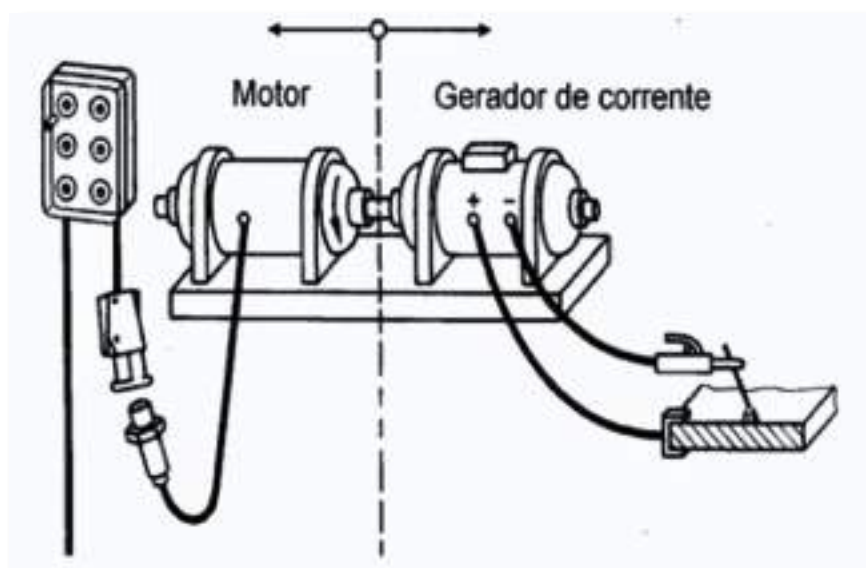


Figura 7 - Gerador de soldadura.

Os grupos eletrógenos utilizam-se quando não existe energia elétrica disponível. Tanto os geradores como os grupos eletrógenos são também denominados **equipamentos rotativos**. Enquanto até algum tempo se juntavam de uma forma separada o motor elétrico e o gerador, mais recentemente fazem-se grupos com uma só carcaça, tal como está representado na figura abaixo.

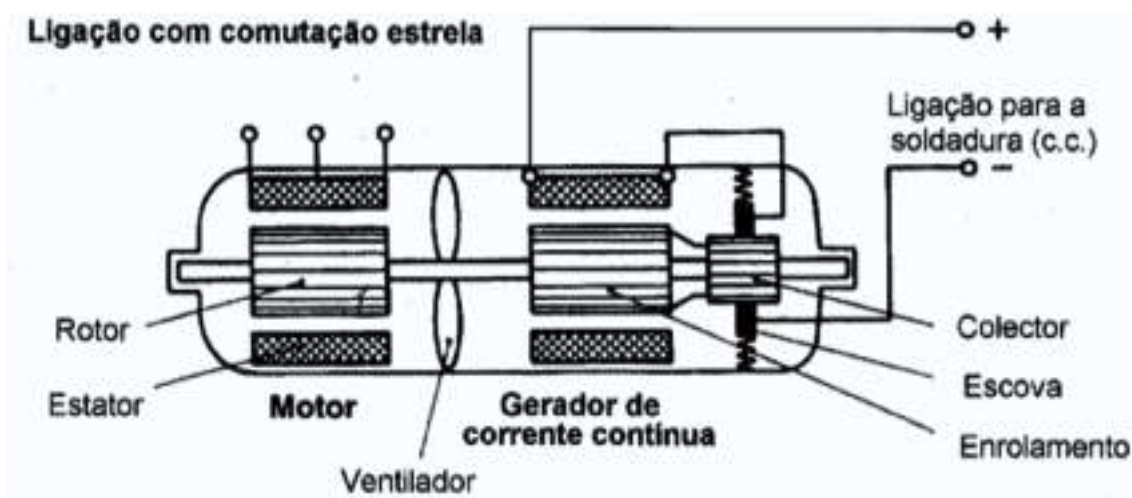


Figura 8 - Grupo motor-gerador.



# EXERCÍCIOS TEÓRICOS

**EXERCÍCIO 1.** Explique por que motivo são necessárias as máquinas de soldadura.

**EXERCÍCIO 2.** As máquinas de soldadura podem ser classificadas em dois tipos.

Enuncie-os.

**EXERCÍCIO 3.** O que são os retificadores e para que servem?



# ACESSÓRIOS E FERRAMENTAS

## *MÁSCARAS, PORTA-ELÉTRÓDOS E PINÇAS DE MASSA*

As máscaras de soldar podem ser portáteis e fixas, conforme representa a figura abaixo, e servem para proteger os olhos das radiações e fumos emanados do elétrodo quando em fusão com o material a soldar.



*Figura 1 - Máscaras manuais para soldadura.*

Os porta-eléttodos, também designados por alicates, são utensílios destinados a manusear e guiar o elétrodo, assegurando, paralelamente, a ligação elétrica ao circuito de soldadura.



*Figura 2 - Máscara fixa para soldadura.*





Figura 3 - Alicate porta elétrodo.

A pinça (ou grampo) de massa está ligado à peça a soldar e serve para fechar o circuito elétrico. O seu bom estado e posicionamento são, por vezes, críticos na operação de soldadura.

Um porta-elérodos é constituído, essencialmente, pelos seguintes componentes:

Uma cabeça - região do porta-elérodos que compreende um alvéolo ou uma mandíbula, permitindo, a inserção ou a fixação do elétrodo;

Um punho - região eletricamente isolada do porta-elérodos e segura pelo soldador.



Figura 4 - Alicate massa.

Em termos gerais, poderemos dizer que as características deste componente essencial de uma instalação de soldadura por elétrodos revestidos deverão permitir o conforto e a segurança do soldador.



Assim, um porta-eléttodos ideal deverá:

- Permitir a colocação rápida do eléttodo na posição desejada, bem como, retirar facilmente a ponta do eléttodo após a sua fusão;
- Agarrar solidamente o eléttodo, de forma a permitir o seu arranque sempre que este fique colado ao banho de fusão;
- Ser leve e fácil de utilizar;
- Não aquecer excessivamente a mão do soldador, nem o cabo ao qual se encontra ligado;
- A temperatura da zona onde se agarra o porta-eléttodos não deverá ser superior a 65°C;
- Ser isolado sobre a totalidade da superfície externa;
- Resistir aos choques e radiações do arco elétrico;
- Permitir uma sólida fixação do cabo elétrico.



# EXERCÍCIOS TEÓRICOS

**EXERCÍCIO 1.** Faça um levantamento dos equipamentos existentes na oficina de soldadura e siga as seguintes tarefas.

1. Identifique os seguintes equipamentos:
  - Máscaras;
  - Porta-eléttodos;
  - Pinças de massa.
2. Tire uma fotografia a cada um deles;
3. Indique a marca, modelo e a referência, caso se aplique;
4. Indique a quantidade existente na oficina;
5. Informe-se, pelo manual de instruções, livros, internet ou pelos professores de questões relacionadas com a segurança de cada um destes equipamentos;
6. Faça um breve relatório e entregue-o ao professor.





## FUNCIONAMENTO DO PROCESSO S.E.R.

O processo de soldadura por elérodos revestidos utiliza o calor do arco elétrico produzido entre o eléctrodo revestido e o material a soldar, para fundir o material de base e o eléctrodo, formando, assim, o material de adição, o qual é depositado no estado de fusão na junta a soldar.

Os dois materiais, fundidos pelo calor do arco, isto é, os materiais a soldar (ou materiais de base) e o material de adição (ou material do eléctrodo) formam, deste modo, o banho de fusão, cuja composição química não é mais do que a mistura das composições químicas dos materiais fundidos que lhe deram origem.

O processo é representado esquematicamente na figura abaixo.

