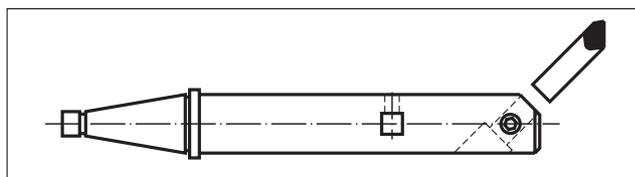


# Mandrilamento

Nesta aula, você vai tomar contato com o processo de mandrilamento. Conhecerá os tipos de mandrilamento, as ferramentas de mandrilar e as características e funções das mandriladoras. Vamos lá?

## O que é mandrilamento

Mandrilamento é um processo mecânico de usinagem de superfícies de revolução, com o auxílio de uma ou mais ferramentas de corte. Nessa operação, a ferramenta de corte é fixada a uma **barra de mandrilar** em um certo ângulo, determinado pela operação a ser realizada. A figura a seguir mostra um exemplo de barra de mandrilar, também chamada de **mandril**.



mandril

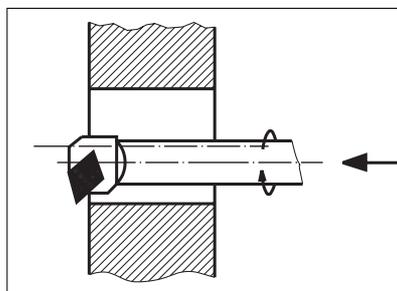
## Nossa aula

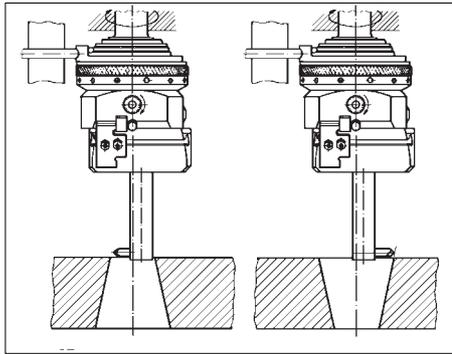
## Tipos de mandrilamento

Dependendo do trabalho, o mandrilamento, também conhecido como **mandrilagem** ou **broqueamento**, pode ser cilíndrico, cônico, radial ou esférico. Pelo mandrilamento pode-se conseguir superfícies cilíndricas ou cônicas, internas, em espaços normalmente difíceis de serem atingidos, com eixos perfeitamente paralelos entre si. As figuras a seguir mostram exemplos desses tipos de mandrilamento.

O mandrilamento cilíndrico é o processo em que a superfície usinada é cilíndrica e o seu eixo de rotação coincide com o eixo em torno do qual a ferramenta gira.

mandrilamento cilíndrico



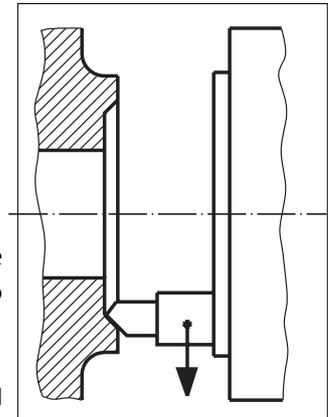


mandrilamento cônico

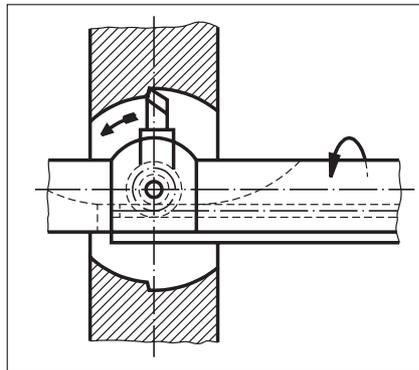
O mandrilamento cônico é o processo em que a superfície usinada é cônica e seu eixo de rotação coincide com o eixo em torno do qual a ferramenta gira.

O mandrilamento radial é o processo em que a superfície usinada é plana e perpendicular ao eixo em torno do qual gira a ferramenta.

mandrilamento radial



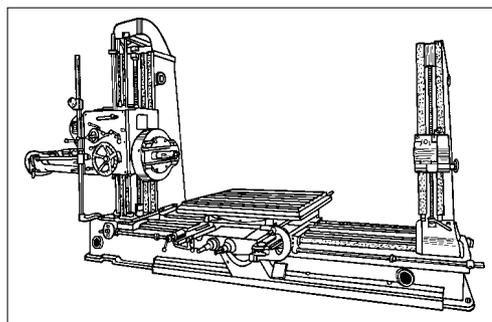
O mandrilamento esférico é o processo em que a superfície usinada é esférica e o eixo de rotação coincide com o eixo em torno do qual a ferramenta gira.



