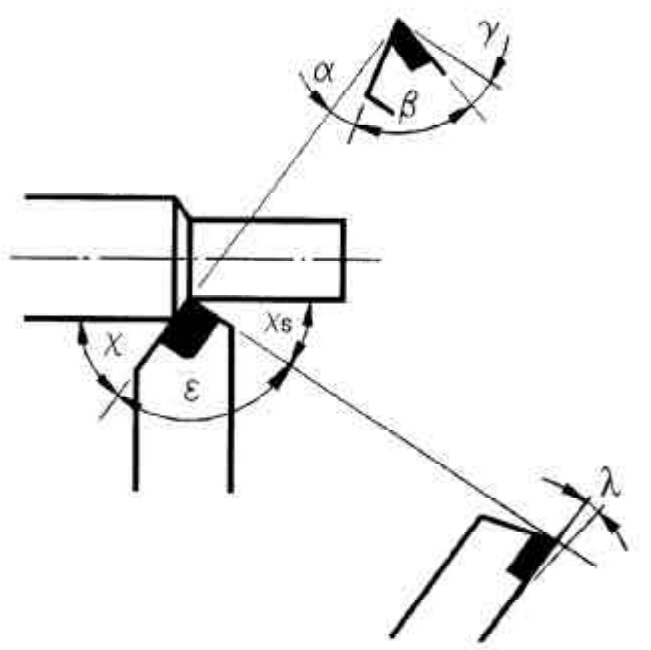


**SENAI**

***Curso Técnico de Mecânica***  
***Processos com Máquinas***  
***Convencionais PMQ***  
***Informações Tecnológicas***  
***Volume 1***



***1º semestral***

***Processos com Máquinas Convencionais – Informações Tecnológicas***

*Ó SENAI- SP, 1999*

*Trabalho elaborado pela Escola SENAI Roberto Simonsen- Centro Nacional de Tecnologia em Mecânica, do Departamento Regional de São Paulo.*

<i>Coordenação Geral</i>	<i>Dionisio Pretel</i>
<i>Coordenação</i>	<i>Paulo Roberto Martins Laur Scalzaretto</i>
<i>Organização</i>	<i>Adriano Ruiz Secco Sílvio Audi</i>
<i>Editoração</i>	<i>Adriano Ruiz Secco Écio Gomes Lemos da Silva Sílvio Audi</i>

*Adaptado de*

*Metalmecânica - Teoria Caminhão Betoneira*

*TC 2000 - Profissionalizante - Higiene e Segurança no Trabalho*

*TC 2000 - Profissionalizante - Manutenção*

*TC 2000 - Profissionalizante - Metrologia*

*Escola SENAI Roberto Simonsen*

*Centro Nacional de Tecnologia em Mecânica*

*Rua Monsenhor Andrade, 298 – Brás*

*CEP 03008-000- São Paulo, SP*

*Tel. 011 229-5099 Fax 011.229-5099 r 229*

*E-mail [rsimonsen@senai101.com.br](mailto:rsimonsen@senai101.com.br)*

*Home page: <http://www.senai101.com.br>*

# Sumário

	página
Segurança	3
Organização do trabalho	21
Aço-carbono	33
Régua graduada	44
Paquímetro	48
Velocidade de corte	61
Número de rotações e golpes por minuto	70
Avanço de corte nas máquinas-ferramenta	82
Broca de centrar	91
Brocas	95
Ferramentas de corte	106
Ferramentas de corte para torno	119
Torno mecânico	128
Fresadoras	145
Retificadora	154
Furadeiras	167
Referências bibliográficas	173



# Segurança

## Acidente de trabalho

Acidente é um acontecimento imprevisto, casual ou não, ou então um acontecimento infeliz que resulta em ferimento, dano, estrago, prejuízo, avaria, ruína etc.

Nesse sentido, é importante observar que um acidente não é simples obra do acaso e que pode trazer conseqüências indesejáveis. Em outras palavras: acidentes podem ser previstos. E, se podem ser previstos, podem ser evitados!

Quem se dedica à prevenção sabe que nada acontece por acaso e que todo acidente tem uma causa definida, por mais imprevisível que pareça ser.

Os acidentes, em geral, são o resultado de uma combinação de fatores, entre eles, falhas humanas e falhas materiais.

Vale lembrar que os acidentes não escolhem hora nem lugar. Podem acontecer em casa, no lazer, no ambiente de trabalho e nas inúmeras locomoções que fazemos de um lado para o outro, para cumprir nossas obrigações diárias.

Pode-se dizer que grande parte dos acidentes do trabalho ocorre porque os trabalhadores encontram-se despreparados para enfrentar certos riscos.

## Acidente do trabalho: conceito legal

Numa sociedade democrática, as leis existem para delimitar os direitos e os deveres dos cidadãos. Qualquer pessoa que sentir que seus direitos foram desrespeitados pode recorrer à Justiça para tentar obter reparação, por perdas e danos sofridos em consequência de atos ou omissões de terceiros.

As decisões da Justiça são tomadas com base nas leis em vigor. Conhecer as leis a fundo é tarefa dos advogados. Mas é bom que o cidadão comum, o trabalhador, também tenha algum conhecimento sobre as leis que foram elaboradas para proteger seus direitos. Por isso, é importante saber o que a legislação brasileira entende por acidente do trabalho. Afinal, nunca se sabe o que nos reserva o dia de amanhã.

Na nossa legislação, acidente do trabalho é definido pelo Decreto 611/92 de 21 de julho de 1992, que diz:

Art. 139 - Acidente do trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa, ou ainda, pelo exercício do trabalho dos segurados especiais, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte, a perda ou redução da capacidade para o trabalho, permanente ou temporária.

Trocando em miúdos: qualquer acidente que ocorrer com um trabalhador, estando ele a serviço de uma empresa, é considerado acidente do trabalho.

Para entender melhor a definição anterior, é necessário saber também que:

- **Segurados especiais** são trabalhadores rurais, que prestam serviços em âmbito rural, individualmente ou em regime de economia familiar, mas não têm vínculo de emprego.
- **Lesão corporal** é qualquer dano produzido no corpo humano, seja ele leve, como, por exemplo, um corte no dedo, ou grave, como a perda de um membro.
- **Perturbação funcional** é o prejuízo do funcionamento de qualquer órgão ou sentido. Por exemplo, a perda da visão, provocada por uma pancada na cabeça, caracteriza uma perturbação funcional.

## Doença profissional

De acordo com o mesmo Decreto 611/92, doenças profissionais são aquelas adquiridas em decorrência do exercício do trabalho em si. Doenças do trabalho são aquelas decorrentes das condições especiais em que o trabalho é realizado. Ambas são consideradas como acidentes do trabalho, quando delas decorrer a incapacidade para o trabalho.

Você já deve ter passado pela experiência de pegar uma forte gripe, de colegas de trabalho, por contágio. Essa doença, embora possa ter sido adquirida no ambiente de trabalho, não é considerada doença profissional nem do trabalho, porque não é ocasionada pelos meios de produção.

Mas, se o trabalhador contrair uma doença por contaminação acidental, no exercício de sua atividade, temos aí um caso equiparado a um acidente do trabalho. Por exemplo, se um enfermeiro sofre um corte no braço ao quebrar um frasco contendo sangue de um paciente aids e, em consequência, é contaminado pelo vírus HIV, isso é um acidente do trabalho.

Por outro lado, se um trabalhador perder a audição por ficar longo tempo sem proteção auditiva adequada, submetido ao excesso de ruído, gerado pelo trabalho executado junto a uma grande prensa, isso caracteriza doença do trabalho.

Ou ainda, se um trabalhador adquire tenossinovite (inflamação dos tendões e das articulações) por exercer atividades repetitivas, que solicitam sempre o mesmo grupo de músculos, esse caso é considerado doença profissional.