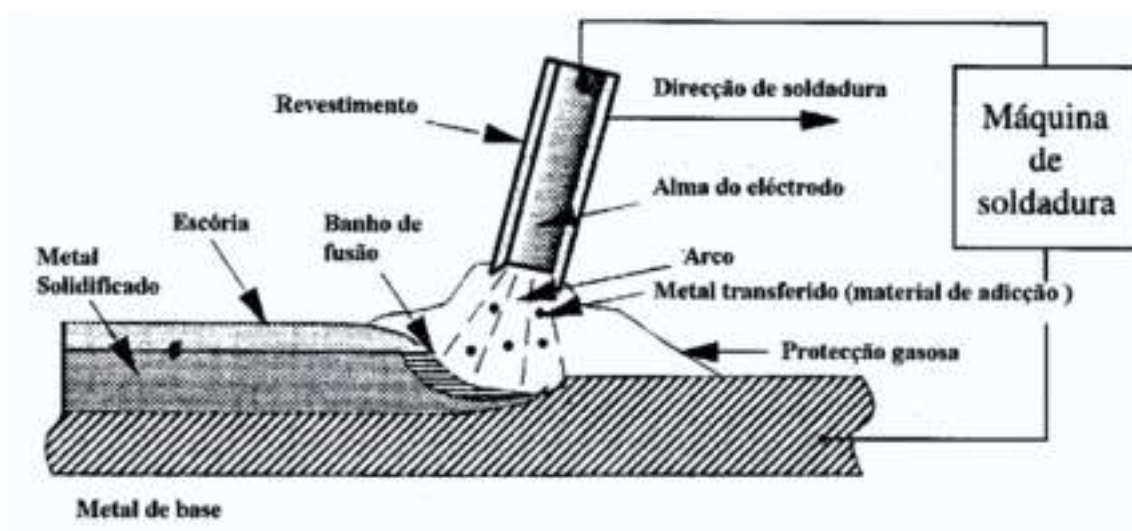


Figura 1 - Esquema de soldadura por elérodos revestidos.

O material fundido do eléctrodo é transferido através do arco elétrico, em pequenas gotas de metal, revestidas, elas próprias, pelo mesmo material constituinte do revestimento do eléctrodo.

O arco elétrico é deslocado manualmente ao longo da junta de soldar, com uma determinada velocidade, sendo mantido com o comprimento mais adequado, para que o arco seja o mais estável possível e, portanto, as projeções de metal e fumos libertados sejam reduzidos ao mínimo.



O processo precisa, igualmente, de uma fonte de potência capaz de fornecer uma corrente elétrica, suficientemente elevada para fundir o eletrodo ou eletrodos que se pretendem utilizar.

A intensidade de corrente a fornecer depende do diâmetro dos eletrodos, tipo de revestimento e composição química do metal constituinte do seu interior, isto é, da “alma” do eletrodo.

Este processo apresenta algumas vantagens em relação ao processo oxiacetilénico, tais como:

- Fusão rápida;
- Fusão muito localizada;
- Deformações pouco significantes;
- Grande velocidade de soldadura; e
- Melhor rendimento.

E apresenta algumas desvantagens, nomeadamente:

- Impedimento de correção das deformações por martelagem, devido ao arrefecimento rápido;
- Aparecimento de tensões internas;
- Tensões de contração;
- Fendas no metal depositado ou no metal de base, devido as tensões de contrações;
- Risco de têmpera, nas zonas adjacentes à soldadura;
- Necessidade de um pré-aquecimento na soldadura em aços meios-duros, duros e autotemperantes.

### *CRITÉRIOS DE ESCOLHA DOS ELÉTODOS*

Na soldadura manual com eletrodos revestidos, os principais parâmetros variáveis operatórios são:

- O tipo e o diâmetro do eletrodo;
- A polaridade;
- A intensidade da corrente de soldadura;

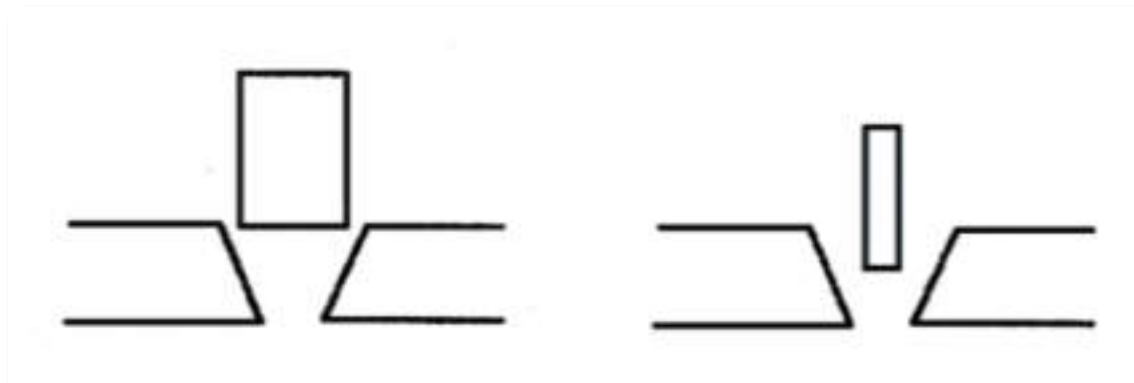


- O comprimento do arco;
- A velocidade de soldadura;
- A forma de manipulação do eletrodo e as consequências de deposição e soldadura.

O diâmetro do eletrodo, o seu tipo e a espessura do revestimento, determinam o intervalo de corrente em que o eletrodo pode ser utilizado.

Assim, a seleção do diâmetro deve basear-se na espessura a soldar, na posição de soldadura, bem como do tipo de junta, a qual pode, por exemplo, condicionar o acesso de um eletrodo de maior diâmetro. A utilização de um eletrodo excessivamente grande para uma dada espessura pode levar à perfuração da peça durante a soldadura, já que a corrente mínima para o eletrodo pode ser demasiado elevada para a espessura a soldar. A soldadura em posição (posições horizontal, vertical ascendente ou descendente e ao teto) é feita preferencialmente, com eletrodos de menor diâmetro comparativamente ao utilizado na soldadura ao baixo, dadas as maiores dificuldades em controlar o banho fusão.

Na soldadura de juntas chanfradas, a dimensão do chanfro deve ser tida em conta. Por exemplo, nos passes de raiz, o diâmetro do eletrodo deve permitir que este penetre até à raiz da junta, de forma a permitir a realização de penetração total, se tal for exigido.



*Figura 2 - Esquema da influência do diâmetro do eletrodo.*



## PARÂMETROS DA SOLDADURA

Na soldadura manual com eléctrodos revestidos, os **principais parâmetros e variáveis** de soldadura são descritos na figura 3.

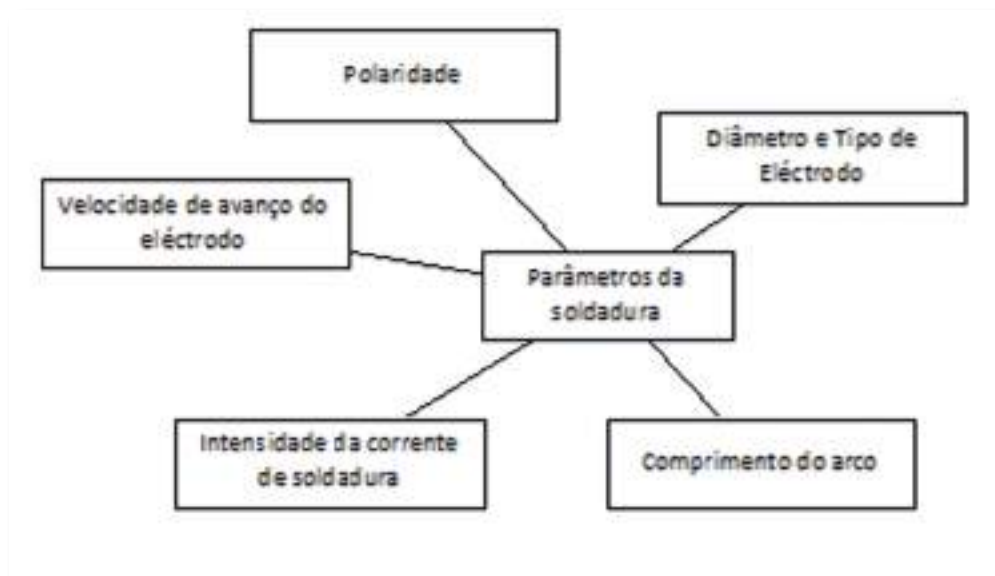


Figura 3 - Parâmetros da soldadura.