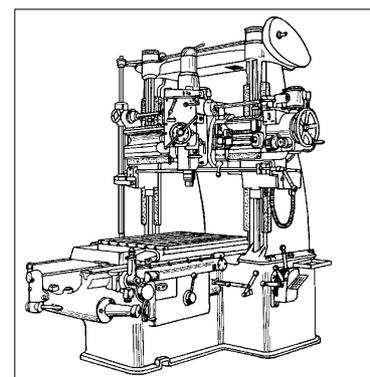
mandrilamento esférico

## Mandriladoras

As mandriladoras são máquinas especiais que permitem a adaptação de diferentes tipos de ferramentas. Com o acoplamento de acessórios apropriados, a mandriladora, além do mandrilamento, pode ser utilizada para furar, fresar, rosquear etc., tornando-se, nesses casos, uma máquina universal. Dependendo da posição do eixo-árvore, as mandriladoras podem ser horizontais ou verticais, como mostram as figuras.



mandriladora universal horizontal



mandriladora universal vertical



mesa giratória

Em máquinas como essas usam-se grandes carcaças de caixas de engrenagens e estruturas de máquinas. Uma peça com forma prismática pode ser usinada em todas as suas quatro faces verticais porque a mandriladora tem uma mesa giratória que possibilita a usinagem em todos os lados.

A mandriladora pode realizar um grande número de movimentos. É possível posicionar a ferramenta para usinar um furo ajustando-se o cabeçote em determinada altura, e a mesa em posição transversal. Todos os deslocamentos são indicados em escalas graduadas. Nas mandriladoras mais modernas, as escalas possuem equipamentos de leitura óptica ou contadores numéricos digitais, que permitem maior exatidão no trabalho.

A vantagem do uso dessa máquina é a economia de tempo. A mandriladora universal tem a capacidade de processar todas as operações necessárias de usinagem, do começo ao fim, do desbaste ao acabamento, sem que haja necessidade de remover a peça da máquina.

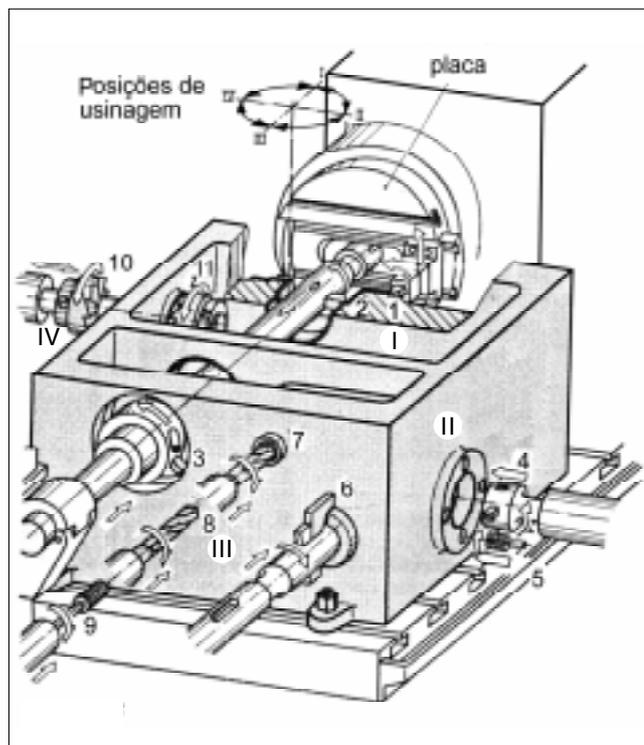
Se, por exemplo, temos a necessidade de usinar a carcaça de uma caixa de engrenagens, ela é colocada na mandriladora apoiada na mesa giratória. A mesa gira e, assim, permite o giro da carcaça em torno do seu eixo vertical. Desse modo, são executadas todas as operações necessárias, como corte, rosqueamento, cada uma a seu tempo.

A seguir, você tem uma demonstração de seqüência de operações realizadas por uma mandriladora universal numa caixa de engrenagem. Analise a figura passo a passo, acompanhando as indicações abaixo.

Na posição **I**, marcada na face posterior da peça, são realizadas as operações numeradas com 1, 2 e 3, nessa ordem. A operação 1 consiste num mandrilamento radial. As operações 2 e 3 correspondem a mandrilamentos cilíndricos simultâneos. Observe que a extremidade da barra de mandrilar está apoiada sobre um mancal, para evitar deslocamentos da ferramenta durante a operação.

Na posição **II**, marcada na face lateral direita, são feitas as operações 4 e 5, que compreendem um furo mandrilado com flange e os furos roscados do flange, respectivamente.