A lista das doenças profissionais e do trabalho é bastante extensa e pode sofrer novas inclusões ou exclusões, à medida que forem mudando as relações entre o homem e o trabalho. Para saber mais sobre esse assunto, procure se informar junto ao serviço especializado em segurança, na sua empresa. Seja curioso, interessado. Não se acomode.

## Acidente do trabalho X acidente no trabalho

O acidente típico do trabalho ocorre no local e durante o horário de trabalho. É considerado como um acontecimento súbito, violento e ocasional. Mesmo não sendo a única causa, provoca, no trabalhador, uma incapacidade para a prestação de serviço e, em casos extremos, a morte.

Pode ser consequência de um ato de agressão, de um ato de imprudência ou imperícia, de uma ofensa física intencional, ou de causas fortuitas como, por exemplo, incêndio, desabamento ou inundação.

Mas a legislação também enquadra como acidente do trabalho os que ocorrem nas situações apresentadas a seguir.

- **Acidente de trajeto (ou percurso)** - Considera-se acidente de trajeto o que ocorre no percurso da residência para o trabalho ou do trabalho para a residência. Nesses casos, o trabalhador está protegido pela legislação que dispõe sobre acidentes do trabalho. Também é considerada como acidente do trabalho, qualquer ocorrência que envolva o trabalhador no trajeto para casa, ou na volta para o trabalho, no horário do almoço.

Entretanto, se por interesse próprio, o trabalhador alterar ou interromper seu percurso normal, uma ocorrência, nessas condições, deixa de caracterizar-se como acidente do trabalho. Percurso normal é o caminho habitualmente seguido pelo trabalhador, locomovendo-se a pé ou usando meio de transporte fornecido pela empresa, condução própria ou transporte coletivo.

- **Acidente fora do local e horário de trabalho** – Considera-se, também, acidente do trabalho, quando o trabalhador sofre algum acidente fora do local e horário de trabalho, no cumprimento de ordens ou realização de serviço da empresa.

Se o trabalhador sofrer qualquer acidente, estando em viagem a serviço da empresa, não importa o meio de condução utilizado,



ainda que seja de propriedade particular, estará amparado pela legislação que trata de acidentes do trabalho.

Analise a situação a seguir e depois responda às questões apresentadas.

João é técnico em manutenção de equipamentos eletrônicos em uma empresa com sede em Vila Nova Esperança. O chefe de João passou-lhe uma ordem de serviço de manutenção, a ser realizado na máquina de um cliente, em outro bairro. Quando João se encontrava executando o trabalho, a firma foi invadida por um grupo de homens armados, que anunciaram um assalto. Na confusão que se seguiu, João foi atingido por uma bala perdida. Levado ao Pronto-socorro foi dispensado após a extração de uma bala na perna direita, com a recomendação médica de manter-se afastado do serviço por 15 dias. No seu entender:

- que ocorreu com João encaixa-se na definição legal de acidente do trabalho? Por quê?
- João sofreu lesão corporal ou perturbação funcional em decorrência do acidente?
- João se enquadra na categoria de segurado especial?

João está amparado pelo conceito legal de acidente do trabalho, embora o ferimento não tenha resultado diretamente do exercício de suas atividades profissionais, pois ele estava a serviço da empresa. Em decorrência do acidente, João sofreu lesão corporal. Supondo-se que volte a andar normalmente, após a retirada do curativo, não se pode dizer que tenha havido perturbação funcional. João não se enquadra na categoria de segurado especial, pois consta que era funcionário contratado da empresa.

#### Importante

Todo acidente do trabalho, por mais leve que seja, deve ser comunicado à empresa, que deverá providenciar a CAT (Comunicação de Acidente do Trabalho), no prazo máximo de 24 horas. Caso contrário, o trabalhador perderá seus direitos e a empresa deverá pagar multa.

Caso a empresa não notifique a Previdência Social sobre o acidente do trabalho, o próprio acidentado, seus dependentes, o médico ou a autoridade que lhe prestou assistência ou o sindicato da sua categoria podem encaminhar essa comunicação.

### Conceito prevencionista de acidente do trabalho

Acidente do trabalho, numa visão prevencionista, é toda ocorrência não programada, não desejada, que interrompe o andamento normal do trabalho, podendo resultar em danos físicos e/ou funcionais, ou a morte do trabalhador e/ou danos materiais e econômicos a empresa e ao meio ambiente.

Analise o conceito legal de acidente do trabalho, apresentado anteriormente. Compare-o com o conceito prevencionista, que você acabou de ver. Que diferença você observa entre eles?

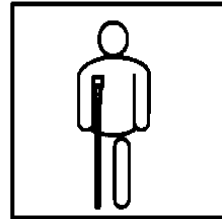
O conceito legal tem uma aplicação mais “corretiva”, voltada basicamente para as lesões ocorridas no trabalhador, enquanto o conceito prevencionista é mais amplo, voltado para a “prevenção” e considera outros danos, além dos físicos.

Do ponto de vista prevencionista, quando uma ferramenta cai do alto de um andaime, por exemplo, esse fato caracteriza um acidente, mesmo que ninguém seja atingido. E o que é mais importante: na visão prevencionista, fatos como esse devem e podem ser evitados!

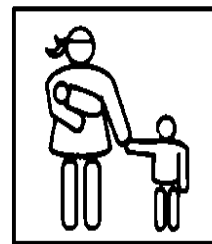
## Consequências dos acidentes

Muitas vezes, pior que o acidente em si, são as suas consequências. Todos sofrem:

- a vítima, que fica incapacitada de forma total ou parcial, temporária ou permanente para o trabalho;



- a família, que tem seu padrão de vida afetado pela falta dos ganhos normais, correndo o risco de cair na marginalidade;



- as empresas, com a perda de mão-de-obra, de material, de equipamentos, tempo etc., e, conseqüentemente, elevação dos custos operacionais;



- a sociedade, com o número crescente de inválidos e dependentes da Previdência Social.



Sofre, enfim, o próprio país, com todo o conjunto de efeitos negativos dos acidentes do trabalho.

Um acidente do trabalho pode levar o trabalhador a se ausentar da empresa apenas por algumas horas, o que é chamado de acidente sem afastamento. É o que ocorre, por exemplo, quando o acidente resulta num pequeno corte no dedo, e o trabalhador retorna ao trabalho em seguida.

Outras vezes, um acidente pode deixar o trabalhador impedido de realizar suas atividades por dias seguidos, ou meses, ou de forma definitiva. Se o trabalhador acidentado não retornar ao trabalho imediatamente ou até na jornada seguinte, temos o chamado acidente com afastamento, que pode resultar na incapacidade temporária, ou na incapacidade parcial e permanente, ou, ainda, na incapacidade total e permanente para o trabalho.

A **incapacidade temporária** é a perda da capacidade para o trabalho por um período limitado de tempo, após o qual o trabalhador retorna às suas atividades normais.

A **incapacidade parcial e permanente** é a diminuição, por toda vida, da capacidade física total para o trabalho. É o que acontece, por exemplo, quando ocorre a perda de um dedo ou de uma vista.

A **incapacidade total e permanente** é a invalidez incurável para o trabalho. Nesse caso, o trabalhador não tem mais condições para trabalhar. É o que acontece, por exemplo, se um trabalhador perde as duas vistas em um acidente do trabalho. Nos casos extremos, o acidente resulta na morte do trabalhador.

Os danos causados pelos acidentes são sempre bem maiores do que se imagina à primeira vista.

Por exemplo: Um trabalhador desvia sua atenção do trabalho por fração de segundo, ocasionando um acidente sério. Além do próprio trabalhador são atingidos mais dois colegas que trabalham ao seu lado. O trabalhador tem de ser removido urgentemente para o hospital e os dois outros trabalhadores envolvidos são atendidos no ambulatório da empresa. Um equipamento de fundamental importância é paralisado em consequência de quebra de algumas peças.