O **tipo de eléctrodo**, diâmetro e espessura do revestimento determinam a corrente em que o eléctrodo pode ser utilizado. Sendo assim, a seleção do diâmetro baseia-se na espessura a soldar, na posição de soldadura e no tipo de junta. A tabela 1 indica as intensidades de soldadura em função do diâmetro e da espessura do revestimento.

Intensidades médias de soldadura ao baixo					
Diâmetro dos eléctrodos	Revestimento fino	Revestimento semi-espesso	Revestimento espesso	Eléctrodo R% = 110/130	Eléctrodo R% = 140/180
1,6	25 A	30 A	35 A	—	—
2	40 A	50 A	55 A	—	—
2,5	60 A	70 A	75 A	80 A	110 A
3,15	95 A	105 A	115 A	115 A	150 A
4	130 A	150 A	160 A	170 A	220 A
5	175 A	190 A	200 A	230 A	275 A
6,3	230 A	250 A	275 A	300 A	400 A
8	300 A	350 A	375 A	380 A	—

Tabela 1 - Intensidades de soldadura em função do diâmetro e do revestimento.



A utilização de um eletrodo excessivamente grande, para uma dada espessura, pode levar à perfuração da peça durante a soldadura, dado que a corrente mínima para fundir o eletrodo pode ser demasiado elevada. Na tabela 2 estão indicadas as intensidades de soldadura em função da espessura e do diâmetro do eletrodo.

e mm	Ø 1,6	Ø 2	Ø 2,5	Ø 3,15	Ø 4	Ø 5	Ø 6,3
1	25 A	—	—	—	—	Zona não utilizada	
2	35	45 A	55 A	—	—	Zona não utilizada	
3	—	60	70	90 A	—	Zona não utilizada	
4	—	—	85	100	130 A	Zona não utilizada	
5	—	—	90	110	130	160 A	—
6	—	—	—	120	140	160	—
8	—	—	—	125	150	170	—
10	—	—	—	130	160	190	230 A
12	—	—	—	130	170	200	250
15	Zona não utilizada		—	—	180	210	270
20	Zona não utilizada		—	—	190	220	300
25	—	—	—	—	200	230	320
30	—	—	—	—	200	250	320
50	—	—	—	—	—	250	350
80	—	—	—	—	—	250	350
100	—	—	—	—	—	250	350

Tabela 2- Intensidade de soldadura em função da espessura das chapas.

A soldadura em posição (horizontal, vertical ascendente ou descendente e ao teto) recomenda-se que seja feita com eletrodos de menor diâmetro do que os são utilizados na soldadura ao baixo, devido às dificuldades em controlar o banho de fusão.

As dimensões dos chanfros devem ser tidos em conta na escolha do eletrodo. Por exemplo, nos passes de raiz o diâmetro do eletrodo deve permitir que este penetre até à raiz da junta.

O valor da corrente de soldadura e comprimento do arco deverá permitir o controlo do banho de fusão, de forma a obter a penetração pretendida.

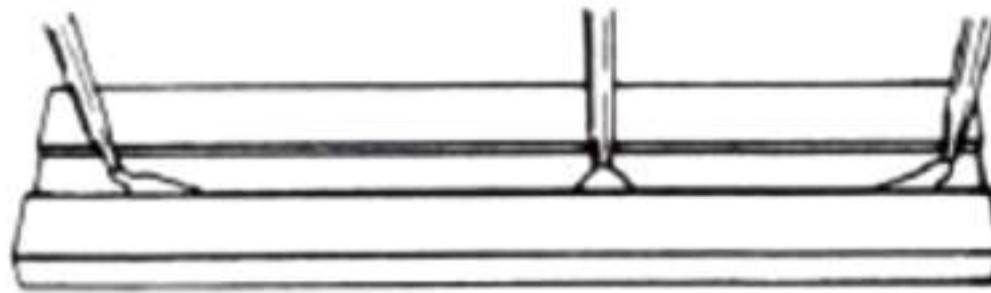
A intensidade da corrente também é condicionada pelas características mecânicas da junta soldada, bem como o tipo de eletrodo a utilizar. Correntes elevadas podem levar à deterioração do revestimento do eletrodo.

O tipo de corrente e sua polaridade influenciam a forma e a dimensão do banho de fusão, para além de afetarem a estabilidade do arco elétrico.



A polaridade inversa produz maior penetração, enquanto que com polaridade direta a penetração é menor.

Com corrente alternada, a penetração é média e não existem problemas de desvio do arco elétrico por sopro magnético (Figura 4), permitindo assim a utilização de correntes mais elevadas e de elétrodos de maiores diâmetros.



*Figura 4 - Fenómeno de sopro magnético nos extremos da peça a soldar.*

O **comprimento do arco** varia consoante o tipo de revestimento, o diâmetro do eletrodo e a intensidade de corrente. O soldador tem a tarefa de regular o arco, de forma a garantir uma fusão regular e um arco elétrico estável.

Com um arco elétrico muito pequeno, podem ocorrer frequentes colagens do eletrodo à junta, com a conseqüente interrupção do arco. Um arco elétrico muito longo pode originar uma incorreta transferência de metal e uma proteção deficiente do banho de fusão.

A velocidade de avanço do eletrodo deverá ser escolhida de forma a que o arco fique ligeiramente à frente do banho de fusão. A velocidade de soldadura deverá ser constante ao longo da junta, de forma a permitir um cordão uniforme. Uma velocidade muito baixa origina banhos de fusão grandes e difíceis de controlar, enquanto que velocidades elevadas originam cordões estreitos e regulares, com bordos queimados e escória de difícil remoção.

Na figura 5 apresenta-se a influência da intensidade de soldadura, da velocidade de avanço do eletrodo e da tensão em vazio.



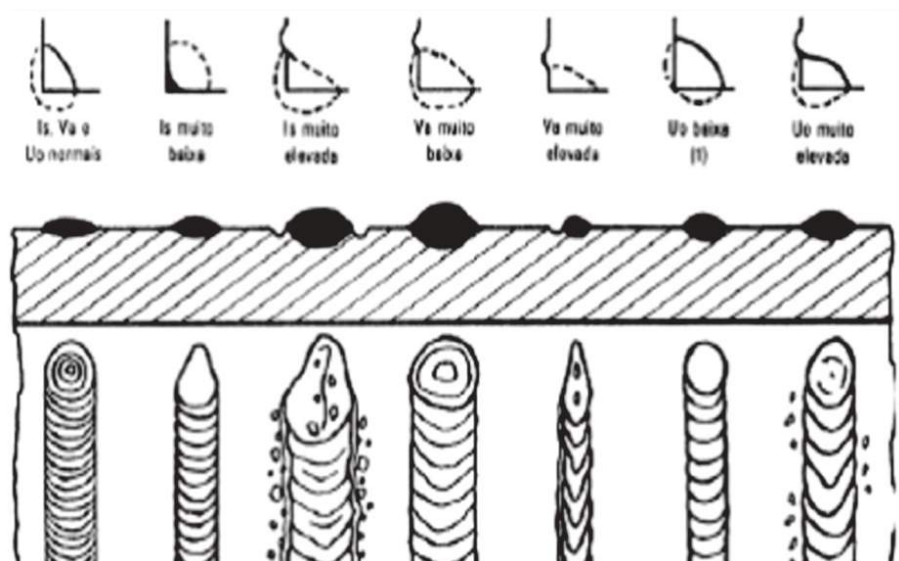


Figura 5 - Influência dos parâmetros de soldadura no cordão.

## REVESTIMENTO DOS ELÉTRODOS

O revestimento dos elétrodos revestidos consiste num componente essencial para o escorvamento e manutenção do arco elétrico, podendo, simultaneamente, constituir material de adição, o qual, após ser depositado, vai formar, juntamente com o metal base, o cordão de soldadura.

O elétrodo é, portanto, em grande medida, responsável, entre outras, pelas características mecânicas e físicas do cordão de soldadura, tratando-se, deste modo, de um elemento essencial e fundamental neste processo de soldadura. O seu estudo é, assim, de grande relevância para a compreensão de todo o processo.

Um elétrodo revestido é composto por uma vareta que constitui a alma metálica, revestida por uma camada de materiais minerais ou orgânicos que constituem o revestimento. Os elétrodos revestidos são, fundamentalmente, utilizados, em soldadura manual, embora certos tipos permitam um limitado grau de mecanização na sua utilização, como é o caso da soldadura por gravidade.