Na posição **III**, marcada na face frontal, é feito primeiro o furo identificado como operação 6. Repare no dispositivo especial acoplado à ferramenta, para fazer a bolacha desse furo. O furo mais acima, nessa mesma face, requer três operações: 7, 8 e 9. O furo identificado com o número 3 já havia sido feito na primeira posição, lembra-se?

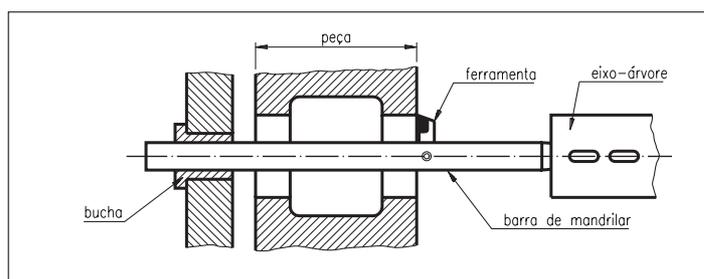


Finalmente, na posição **IV**, são feitas as operações 10 e 11, ou seja, o mandrilamento e o fresamento da face.

### Ferramentas da mandriladora

As ferramentas de mandrilar são selecionadas em função das dimensões (comprimento e diâmetro) e características das operações a serem realizadas. Elas têm pequenas dimensões porque, geralmente, trabalham no interior de furos previamente executados por brocas. São feitas de aço rápido ou carboneto metálico e montadas em uma **barra de mandrilar**.

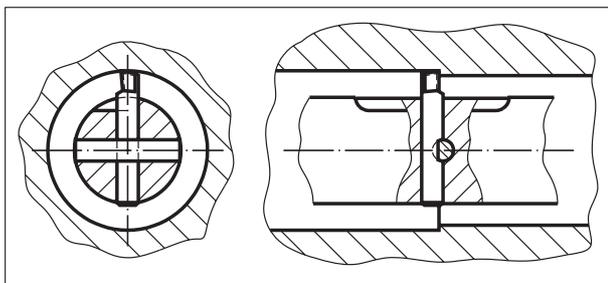
A barra de mandrilar deve ser rígida, cilíndrica, sem defeito de reticidade. Deve ser bem posicionada no eixo-árvore, para possibilitar a montagem de buchas que formam mancais, como mostra a próxima figura, evitando com isso possíveis desvios e vibrações durante o uso.



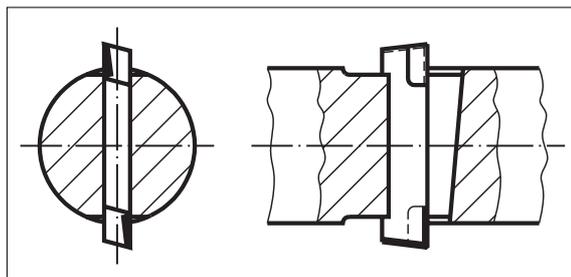
barra de mandrilar montada com buchas

As ferramentas de uso mais comum nas mandriladoras são:

- **hastes com pastilhas soldadas de corte simples**, usadas para desbastar;



- **lâminas de corte duplo**, usadas para fazer rebaxos internos de furos;



- **brocas helicoidais de correção**, usadas para corrigir deformações, como ovalização, conicidade e retilidade, e na operação de pré-alargamento de furos de até 100 mm;



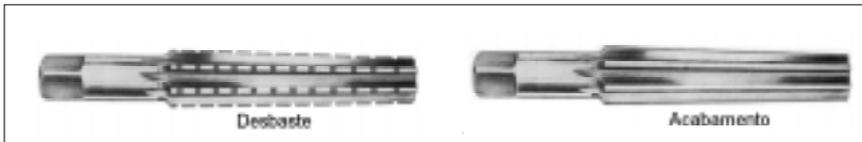
- **escareadores e rebaixadores**, usados no trabalho de alojamento e rebaixo de furos previamente executados por brocas comuns;



- **alargadores fixos**, usados para calibrar furos;



- **alargadores cônicos**, usados para alargar superfícies cônicas internas. Esses alargadores podem ser **de desbaste** e **de acabamento**.