Resultados imediatos: três trabalhadores afastados, paralisação temporária das atividades da seção, equipamento danificado, tensão no ambiente de trabalho. A análise das consequências do acidente poderia parar por aí. Mas, em casos como esse, é con-

veniente pensar na potencialidade de danos e riscos que se originaram do acidente.

O equipamento parado corta a matéria-prima para vários setores de produção. Deve, portanto, ser reparada com toda urgência possível. Nesse caso, o setor de manutenção precisa entrar em ação rapidamente e, justamente por isso, apresenta a tendência de passar por cima de muitos princípios de segurança, devido à pressa em consertar a máquina.

Além disso, a remoção do acidentado para o hospital traz novos riscos. A pressa do motorista da ambulância, para chegar o mais rápido possível ao hospital, poderá criar condições desfavoráveis à sua segurança e à dos demais ocupantes do veículo e de outros veículos na rua.

Um acidente do trabalho tem, muitas vezes, uma força ainda maior do que simplesmente causar os danos que se observam na ocorrência do acidente em si.

Esse é mais um fator que pesa, favoravelmente, na justificativa de uma atitude prevencionista! É melhor prevenir o acidente do que enfrentar as consequências.

A prevenção de acidentes é uma atividade perfeitamente ao alcance do homem, visto que uma das mais evidentes características de superioridade do ser humano sobre os demais seres vivos é a sua capacidade de raciocínio e a previsão dos fatos e ocorrências que afetam o seu meio ambiente.

## **Acidente zero!**

Essa é uma meta que deve ser alcançada em toda empresa. Com a redução dos acidentes poderão ser eliminados problemas que afetam o homem e a produção. Para que isso aconteça, é necessário que tanto os empresários (que têm por obrigação fornecer um local de trabalho com boas condições de segurança e higiene, maquinaria segura e equipamentos adequados) como os trabalhadores (aos quais cabe a responsabilidade de desempe-

nhar o seu dever com menor perigo possível para si e para os companheiros) estejam comprometidos com uma mentalidade preventiva.

Prevenir quer dizer ver antecipadamente; chegar antes do acidente; tomar todas as providências para que o acidente não tenha possibilidade de ocorrer. Para atingir essa mentalidade prevencionista é necessário saber ouvir, orientar e ensinar.

Por que prevenir os acidentes? Porque prevenir é mais econômico e sensato que corrigir.

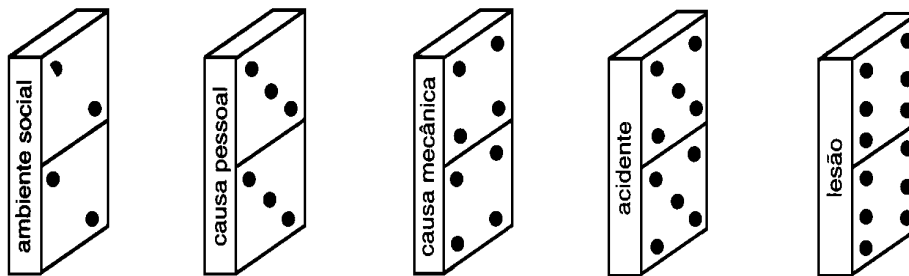
### O efeito dominó e os acidentes de trabalho

Há muito tempo, especialistas vêm se dedicando ao estudo dos acidentes e de suas causas. Um dos fatos já comprovados é que, quando um acidente acontece, vários fatores entraram em ação antes.

O que acontece quando enfileiramos pedras de um dominó e depois damos um empurrãozinho em uma delas? Todas as demais, na seqüência, acabam caindo, até a derrubada da última pedra. Algo semelhante acontece quando um acidente ocorre.

Baptista (1974), afirma que Heinrich, em seu livro *Industrial Accident Prevention* (Prevenção do Acidente Industrial), sugere que a lesão sofrida por um trabalhador, no exercício de suas atividades profissionais, obedece a uma seqüência de cinco fatores:

- hereditariedade e ambiente social
- causa pessoal
- causa mecânica
- acidente
- lesão



A **hereditariedade** refere-se ao conjunto de características genéticas, ou seja, transmitidas pelos genes, que passam de uma geração para outra. A cor dos olhos ou o tipo de sangue são exemplos de características físicas herdadas geneticamente. Da mesma forma, certas características psicológicas também são transmitidas dos pais para os filhos, influenciando o modo de ser de cada um.

O **ambiente social**, formado pelos grupos de pessoas com os quais cada um se relaciona, direta e indiretamente, afeta o comportamento das pessoas.

A **causa pessoal** está relacionada com a bagagem de conhecimentos e habilidades e com as condições de momento que cada um está atravessando. A probabilidade de envolvimento em acidentes aumenta quando estamos tristes ou deprimidos, ou quando vamos desempenhar uma tarefa para a qual não temos o preparo adequado.

A **causa mecânica** diz respeito às falhas materiais existentes no ambiente de trabalho. Quando o equipamento não apresenta

proteção para o trabalhador, quando a iluminação do ambiente de trabalho é deficiente ou quando não há boa manutenção do maquinário, os riscos de acidente aumentam consideravelmente.

Quando um ou mais dos fatores mencionados anteriormente se manifestam, ocorre o acidente que pode provocar ou não lesão no trabalhador.

O que podemos fazer para evitar que os acidentes ocorram?  
Uma maneira é controlar os fatores que antecedem o acidente.

Não é possível interferir nas características genéticas de uma pessoa, mas é possível influenciar sua conduta proporcionando um ambiente social rico em exemplos positivos. A educação e o treinamento do trabalhador para o exercício de suas funções são recursos importantes para reduzir o risco de acidentes.

Um trabalhador que conhece bem o seu trabalho e o desempenha com seriedade, atento às normas de segurança, está muito menos sujeito a um acidente do que um trabalhador desleixado, que não mostra preocupação com a qualidade de seu trabalho. As causas pessoais também podem ser neutralizadas, observando-se a adaptação do trabalhador ao seu trabalho, e proporcionando-lhe cuidados médicos e assistenciais adequados.

Mas o fator central, mais próximo do acidente, é a causa mecânica! A remoção da causa mecânica é o fator que mais reduz a probabilidade de um acidente ocorrer.

A prevenção começa, portanto, pela eliminação ou neutralização das causas dos acidentes.

## Atividades prevencionistas na empresa

Em se tratando de responsabilidade pela segurança na empresa, quem deveria assumi-la? Será que um setor daria conta de tudo que acontece numa empresa? Não. A prevenção de acidentes precisa da colaboração de todos.



É por isso que toda empresa deve ter uma CIPA - Comissão Interna de Prevenção de Acidentes.

O objetivo fundamental da CIPA é a prevenção de acidentes. Sua composição e atuação estão definidas por legislação específica - a Norma Regulamentadora NR-5, da Portaria nº 33 (27/10/83) do Ministério do Trabalho.

A CIPA tem papel importantíssimo porque possibilita a união de empresários e empregados para estudar problemas sérios da empresa e descobrir meios e processos capazes de cercar o local de trabalho da maior segurança possível.

A CIPA pode contribuir para a solução de problemas, com campanhas e observações cuidadosas do ambiente de trabalho, ou seja, as inspeções de segurança. As campanhas da CIPA têm por objetivo desenvolver uma mentalidade prevencionista entre os trabalhadores.

### Inspeções de segurança

Quando falamos das atividades prevencionistas, não podemos deixar de destacar as inspeções de segurança.

Os cipeiros (membros da CIPA) fazem levantamento dos perigos existentes para impedi-los de virem a se tornar causas de acidentes.