O revestimento dos elétrodos é a componente essencial da sua constituição, já que as suas funções são múltiplas e variadas. É constituído por corpos pulverulentos, os quais fundem à temperatura do arco, dando origem a uma escória e libertação de gases e fumos.

Estes corpos são ligados por um aglomerante, constituído à base de silicatos de sódio ou de potássio.



Os revestimentos são, assim, produtos complexos, cujas funções múltiplas se podem dividir em três grandes categorias:

- Função elétrica;
- Função física/mecânica;
- Função metalúrgica.

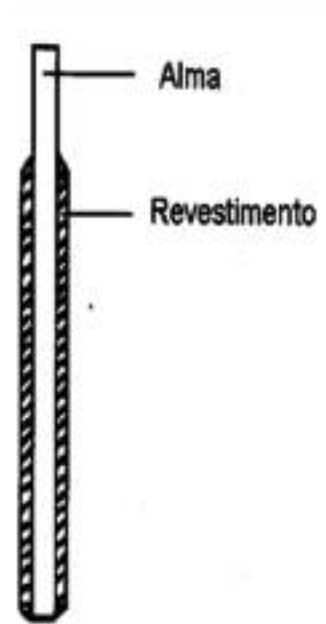


Figura 6 - Esquema de um eletrodo revestido.

Os consumíveis aplicados na soldadura eletroarco são os eletrodos, que, por sua vez, são divididos em classes ou categorias, consoante as suas propriedades e finalidades.

A alma constitui o metal de adição propriamente dito, sendo o revestimento uma camada envolvente da alma que tem as seguintes funções:

- Formação de escória, que protege o banho e o cordão na fase de arrefecimento e solidificação;
- Contribuição com elementos que, por reação química, retiram do banho para a escória elementos nocivos;
- Contribuição com elementos de liga para a melhoria das propriedades mecânicas do cordão;
- Aumento da estabilidade do arco;
- Facilidade de escorvamento;
- Proteção gasosa do arco e do material em fusão por libertação de gases e fumos.

Os eletrodos revestidos constituem um elemento essencial para o escorvamento do arco elétrico e são, simultaneamente, material de adição, o qual, após ser depositado, vai constituir, juntamente com o metal base, o cordão de soldadura.

Os eletrodos podem ser classificados em função da sua composição química e do seu revestimento. Os eletrodos podem ter os seguintes revestimentos:





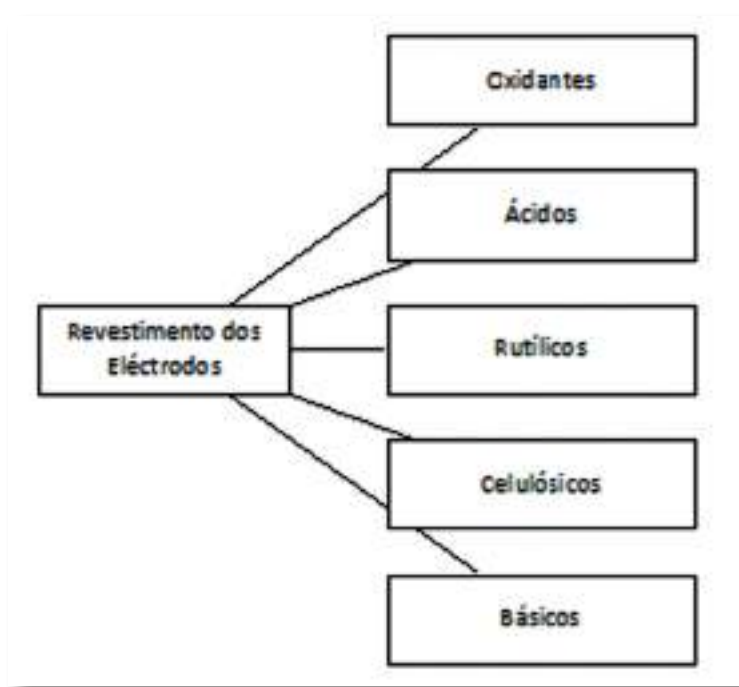


Figura 7 - Tipos de revestimentos dos elétrodos.

O **revestimento oxidante** é constituído principalmente de óxido de ferro e manganês, o qual produz uma escória oxidante, abundante e de fácil remoção. São elétrodos que podem ser utilizados em corrente contínua ou em corrente alternada, apresentando, em geral, uma baixa penetração.

O metal depositado possui baixos teores de carbono e manganês, apresentando propriedades inadequadas para aplicações de responsabilidade, embora a aparência do cordão seja muito boa.

O **revestimento ácido** é constituído principalmente por óxido de ferro, manganês e sílica. Produz uma escória ácida abundante e porosa de fácil remoção. O elétrodo pode ser utilizado com CC ou CA; a penetração obtida é média e a taxa de fusão elevada, levando à formação de banhos de fusão volumosos, o que limita a sua utilização às posições ao baixo e na posição horizontal.

As propriedades mecânicas do metal depositado são consideradas boas para diversas aplicações, embora a sua resistência à fissuração a quente seja, em geral, baixa. O aspeto do cordão é muito bom.

O **revestimento rutílico** contém quantidades significativas de óxido de titânio (Rutilo  $TiO_2$ ), que produz uma escória abundante, densa e de fácil remoção. São elétrodos de fácil utilização, tanto em corrente contínua como alternada, exceto quando contém uma



percentagem elevada de pó de ferro. Produzem um cordão de bom aspeto, enquanto a penetração é reportada como sendo média e o metal depositado tem uma fraca resistência à fissuração a quente.

O **revestimento celulósico** contém uma elevada quantidade de materiais orgânicos, nomeadamente celulose, os quais, decompondo-se no arco elétrico, geram grandes quantidades de gases que protegem o metal líquido da contaminação atmosférica.

A quantidade de escória produzida é pequena, e o arco elétrico origina grandes quantidades de salpicos e fumos. A penetração é elevada, quando comparada com os outros revestimentos. O aspeto do cordão não é bom, apresentando escórias irregulares. As propriedades mecânicas são, contudo, consideradas boas.

São eléctrodos particularmente indicados para a soldadura em posição e execução de passes de raiz. A sua maior utilização é na soldadura de tubagem, embora não seja, em geral, utilizado para a realização de passes de enchimento.

O **revestimento básico** contém quantidades importantes de carbonatos de cálcio ou outros, bem como de fluorite, sendo capaz de gerar uma escória de características básicas que, juntamente com o anidrido carbónico originando pela decomposição de carbonato, protege a soldadura do contacto com a atmosfera. Trata-se de um revestimento que não possui matérias orgânicas na sua constituição, e se for corretamente utilizado origina soldaduras de baixo teor de hidrogénio, minimizando a possibilidade de ocorrência de fissuração a frio.

A penetração é média e o cordão de soldadura possui boas propriedades mecânicas.

É um revestimento que requer cuidados especiais de armazenagem, nomeadamente através da sua colocação em estufa para secagem, antes de ser utilizado.

## CLASSIFICAÇÃO DOS ELÉTRODOS

O sistema de classificação AWS (American Welding Society) para designar os eléctrodos revestidos para soldadura de aços macios e aços de baixa liga é dado da seguinte forma:

AWS E XX Y - Q

Em que,

E - Eléctrodo para soldadura por arco eléctrico.



**XX** - Conjunto de 2 ou 3 dígitos que indicam o limite de resistência mínimo do metal depositado indicados na Tabela 3.

SÍMBOLO (xx)	MÍNIMA TENSÃO DE ROTURA		LIMITE MÍNIMO DE ELASTECIDADE		ALONGAMENTO MÍNIMO
	KPsi	MPa	KPsi	MPa	%
60	62	430	50	340	22
70	72	500	60	420	22
80	80	550	67	460	19
90	90	620	77	530	17
100	100	690	87	600	16
110	110	760	97	670	15

Tabela 3 - Tipos de revestimentos e polaridade.