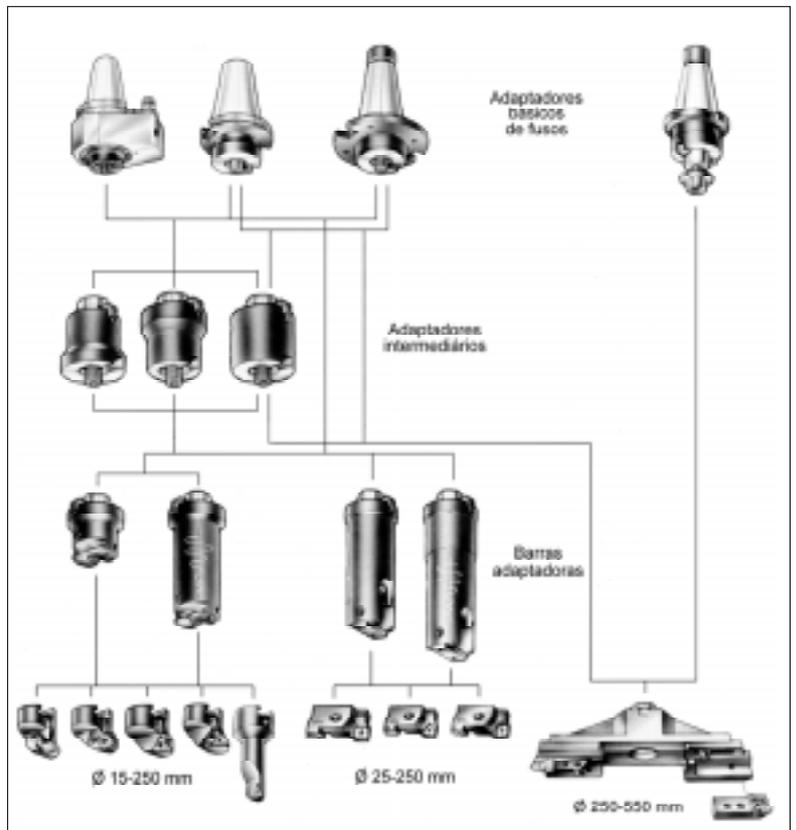


## Sistema modular

As paradas de máquina para troca de ferramentas representam tempo ocioso que reflete nos custos de produção. Atualmente, um novo conceito em ferramentas de mandrilamento é utilizado na indústria, em que um **sistema modular de ferramental** permite reduzir o tempo gasto nas trocas de ferramentas, mantendo a exatidão no trabalho.

O sistema modular possibilita dispor de um conjunto de ferramentas com partes modulares intercambiáveis. Veja na figura ao lado uma série dessas ferramentas.

O único componente específico de máquina em todo esse arranjo é o adaptador de fuso. Para operar com esse sistema, reúnem-se blocos elementares de dispositivos, como extensões, reduções, diferentes cabeçotes de mandril e acessórios. Quando um sistema modular é bem desenvolvido, ele possibilita solução mais rápida para praticamente todos os problemas de mandrilamento.



Vamos ver agora o que você aprendeu. Faça os exercícios e depois confira suas respostas com as do gabarito.

**Pare! Estude!  
Responda!**

Marque com X a resposta correta.

### Exercício 1

Quanto ao tipo, o mandrilamento pode ser:

- a) ( ) esférico, cúbico e linear;
- b) ( ) horizontal, vertical e inclinado;
- c) ( ) cilíndrico, cônico, radial e esférico;
- d) ( ) por avanço, por retrocesso e por tração.

### Exercício 2

Algumas ferramentas mais usadas para mandrilar são:

- a) ( ) martelo, chave de fenda, alargador;
- b) ( ) esfera retificada, aparadores radiais e mandris;
- c) ( ) ferramentas de fixação angular e de regulação automática;
- d) ( ) lâminas de corte duplo, alargadores cônicos e escareadores.

### Exercício 3

Uma das vantagens de utilizar o sistema modular de ferramentas de mandrilamento é:

- a) ( ) alargar os furos feitos por brocas;
- b) ( ) reduzir o tempo gasto na troca de ferramentas;
- c) ( ) relacionar máquinas que atuam com diferentes peças;
- d) ( ) fazer conexão entre diferentes partes de uma peça.

### Exercício 4

Quanto a posição de trabalho, as mandriladoras podem ser verticais ou horizontais devido a:

- a) ( ) possibilidade de adaptação de diferentes tipos de ferramentas;
- b) ( ) posição do eixo-árvore;
- c) ( ) possibilidade de usinar a peça sem removê-la da máquina;
- d) ( ) disponibilidade de mesa giratória, que permite a usinagem em qualquer ângulo.

### Exercício 5

A economia de tempo proporcionada pela operação de mandrilamento ocorre principalmente devido a:

- a) ( ) mesa giratória que permite uma única fixação da peça;
- b) ( ) utilização de ferramentas de aço rápido e carboneto metálico;
- c) ( ) utilização de barras de mandrilar rígidas, cilíndricas, sem defeito de retilineidade;
- d) ( ) acoplamento de buchas às barras de mandrilar.