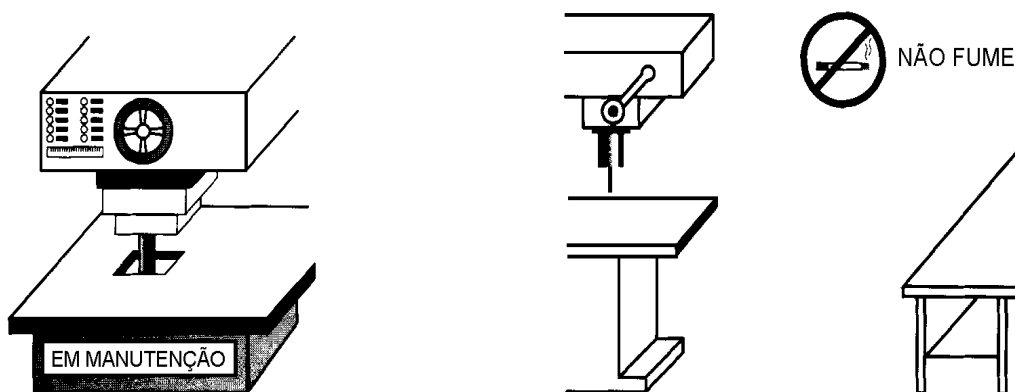
Toda inspeção segue um ciclo de procedimentos básicos que contribui para a elaboração do mapeamento de riscos, ou seja, uma metodologia de inspeção dos locais de trabalho tornada obrigatória a partir da publicação da Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho NR-9, de 17/8/92.

Os acidentes são evitados com a aplicação de medidas específicas de segurança, selecionadas de forma a estabelecer maior eficácia na prática. As prioridades são:

- **Eliminação do risco** – significa torná-lo definitivamente inexistente. Exemplo: uma escada com piso escorregadio apresenta um sério risco de acidente. Esse risco poderá ser elimi-

nado com a troca do material do piso por outro, emborrachado e antiderrapante.

- **Neutralização do risco** – o risco existe, mas está controlado. Essa alternativa é utilizada na impossibilidade temporária ou definitiva da eliminação de um risco. Exemplo: as partes móveis de uma máquina – polias, engrenagens, correias etc. - devem ser neutralizadas com anteparos protetores, uma vez que essas partes das máquinas não podem ser simplesmente eliminadas.
- **Sinalização do risco** – é a medida que deve ser tomada quando não for possível eliminar ou isolar o risco. Por exemplo: máquinas em manutenção devem ser sinalizadas com placas de advertência; locais onde é proibido fumar devem ser devidamente sinalizados.



### Proteção coletiva X proteção individual

As medidas de proteção coletiva, isto é, que beneficiam a todos os trabalhadores, indistintamente, devem ter prioridade, conforme determina a legislação que dispõe sobre Segurança e Medicina do Trabalho.

Os equipamentos de proteção coletiva são conhecidos pela sigla EPC.

Os EPC devem ser mantidos nas condições que os especialistas em segurança estabelecerem, devendo ser reparados sempre que apresentarem qualquer deficiência.

Alguns exemplos de aplicação de EPC:

- **sistema de exaustão** que elimina gases, vapores ou poeiras do local de trabalho;
- **enclausuramento**, isto é, fechamento de máquina barulhenta para livrar o ambiente do ruído excessivo;
- **comando bimanual**, que mantém as mãos ocupadas, fora da zona de perigo, durante o ciclo de uma máquina;
- **cabo de segurança** para conter equipamentos suspensos sujeitos a esforços, caso venham a se desprender.

Quando não for possível adotar medidas de segurança de ordem geral, para garantir a proteção contra os riscos de acidentes e doenças profissionais, deve-se utilizar os equipamentos de proteção individual, conhecidos pela sigla EPI.

São considerados equipamentos de proteção individual todos os dispositivos de uso pessoal destinados a proteger a integridade física e a saúde do trabalhador.

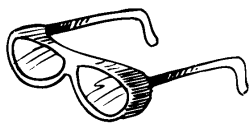
Os EPI não evitam os acidentes, como acontece de forma eficaz com a proteção coletiva. Apenas diminuem ou evitam lesões que podem decorrer de acidentes.

Existem EPI para proteção de praticamente todas as partes do corpo. Veja alguns exemplos:

- Cabeça e crânio: capacete de segurança contra impactos, perfurações, ação dos agentes meteorológicos etc.



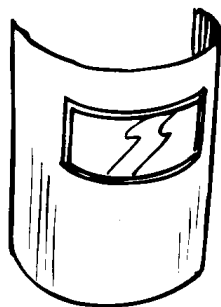
- Olhos: óculos contra impactos, que evita a cegueira total ou parcial e a conjuntivite. É utilizado em trabalhos onde existe o risco de impacto de estilhaços e cavacos.



- Vias respiratórias: protetor respiratório, que previne problemas pulmonares e das vias respiratórias, e deve ser utilizado em ambientes com poeiras, gases, vapores ou fumos nocivos.



- Face: máscara de solda, que protege contra impactos de partículas, respingos de produtos químicos, radiação (infravermelha e ultravioleta) e ofuscamento. Deve ser utilizada nas operações de solda.



- Ouvidos: concha, que previne contra a surdez, o cansaço, a irritação e outros problemas psicológicos. Deve ser usada sempre que o ambiente apresentar níveis de ruído superiores aos aceitáveis, de acordo com a norma regulamentadora.



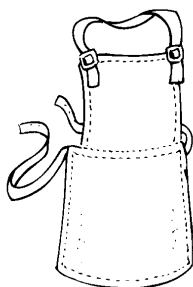
- Mãos e braços: luvas, que evitam problemas de pele, choque elétrico, queimaduras, cortes e raspões e devem ser usadas em trabalhos com solda elétrica, produtos químicos, materiais cortantes, ásperos, pesados e quentes.



- Pernas e pés: botas de borracha, que proporcionam isolamento contra eletricidade e umidade. Devem ser utilizadas em ambientes úmidos e em trabalhos que exigem contato com produtos químicos.



- Tronco: aventais de couro, que protegem de impactos, respingos de produtos químicos, choque elétrico, queimaduras e cortes. Devem ser usados em trabalhos de soldagem elétrica, oxiacetilênica, corte a quente etc.



### Observação

Não é qualquer EPI que atende a legislação e protege o trabalhador. Apenas aqueles que têm o número do CA e a marca do fabricante gravada no produto é que oferecem proteção efetiva.

Cabe ao trabalhador zelar pela própria segurança, recusando os EPIs que não tenham o CA e a identificação do fabricante.

A lei determina que os EPI sejam aprovados pelo Ministério do Trabalho, mediante certificados de aprovação (CA). As empresas devem fornecer os EPI gratuitamente aos trabalhadores que deles necessitarem. A lei estabelece também que é obrigação dos empregados usar os equipamentos de proteção individual onde houver risco, assim como os demais meios destinados a sua segurança.

É tarefa do Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT) e da CIPA ou, na falta desses, do empregador, determinar o tipo adequado de EPI em face do risco que irá neutralizar e quais as pessoas na empresa que deverão utilizá-los.

O treinamento é uma fase importante no processo de utilização dos EPI. Quando o trabalhador recebe instruções sobre a maneira correta de usar o EPI, aceita-o melhor. Sendo assim, quando tiver dúvidas sobre a utilização de um EPI, peça esclarecimentos ao setor de segurança de sua empresa.

### Controle e conservação dos equipamentos de proteção

Cabe ao setor de segurança da empresa, juntamente com outros setores competentes, estabelecer o sistema de controle adequado.

A conservação dos equipamentos é outro fator que contribui para a segurança do trabalhador. Portanto, cada profissional deve ter os seus próprios equipamentos e deve ser responsável pela sua conservação.