**Y** - Um dígito que indica as posições de soldadura recomendados para o eletrodo (Tabela 4)

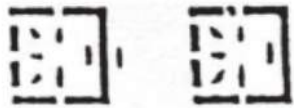
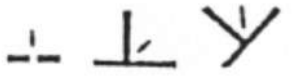


Y	Símbolo	Posição aconselhável de soldadura
1		Todas
2		Ao baixo Ângulo posicionado
3		Ao baixo
4		Curvilíneo Vertical descendente

Tabela 4 - Posições do eletrodo.



Z - Um dígito (0-8) que indica o tipo de revestimento (Tabela 5) e as características operacionais do elétrodo.

ELÉKTRODO	TIPO DE REVESTIMENTO	TIPO DE CORRENTE
E X X 1 0	Celulósico (sódio)	CC*
E X X 2 0	Ácido	CC
E X X X 1	Celulósico (potássio)	CC*, CA
E X X X 2	Rutílico (sódio)	CC, CA
E X X X 3	Rutílico (potássio)	CC*, CC*, CA
E X X X 4	Rutílico (pó de ferro)	CC*, CC*, CA
E X X X 5	Básico (sódio)	CC*
E X X X 6	Básico (potássio)	CC*, CA
E X X X 7	Ácido (pó de ferro)	CC, CA
E X X X 8	Básico (pó de ferro)	CC*, CA

Tabela 5 - Tipos de revestimentos e polaridade.

Por exemplo, o código **E6013** significa que se trata de um elétrodo com uma **tensão mínima de rotura de 62 Kpsi (60)**, que pode ser utilizada em todas as **posições (1)**, constituído com um **revestimento rutílico**, podendo ser utilizada em **qualquer corrente e polaridade (3)**.

Os eléktodos revestidos podem ser danificados se não forem tomados os cuidados necessários quanto ao seu manuseamento e armazenagem.

O **revestimento** pode ser **danificado** no caso de choques e quedas ou se o elétrodo for dobrado. Esta situação expõe a alma, o que torna inviável a utilização do elétrodo, visto que origina instabilidade do arco elétrico, e a inexistência da proteção do banho de fusão e, conseqüentemente, o cordão de soldadura pode apresentar defeitos graves. A **humidade excessiva** pode originar instabilidade do arco e dar origem a salpicos, bem como a porosidade no cordão de soldadura ou mesmo a fissuração do material.

Os eléktodos básicos devem ser adquiridos em embalagens hermeticamente fechadas e armazenados em ambientes controlados. Após a abertura da embalagem, os eléktodos deverão ser guardados em estufas (Figura 8). Os eléktodos não devem permanecer fora da estufa por longos períodos de tempo (máximo 2 horas), de forma a evitar a absorção de quantidades excessivas de humidade. Se tal acontecer, deverão ser submetidos a um tratamento de secagem, após o qual deverão ser novamente armazenados numa estufa.





Figura 8 - Estufa de secagem e conservação de elétrodos.

Na Figura 9 demonstra-se esquematicamente uma forma simples de manusear os elétrodos básicos.

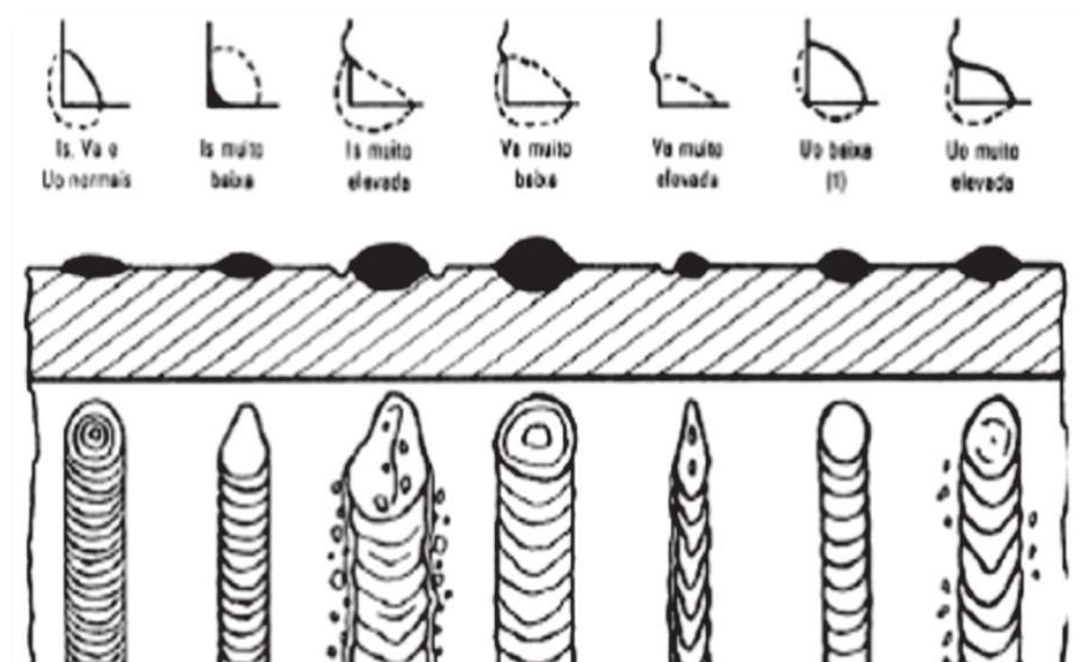


Figura 9 - Esquema de manuseamento de elétrodos básicos.

As temperaturas de secagem e armazenagem dos elétrodos deverão ser consultados antes de se proceder a qualquer tratamento.



## MÁQUINA DE SOLDADURA POR ELÉTRODO REVESTIDO S.E.R.

Uma instalação de soldadura de eléttodos revestidos compreende, em geral, uma fonte de energia (**máquina de soldadura**), os cabos de soldadura com as respectivas fichas de ligação, o porta eléttodos e a pinça de massa, como mostram as Figuras 10 e 11.



Figura 10 - Máquina de soldadura (estática).

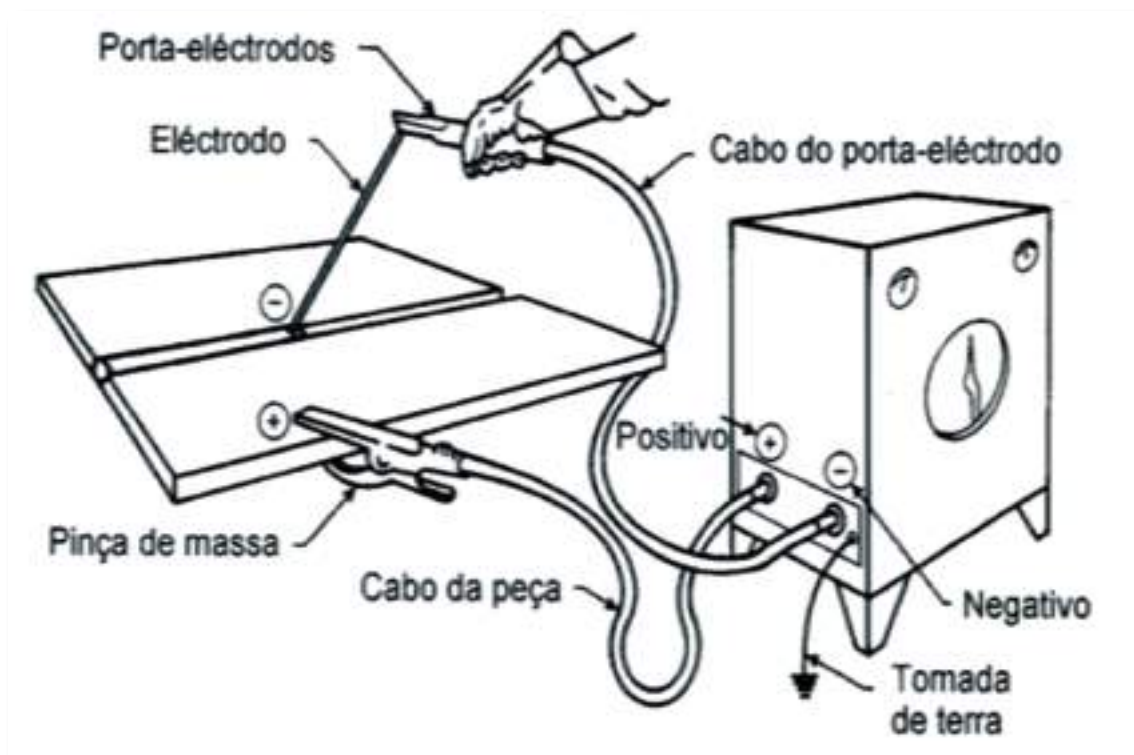


Figura 11 - Esquema de uma instalação de soldadura por eléttodos revestidos.