# Organização do trabalho

Para executar qualquer tarefa com sucesso, é preciso que nos organizemos antes. Organizar significa pensar antes de iniciarmos a tarefa. Mas pensar em quê?:

- na maneira mais simples de fazer a tarefa, evitando complicações ou controles exagerados;
- no modo mais barato de fazer a tarefa;
- no meio menos cansativo para quem vai realizar a tarefa;
- num procedimento que seja mais rápido;
- em obter a melhor qualidade e o resultado mais confiável;
- na maneira menos perigosa de fazer a tarefa;
- numa forma de trabalho que não prejudique o meio ambiente, ou seja, que não cause poluição do ar, da água e do solo.

É fácil tratar cada um desses itens isoladamente para tomar providências. O problema surge quando desejamos tratar todos os itens juntos. Podemos, por exemplo, escolher uma forma mais rápida de realizar uma tarefa. Entretanto, essa forma pode afetar a qualidade e a segurança, tornando o trabalho perigoso.

Se, por exemplo, precisamos trocar rapidamente uma lâmpada queimada sobre a máquina de trabalho, podemos fazer a troca subindo na máquina. Mas esse procedimento não é bom, porque pode nos levar a um acidente. O correto seria usarmos uma escada. A tarefa seria mais demorada mas a segurança e a qualidade estariam asseguradas.

Portanto, todos os itens devem ser pensados juntos, para que no final haja equilíbrio entre eles, de modo que um não prejudique o outro.

Além disso, precisamos pensar, também, na quantidade e qualidade das pessoas e dos materiais necessários, na hora e no local em que eles devem estar.

Antes de iniciar o trabalho, precisamos providenciar:

- máquinas;
- ferramentas adequadas e em bom estado;
- matéria-prima;
- equipamentos diversos, inclusive os de segurança;
- tempo necessário;
- pessoas qualificadas etc.

Quando fazemos, com antecedência, um estudo de todos os fatores que vão interferir no trabalho e reunimos o que é necessário para a sua execução, estamos organizando o trabalho para alcançar bons resultados.

Sempre trabalhamos em função de um objetivo, que pode ser a fabricação de um produto ou a realização de um serviço. Serviço é o trabalho feito por uma pessoa para satisfazer a uma necessidade, como, por exemplo, consertar uma torneira. A torneira é consertada sem ser modificada. Produto é o resultado de um trabalho de fabricação.

Quando fazemos algum produto, modificando suas características físicas ou químicas, ou quando fazemos um serviço, estamos realizando um trabalho com uma finalidade.

Se, por exemplo, misturamos várias matérias-primas e levamos a mistura ao forno, as matérias se fundem num só produto. Ocorre uma transformação química, uma vez que mudam as características das matérias-primas.

Por outro lado, se pegamos um pedaço de aço e o usinamos num torno, transformando-o numa peça, causamos uma transformação física sem que se transformem as características químicas do aço.



Todas essas transformações são feitas graças à participação física ou intelectual do homem.

## Trabalhos físico e intelectual

Quando carregamos uma pequena barra de aço para levá-la à fresa, esse trabalho é mais físico do que intelectual, pois estamos usando predominantemente a nossa força muscular.

Ao fazer um desenho mecânico, estamos realizando um trabalho mais intelectual do que físico.

Quase tudo que está à nossa volta é fruto do trabalho dos homens, desde a sua criação até a sua execução. De manhã, ao tomar café com leite e comer pão com manteiga, podemos imaginar quantas pessoas colaboraram com seu trabalho físico e intelectual para termos esses produtos. Graças ao trabalho e à capacidade dessas pessoas, conseguimos viver com maior conforto e saúde.

Podemos imaginar, também, a importância do nosso trabalho para a sociedade. Muitas vezes, relacionamos essa importância com o salário que recebemos. Mas, além do salário, nosso trabalho tem um grande valor pelos benefícios que ele oferece a muitas pessoas.

É comum nos aborrecermos com a aquisição de um produto que apresenta defeitos ou ficarmos decepcionados com um profissional que nos atende mal. Muitas vezes isso se deve ao fato de os trabalhadores não saberem a importância de seu trabalho.

É necessário que nosso trabalho seja bem-feito, da maneira mais eficiente e eficaz. É comum ouvir pessoas reclamando de um mau atendimento, mas, por outro lado, essas mesmas pessoas trabalham mal nos seus próprios postos de trabalho. É o caso de perguntar por que reclamar dos outros se também não trabalhamos bem?

Podemos concluir que todos nós devemos trabalhar com dedicação e eficiência para o bem comum.

## Produtividade e produção

Obtemos maior produtividade quando organizamos nosso trabalho e tomamos as medidas adequadas para a sua execução.

Mas o que é produzir com produtividade? É obter um produto de boa qualidade com menor preço de custo, em menos tempo e em maior quantidade. Isso é conseguido graças ao desempenho do trabalhador.

A produção é o aspecto da produtividade que indica a quantidade de produtos fabricados numa determinada unidade de tempo.

Suponhamos, por exemplo, que numa certa fábrica sejam produzidas dez bicicletas por hora. Esse fato refere-se à produção. Já a produtividade é algo mais do que isso. Pode ser que as bicicletas não apresentem boa qualidade e que seu custo seja alto. Houve produção mas não houve produtividade.

A produtividade é de muita importância para toda a nação. Em primeiro lugar, ela beneficia os usuários do nosso produto ou serviço porque eles são atendidos com boa qualidade e a baixo custo. Beneficia também a empresa, que consegue manter-se ativa graças aos lucros obtidos. E ainda beneficia o funcionário, possibilitando-lhe permanência na empresa e progresso profissional.

Dessa forma, podemos concluir que a produtividade é um dos principais meios para o progresso da nação, uma vez que beneficia a todos e ajuda o desenvolvimento social e econômico.

Para alcançar um nível ótimo de produtividade, temos, na prática, uma série de princípios e procedimentos. Os principais deles serão estudados a seguir.

### Posto de trabalho

É o local definido e delimitado para a realização de uma atividade qualquer. Esse local deve ter tudo que é necessário para o trabalho: máquinas, bancadas, material, ferramental, instalações. Num posto de trabalho, podem trabalhar uma ou mais pessoas.

A organização do espaço do posto de trabalho é muito importante para se obter produtividade, ou seja, para se produzir mais, com menos esforço, tempo e custo, sem perda da qualidade.

Para essa organização, é valiosa a técnica baseada nos princípios de economia de movimentos.

### Princípios de economia de movimentos

Esses princípios orientam procedimentos para reduzir movimentos do profissional e aumentar a produtividade. A idéia básica desses princípios é a de que não se deve fazer nada que seja desnecessário. Normalmente, esses princípios são empregados em trabalhos contínuos, manuais e em pequenas montagens. De acordo com tais princípios, o trabalho deve ser organizado com base nas seguintes idéias:

#### Uso de músculos adequados

Deve haver concordância entre o esforço a ser feito e os músculos a serem utilizados num trabalho físico. Pela ordem, devemos usar os músculos dos dedos. Se estes não forem suficientes para o esforço despendido, vamos acrescentando a força de outros músculos: do punho, do antebraço, do braço e ombros.

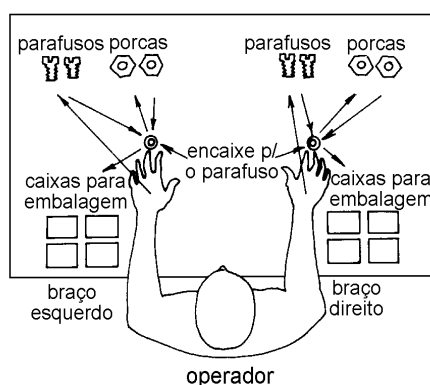
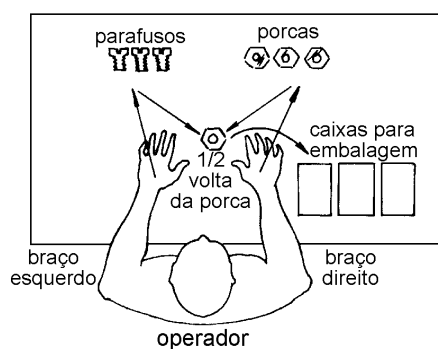
Essa quantidade de músculos deve ser usada de acordo com a necessidade: nem mais, o que seria desperdício de energia; nem menos, porque a sobrecarga de um só músculo pode causar problemas sérios ao trabalhador.