## TÉCNICAS OPERATÓRIAS

A forma de segurar o eléctrodo, isto é, a técnica operatória utilizada, depende muito do tipo de eléctrodo e do seu diâmetro, mas, sobretudo, da posição de soldadura e da preparação das juntas a soldar. A tabela 6 indica os tipos de chanfros e juntas utilizadas na soldadura eletroarco em função da espessura.


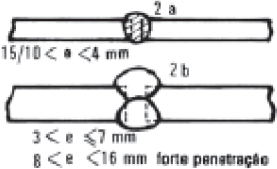
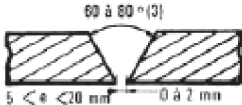
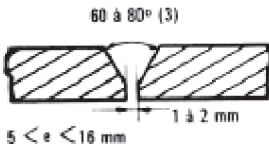
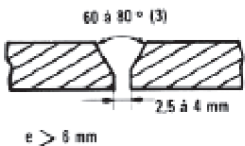
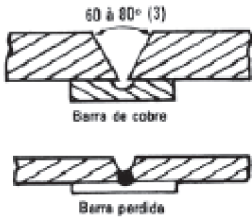
ESPESSURA	TIPO DE CHANFRO E JUNTA	DEFINIÇÃO
$e \leq 2 \text{ mm}$	 $e \leq 2 \text{ mm}$	Topo a topo sem chanfro e sem afastamento.
$1,5 \text{ mm} < e < 4 \text{ mm}$	 $15/10 < e < 4 \text{ mm}$ $3 < e \leq 7 \text{ mm}$ $8 < e < 16 \text{ mm}$ forte penetração	Topo a topo sem chanfro mas com afastamento
$3 < e < 7 \text{ mm}$	 $60 \text{ a } 80^\circ (3)$ $5 < e < 20 \text{ mm}$ 0 à 2 mm	Topo a topo sem chanfro mas com afastamento e cordão dos dois lados.
$5 < e < 20 \text{ mm}$	 $60 \text{ a } 80^\circ (3)$ $5 < e < 16 \text{ mm}$ 1 à 2 mm	Topo a topo com chanfro e com afastamento
$5 < e < 16 \text{ mm}$	 $60 \text{ a } 80^\circ (3)$ 2.5 à 4 mm $e > 6 \text{ mm}$	Topo a topo com chanfro e com talão e com afastamento
$5 < e < 20 \text{ mm}$	 $60 \text{ a } 80^\circ (3)$ Barra de cobre Barra perdida	Topo a topo com chanfro, com afastamento e com cobrejunta.

Tabela 6 - Tipos de chanfros e juntas em função da espessura

Os metais que se pretendem soldar devem ser previamente bem limpos e desengordurados, sendo necessário que as peças se encontrem devidamente fixadas uma à outra por meios mecânicos.



Antes de ligar a máquina de soldadura, verifique o estado de conservação do grampo de massa, do porta-elérodos, dos respetivos cabos e da ficha de ligação. Se estes não apresentarem quaisquer danos, proceda à ligação do equipamento e regule os parâmetros de soldadura.

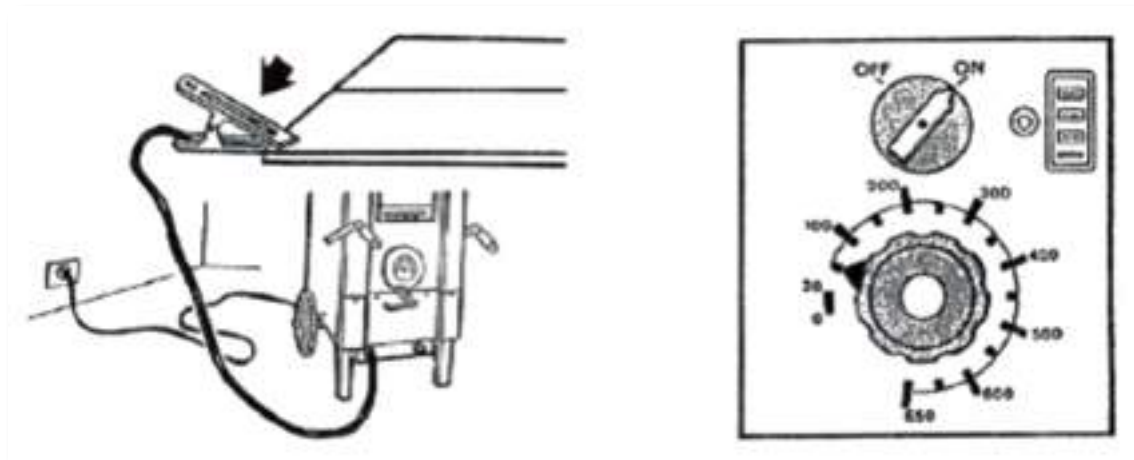


Figura 12 - Ligação do equipamento de soldadura e regulação da Intensidade de soldadura.

Existem duas formas de escorvamento, ou seja, de iniciar o arco elétrico (Figura 13). O método por choque é o mais utilizado, sendo o outro, por fricção, recomendado principalmente para eletrodos básicos. O termo “escorvamento” é utilizado para designar o contacto do eletrodo com a peça a soldar e, conseqüentemente, o início da soldadura, visto que é estabelecido o arco elétrico que permite fundir o eletrodo e o metal de base.

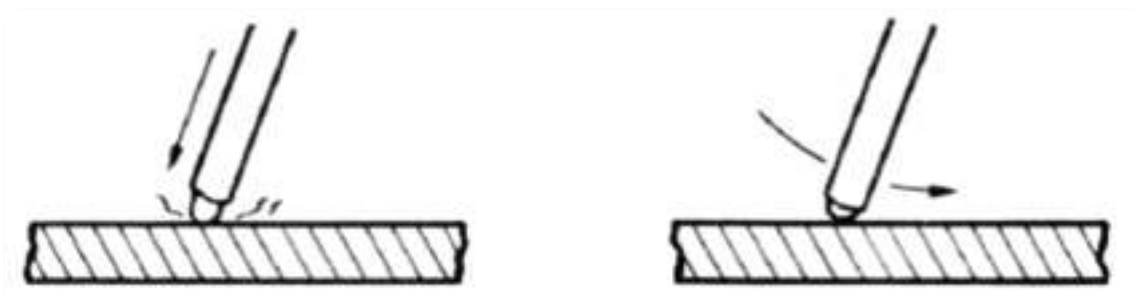


Figura 13 - Escorvamento por choque e escorvamento por fricção.

O arco elétrico é controlado pela distância a que o eletrodo é mantido do ponto de fusão do metal, bem como pela intensidade da corrente da máquina de soldar e pela secção dos eletrodos.





A figura 14 indica a direção a que o porta-eléetrodo deve ser mantido de forma a compensar o consumo do eléetrodo. Este deve ser consumido até 30 cm do porta eléetrodo, para evitar danos neste acessório.

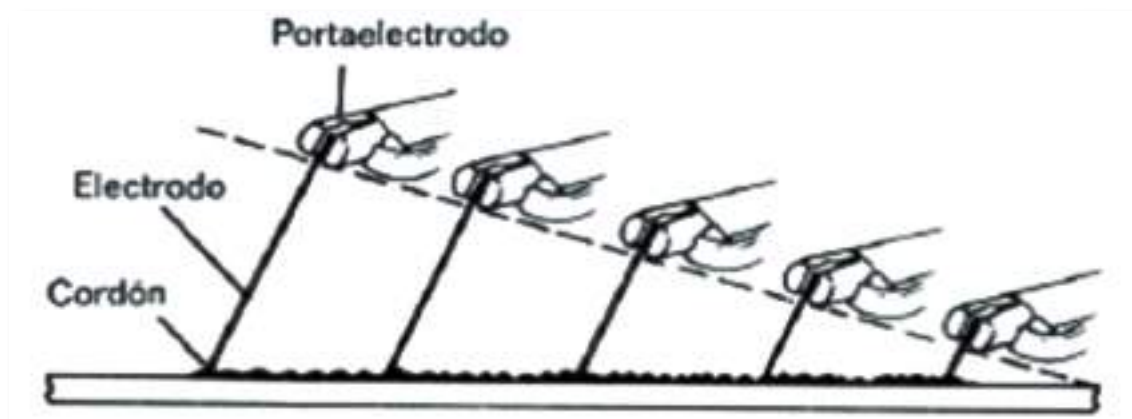


Figura 14 - Direção do porta eléetrodo.