Quando um pintor usa um pincel médio para pintar uma porta numa determinada altura, ele deve usar os músculos dos dedos mais os músculos dos punhos. Se utilizasse também o antebraço, estaria fazendo esforço desnecessário.

## Mãos e braços

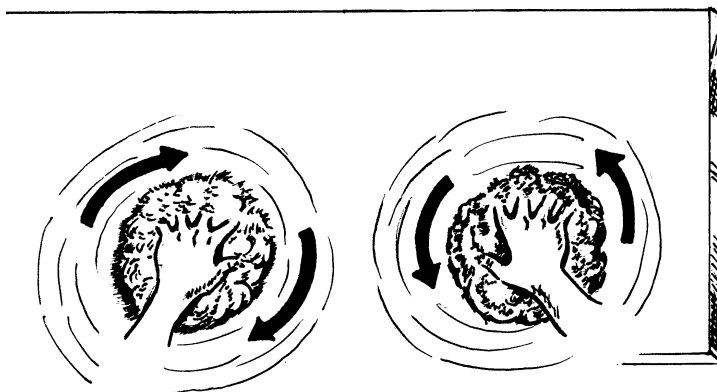
As mãos e os braços devem trabalhar juntos. Sempre que possível, deve-se organizar o trabalho de modo que ele possa ser realizado com as duas mãos ou os dois braços num mesmo momento e em atividades iguais.

Se, por exemplo, temos de colocar uma porca num parafuso, dar meia-volta na porca e colocar a peça numa caixa de embalagem, devemos fazer esse trabalho com as duas mãos e os dois braços. Numa empresa, esse tipo de trabalho pode ser feito de modo rápido e eficiente pelo trabalhador, desde que se façam as adaptações necessárias no posto de trabalho e que o trabalhador passe por um treinamento.



## Movimentos curvos

Os movimentos dos braços e das mãos devem ser feitos em curvas contínuas, isto é, sem paradas e, se possível, de forma combinada. Um exemplo de movimento em curvas é o de encerrar que, em vez de vaivém, deve ser feito em círculos contínuos.



Um exemplo de movimento combinado é o que fazemos quando pegamos um parafuso com as mãos e o seguramos de modo que sua posição fique adequada para encaixá-lo num furo.

### Lançamentos

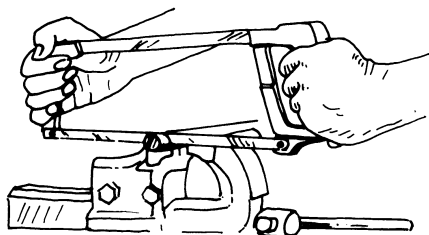
Quando necessitamos transportar coisas, poderemos lançá-las em vez de carregá-las, se a distância assim o permitir. Esse lançamento deve seguir uma trajetória chamada balística porque descreve uma curva igual ao caminho que faz uma bala disparada de uma arma de fogo. É o que fazem os pedreiros ao usarem pás para lançar areia de um local para outro.

### Ritmo

O trabalho deve ser feito com ritmo, ou seja, cadência. Quando andamos uma longa distância, devemos manter um ritmo constante, de modo que não nos cansemos andando muito rápido, nem demoremos andando muito devagar.

Mas é preciso lembrar que cada pessoa tem um ritmo próprio. Assim, o trabalhador deve seguir o seu próprio ritmo e mantê-lo constantemente.

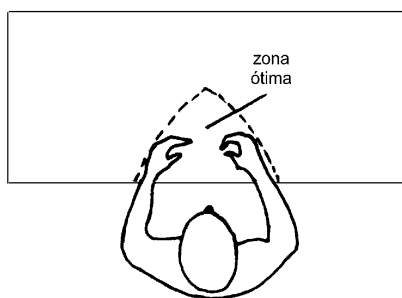
Ao serrar uma barra de aço de bitola fina, por exemplo, com uma serra manual, o movimento de vaivém deve ter um ritmo normal. Um movimento excessivamente rápido, além de cansar quem está serrando, pode resultar num corte malfeito, sem boa qualidade. Também pode causar redução da produção pois o trabalhador, após excessivo esforço, vê-se obrigado a parar por muito cansaço.



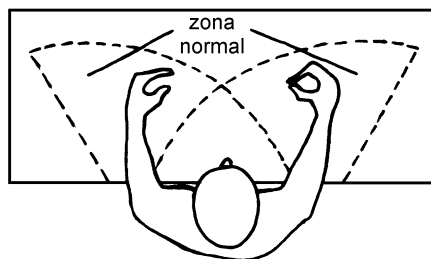
## Zonas de trabalho

É preciso demarcar bem a zona de trabalho, que é a área da extensão das mãos do trabalhador quando ele movimenta os braços, sem precisar movimentar o corpo.

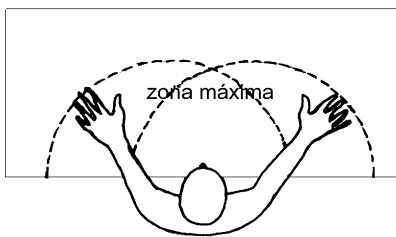
No plano horizontal, temos a chamada zona ótima, adequada para a realização de tarefas mais precisas, em que são movimentados os dedos e os punhos.



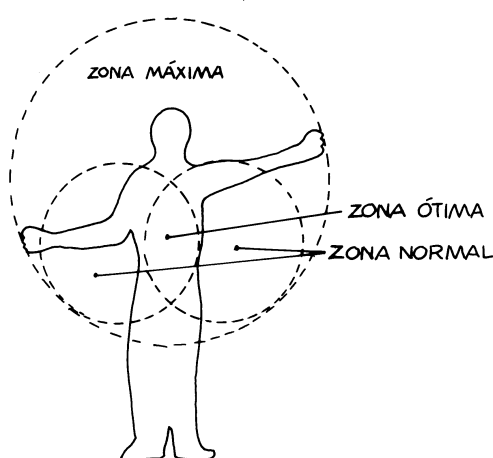
Quando usamos dedos, punho e antebraço na execução de um trabalho, estamos usando a zona normal, conforme a figura.



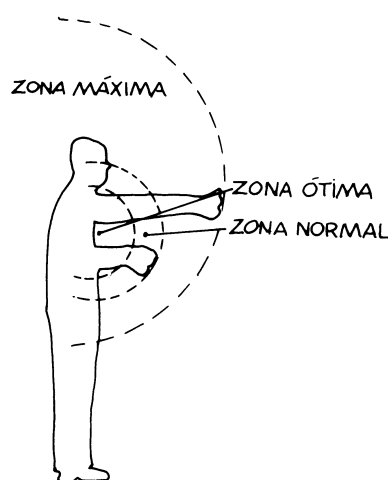
A zona de alcance máximo dos braços corresponde à área denominada zona máxima. Além desse limite, não é recomendável a realização de nenhuma tarefa.



Todas as ferramentas, materiais, botões de comando e pontos de operação devem estar sempre colocados nessas áreas, seguindo, se possível, a sequência: zona ótima, zona normal, zona máxima.