A figura 15 indica a posição do eléetrodo na execução da soldadura ao baixo. O eléetrodo é mantido no plano de simetria da junta e faz com a horizontal um ângulo aproximado de 70°.

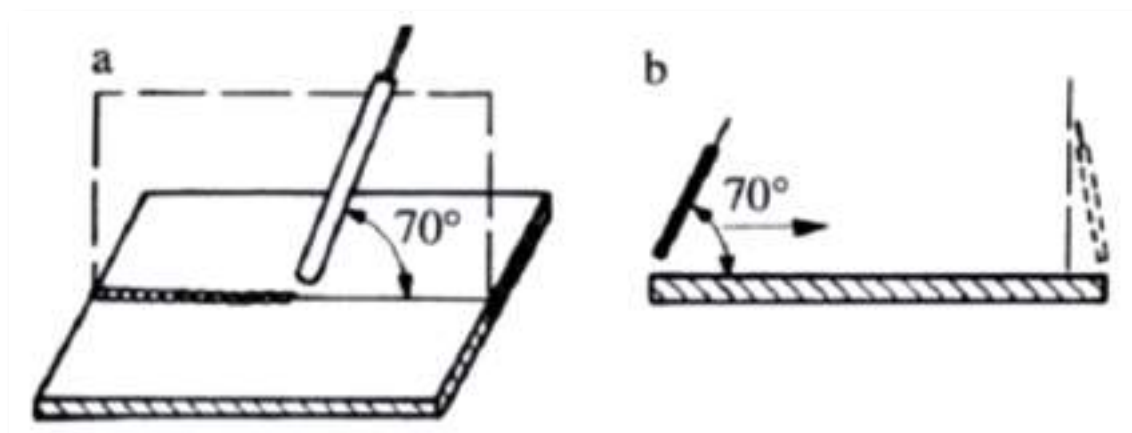


Figura 15 - Posição do eléetrodo na soldadura ao baixo.

Por vezes, é necessária uma mudança de inclinação do eléetrodo para compensar o efeito de sopro magnético, este último somente sucede com corrente contínua.

Conforme se avança para a direita ou para a esquerda, o soldador deverá segurar o eléetrodo conforme se indica na figura 16.



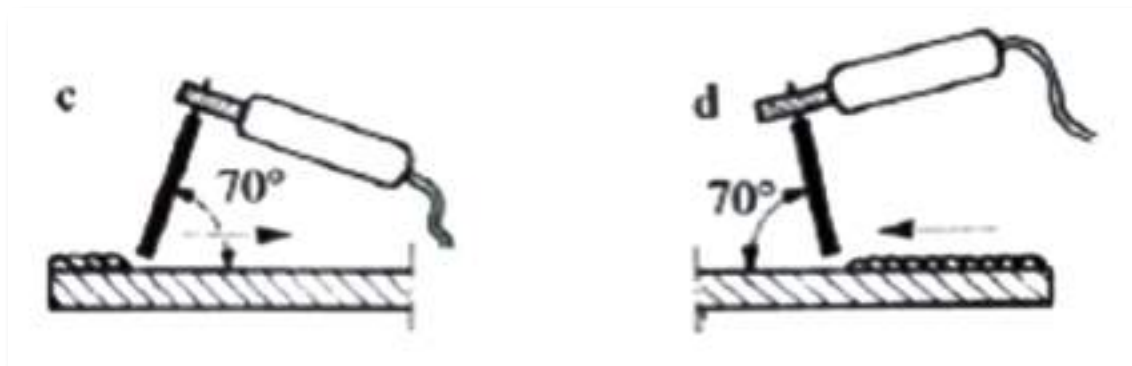


Figura 16 - Técnica operatória utilizada no avanço para a direita e esquerda.

Contudo, a inclinação do eletrodo pode ser um pouco menor na realização do primeiro passe numa soldadura multipasse.

A posição do eletrodo relativamente à peça é fundamental, dado que se o eletrodo estiver demasiadamente vertical, a escória não se acumula na superfície do banho de fusão, podendo originar inclusões de escória e, conseqüentemente, defeito de soldadura, que baixa substancialmente as características mecânicas da junta soldada.

Na soldadura de chanfros em V com vários passes, é muito importante que o primeiro passe (ou passe de raiz) tenha uma boa penetração pelo lado contrário ao da deposição do material. Para tal, é necessário que o primeiro passe seja realizado com um eletrodo de diâmetro adequado, uma intensidade de corrente adequada e uma boa velocidade de avanço. Neste caso, a técnica operatória utilizada combina um movimento de avanço e de recuo, eventualmente com um balanceamento lateral do eletrodo (Figura 17).

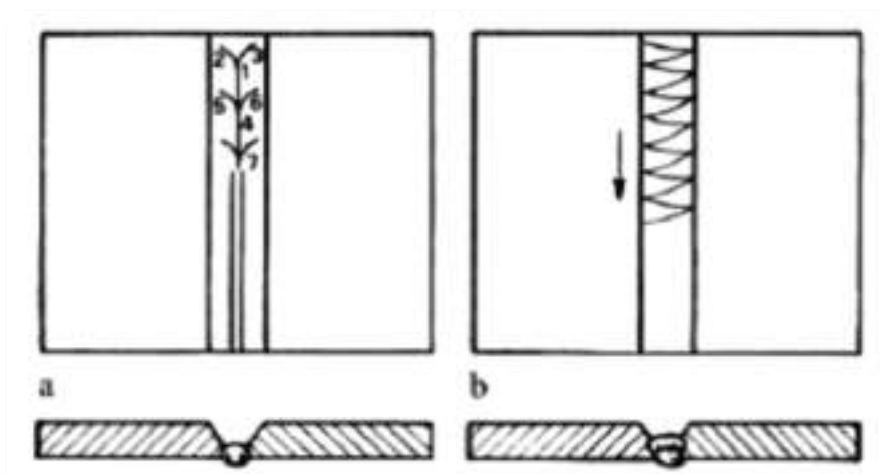


Figura 17 - Técnica utilizada em enchimentos de chanfros em V.



A forma de colocar o elétrodo na posição de soldadura horizontal é a indicada na figura 18.

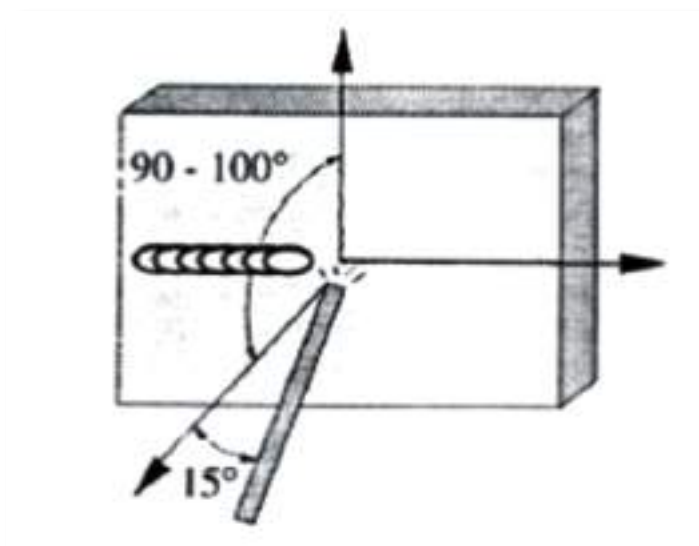


Figura 18 - Técnica operatória utilizada na posição horizontal.

A figura 19 indica a posição do elétrodo para a soldadura vertical ascendente e vertical descendente.