Essas áreas também existem no plano vertical, que fica paralelo à frente da pessoa como é o caso do professor, ao escrever na lousa

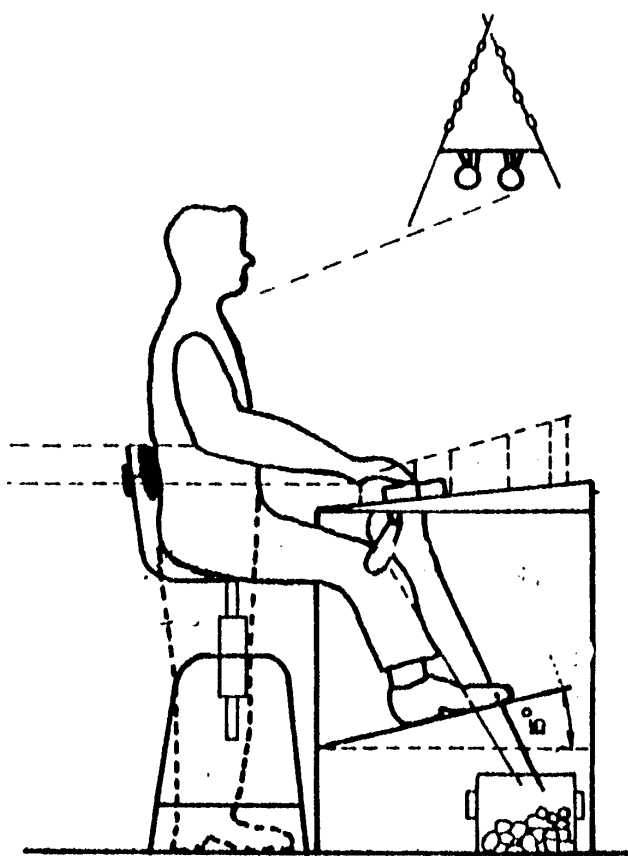


A área de trabalho pode, ainda, estar em pleno perpendicular à frente do corpo, como é o caso do músico que toca harpa.

## Altura do posto de trabalho

A altura do posto de trabalho é um dos aspectos importantes para manter o conforto do trabalhador e evitar cansaço. Sempre que possível, a pessoa deve ter liberdade para trabalhar em pé ou sentada, mudando essas duas posições de acordo com sua disposição física. Portanto, as máquinas e bancadas devem ter altura adequada à altura do trabalhador para ele trabalhar em pé. Para seu conforto, deve haver um assento alto, regulável, que lhe possibilite trabalhar sentado. No entanto, existem trabalhos que só podem ser feitos com o trabalhador sentado, como os motoristas, e trabalhos que só podem ser feitos em pé, como os cozinheiros à frente do fogão.

Em cadeira alta, o trabalhador precisa ter um apoio para os pés, de modo que haja facilidade de circulação do sangue pelas coxas, pelas pernas e pelos pés.

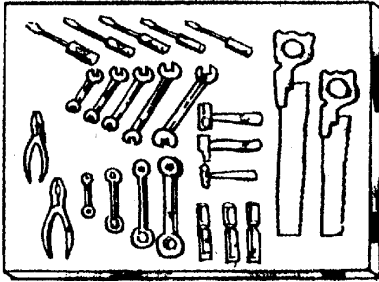


### Um lugar para cada coisa

Deve haver sempre um lugar para cada coisa e cada coisa deve estar sempre em seu lugar. Pondo isso em prática, evitam-se fadiga, perda de tempo e irritação por não se encontrar o que se necessita.



Um exemplo desse princípio de ordem e organização é o dos quadros de oficinas mecânicas, que apresentam contornos das ferramentas a fim de que cada uma volte sempre ao seu local.

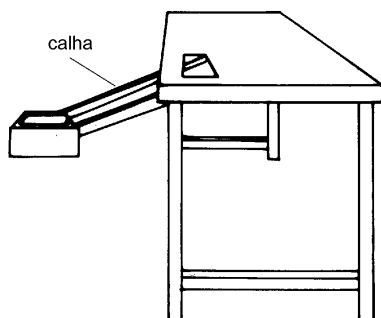


### Objetos em ordem

Objetos em ordem facilitam o trabalho. Se, numa seqüência de operações, você usa ferramentas ou outros objetos, procure colocá-los na mesma ordem da seqüência de uso e na zona em que vai trabalhar. Os objetos de uso mais freqüente devem ficar mais próximos de você.

### Uso da força da gravidade

A força da gravidade faz com que os corpos sejam atraídos para o centro da Terra. Deve ser aproveitada para pequenos deslocamentos, como é caso de abastecimento e retirada de materiais. Sua bancada, por exemplo, pode ter uma calha para você receber peças ou transportá-las para outro posto.



## Fatores ambientais

Outros fatores, como iluminação, barulho, temperatura etc., devem ser considerados para aumentar a produtividade e assegurar a qualidade do produto ou serviço que está sendo feito.

## Ferramentas

As ferramentas devem ser adequadas ao trabalho, tanto no tipo quanto no tamanho. Por exemplo, para pregar pregos pequenos, devemos usar martelos pequenos e para pregos grandes, martelos grandes. Devemos apertar uma porca com chave de boca com tamanho e tipo apropriados. Seria incorreto usar um alicate.

## Ferramentas combinadas

Podemos utilizar combinações de ferramentas, desde que não criem risco de acidentes. É o caso do canivete de pescador, que tem lâmina de corte, abridor de latas, de garrafas etc. É o caso, também, da chave de bicicleta, que retira diferentes tipos de porcas e serve como chave de fenda.

## Acessórios astuciosos

Alguns acessórios úteis são inventados para aumentar o rendimento das máquinas e para proporcionar maior segurança para quem trabalha. Exemplos disso são os encostos, gabaritos, suportes, guias. São acessórios conhecidos como astuciosos porque são feitos por quem tem astúcia, ou seja, esperteza.

## Conclusão

Ao aplicar muitos desses princípios de economia de movimentos, consegue-se facilmente, apenas com pequenas modificações, grande aumento de produtividade no trabalho manual. São coisas que podemos fazer e que, na maioria das vezes, só dependem de nós.

## Aço-carbono

Aço é a liga ferro-carbono que contém geralmente entre 0,008% até 2,11% de carbono, além de outros elementos que resultam dos processos de fabricação.

O aço é obtido a partir do ferro-gusa líquido, produzido nos altos-fornos das usinas siderúrgicas, no setor denominado aciaria.

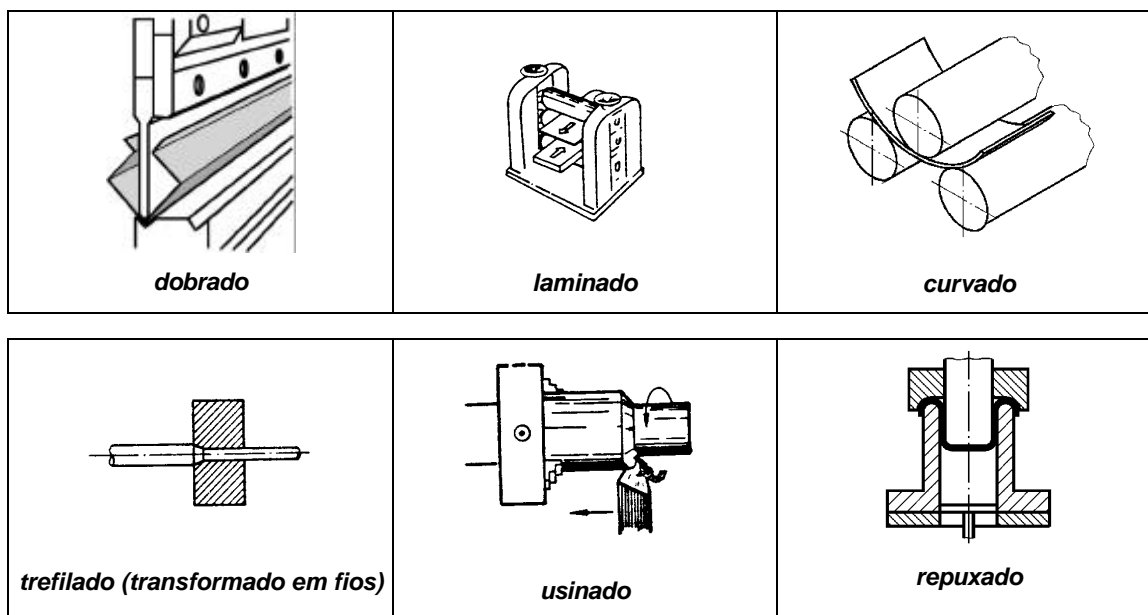
Na aciaria, o gusa líquido passa por um processo de descarbonetação, ou seja, remoção, por oxidação, de parte do carbono existente no gusa. Além do carbono, outros elementos tais como o enxofre (S), o fósforo (P), o silício (Si) e o manganês (Mn), presentes no gusa, são reduzidos a quantidades mínimas por oxidação.