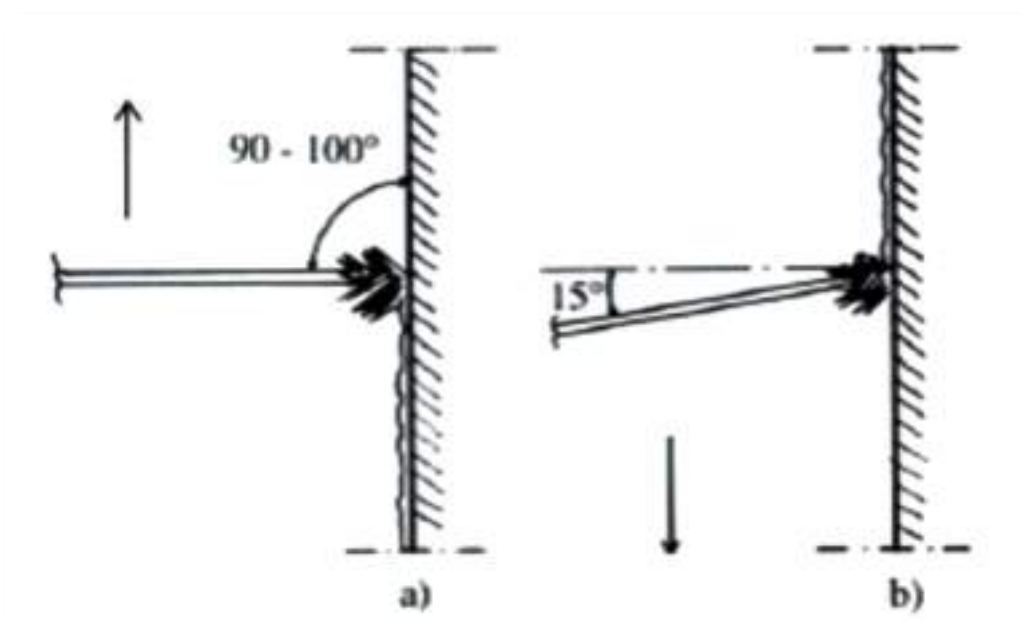


Figura 19 - Posição do elétrodo para soldadura vertical.

Para a realização da soldadura de canto, a posição do elétrodo será a indicada na figura 20.



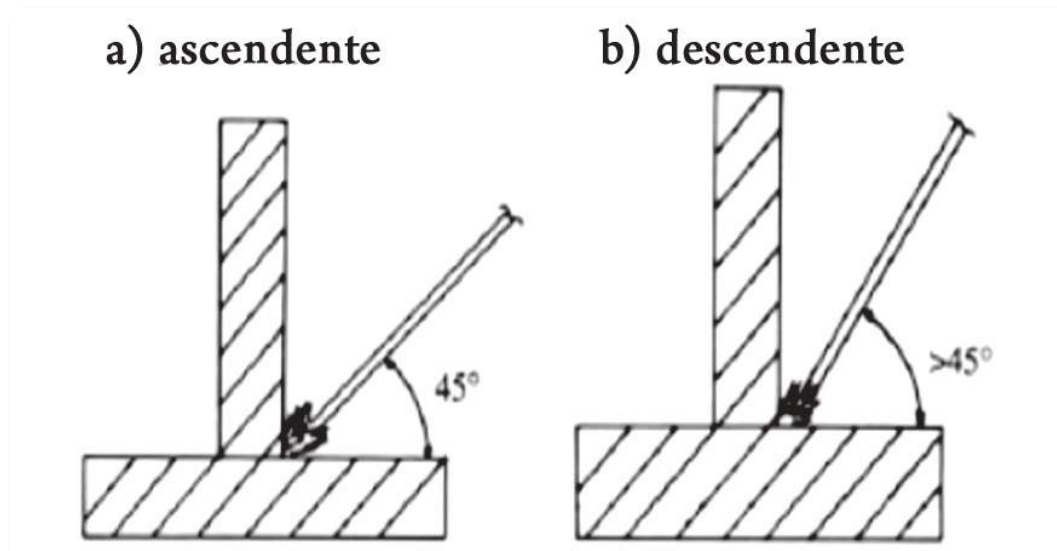


Figura 20 - Posição do eletrodo para soldadura de canto.



# EXERCÍCIOS TEÓRICOS

**EXERCÍCIO 1.** Indique se as seguintes afirmações são verdadeiras ou falsas:

- a. O processo de soldadura por elétrodos revestidos utiliza o calor do arco elétrico produzido entre o eletrodo revestido e o material a soldar, para fundir o material de base e o eletrodo, formando, assim, o material de adição;
- b. Os materiais a soldar (ou materiais de base) e o material de adição (ou material do eletrodo) formam aquilo a que se chama banho de imersão;
- c. O material fundido do eletrodo é transferido através do arco elétrico, em pequenas gotas de metal, revestidas, elas próprias, pelo mesmo material constituinte do revestimento do eletrodo;
- d. A intensidade de corrente a fornecer depende, entre outros fatores, do diâmetro dos elétrodos.

**EXERCÍCIO 2.** Assinale os principais parâmetros variáveis a ter em conta na soldadura manual com elétrodos revestidos.

- Cor dos elétrodos;
- O tipo e o diâmetro do eletrodo;
- A polaridade;
- A resistência à corrosão;
- A intensidade da corrente de soldadura;
- O comprimento do arco;
- A resistência ao desgaste durante o processo de soldadura;
- A velocidade de soldadura;
- A forma de manipulação do eletrodo e as consequências de deposição e soldadura.

**EXERCÍCIO 3.** Assinale as palavras corretas:

- a. Para a soldadura na posição ao baixo, o eletrodo deve ser utilizado com **correntes/tamanhos/voltagens** o mais próximas possível do valor que este pode suportar;



- b. O valor de corrente de soldadura e o comprimento do arco deverão ser tais que permitam um controlo perfeito do banho de fusão, assim como obter as condições de **evaporação/fusão/ebulição** e penetração desejadas;
- c. As características mecânicas da junta soldada condicionam também, em grande medida, a intensidade da corrente utilizada e, naturalmente, o tipo de elétrodos a utilizar. Correntes **elevadas/reduzidas** podem levar, não só à deterioração do revestimento do eléctrodo, como à perda de resistência mecânica da junta;
- d. O tipo de corrente e sua polaridade **afetam/não afetam** a forma e a dimensão do banho de fusão, para além de influenciarem, grandemente, o tipo de transferência e estabilidade do arco elétrico;
- e. De um modo geral, a polaridade inversa produz **menor/maior** penetração, enquanto que, na polaridade direta, a penetração é **menor/maior**, embora a taxa de fusão seja maior;
- f. A velocidade de soldadura deverá ser escolhida de forma a que o arco fique, ligeiramente, **à frente/atrás/ ao meio** do banho de fusão;
- g. Para **balanceamento/escorvamento/maior resistência** do arco, o eléctrodo deve ser rapidamente encostado à superfície da peça a soldar, afastando-se, em seguida, até ao comprimento que o arco elétrico deve ter em funcionamento normal;
- h. A **cobertura/capa/núcleo/revestimento** dos elétrodos revestidos consiste num componente essencial para o escorvamento e manutenção do arco elétrico, podendo, simultaneamente, constituir material de **subtração/arrefecimento/adição/controlo**, o qual, após ser depositado, vai formar, juntamente com o metal base, o cordão de soldadura;
- i. Um eléctrodo **revestido/manual/elétrico/TIG** é composto por uma vareta que constitui a alma metálica, revestida por uma camada de materiais minerais ou orgânicos que constituem o revestimento;
- j. Uma instalação de soldadura **manual/didática/antiga/de elétrodos revestidos** compreende, em geral, uma fonte de energia (máquina de soldadura), os cabos de soldadura com as respetivas fichas de ligação, o porta elétrodos e a pinça de massa.



**EXERCÍCIO 4.** Diga como podem ser classificados os elétrodos tendo em conta os vários tipos de revestimento.



## BIBLIOGRAFIA/OUTROS RECURSOS

WAINER, Emílio; BRNADI, Sérgio Duarte, *Soldagem - Processos e Metalurgia*, MM Editora.

OLIVEIRA SANTOS, J. F., *Tecnologia da soldadura*, Modulform.