Esses elementos residuais têm influência no desempenho do aço e, por isso, devem ter suas quantidades controladas. Veja quadro a seguir.

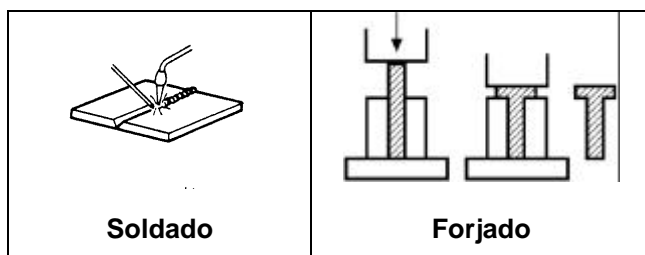
Elemento	Influências dos elementos nos aços-carbono
<b>Manganês (Mn)</b>	Em aços com pouco carbono, a presença do manganês em pequenas porcentagens, torna-os mais dúcteis e maleáveis. Em aços ricos em carbono, o manganês endurece-os e aumenta-lhes a resistência aos choques.
<b>Silício (Si)</b>	Contribui para o aumento da dureza e da tenacidade. O silício evita a porosidade e influi para que não apareçam falhas ou vazios na massa do aço,
<b>Fósforo (P)</b>	É prejudicial em teores elevados, pois torna o aço frágil e quebradiço. Sua presença deve ser reduzida ao mínimo possível, já que não se pode eliminá-lo por completo.
<b>Enxofre (S)</b>	É prejudicial ao aço tornando-o granuloso e áspero, devido aos gases que produz na massa metálica. O enxofre enfraquece a resistência do aço e deve ser reduzido ao mínimo.

Apesar da presença desses elementos, os aços-carbono são especificados apenas em função do teor de carbono que apresentam. Assim, dependendo do teor de carbono, esses aços subdividem-se em três classes:

- aços com baixos teores de carbono: entre 0,008% e 0,3%;
- aços com médios teores de carbono: entre 0,3% e 0,7%;
- aços com altos teores de carbono: entre 0,7% e 2,11%.



A quantidade de carbono tem influência decisiva nas propriedades dos aços. Ela influi na dureza, na resistência à tração e na maleabilidade dos aços. Quanto mais carbono um aço contiver, mais duro ele será.



O aço é ainda o material mais usado na indústria mecânica e pode ser trabalhado pelos mais diversos processos de fabricação. Suas propriedades mecânicas permitem que ele seja sol-

dado, curvado, forjado, dobrado, trefilado, laminado e trabalhado por meio de ferramentas de corte.

## Aço-liga

Os aços-liga ou aços especiais são obtidos mediante a adição e dosagem de certos elementos ao aço-carbono quando esse está sendo produzido.

Os principais elementos que adicionam-se aos aços são os seguintes: alumínio (Al), manganês (Mn), níquel (Ni), cromo (Cr), molibdênio (Mo), Vanádio (V), Silício (Si), cobre (Cu), cobalto (Co) e tungstênio (W).

Com a adição desses elementos, de forma isolada ou combinada em porcentagens variáveis, fabrica-se uma enorme variedade de aços-liga, cada qual com suas características e aplicações. Por exemplo, os aços normalmente utilizados para fabricar ferramentas de corte são conhecidos pelo nome de aços rápidos. Esses aços apresentam, em sua composição, porcentagens variáveis de cromo, tungstênio, vanádio, cobalto, manganês e molibdênio. Por sua vez, os aços inoxidáveis apresentam de 12 a 17% de cromo em sua composição, além de porcentagens variáveis de silício, manganês e níquel.

De um modo geral, ao introduzir elementos de liga nos aços visa-se aos seguintes objetivos:

- alterar as propriedades mecânicas;
- aumentar a usinabilidade;
- aumentar a temperabilidade;
- conferir dureza a quente;
- aumentar a capacidade de corte;
- conferir resistência ao desgaste;
- conferir resistência à corrosão;
- conferir resistência à oxidação (ao calor);
- modificar as características elétricas e magnéticas.

Na tabela, a seguir, são mostrados os efeitos dos elementos de liga mais comuns, que são incorporados nos aços especiais, considerando a influência que eles exercem em algumas propriedades que os aços especiais devam apresentar.

Elementos de liga	Influência na estrutura	Influências nas propriedades	Aplicações	Produtos
<b>Níquel</b>	Refina o grão. Diminui a velocidade de transformação na estrutura do aço.	Aumento da resistência à tração. Alta ductilidade.	Aço para construção mecânica. Aço inoxidável. Aço resistente a altas temperaturas.	Peças para automóveis. Utensílios domésticos. Caixas para tratamento térmico.
<b>Manganês</b>	Estabiliza os carbonetos. Ajuda a criar microestrutura dura por meio de têmpera. Diminui a velocidade de resfriamento.	Aumento da resistência mecânica e temperabilidade da peça. Resistência ao choque.	Aço para construção mecânica.	Peças para automóveis e peças para uso geral em engenharia mecânica.
<b>Cromo</b>	Forma carbonetos. Acelera o crescimento dos grãos.	Aumento da resistência à corrosão e à oxidação. Aumento da resistência a altas temperaturas.	Aços para construção mecânica. Aços-ferramenta. Aços inoxidáveis.	Produtos para a indústria química; talheres; válvulas e peças para fornos. Ferramentas de corte.
<b>Molibdênio</b>	Influência na estabilização do carboneto.	Alta dureza ao rubro. Aumento de resistência à tração. Aumento de temperabilidade.	Aços-ferramenta. Aço cromo-níquel. Substituto do tungstênio em aços rápidos.	Ferramentas de corte.
<b>Vanádio</b>	Inibe o crescimento dos grãos. Forma carbonetos.	Maior resistência mecânica. Maior tenacidade e temperabilidade. Resistência à fadiga à abrasão.	Aços cromo-vanádio.	Ferramentas de corte.
<b>Tungstênio</b>	Forma carbonetos muito duros. Diminui a velocidade das transformações. Inibe o crescimento dos grãos.	Aumento da dureza. Aumento da resistência a altas temperaturas.	Aços rápidos. Aços-ferramenta.	Ferramentas de corte.
<b>Cobalto</b>	Forma carbonetos (fracamente).	Aumento da dureza. Resistência à tração. Resistência à corrosão e à erosão.	Aços rápidos. Elemento de liga em aços magnéticos.	Lâminas de turbina de motores a jato.
<b>Silício</b>	Auxilia na desoxidação. Auxilia na grafitação. Aumenta a fluidez.	Aumento da resistência à oxidação em temperaturas elevadas. Melhora da temperabilidade e de resistência à tração.	Aços com alto teor de carbono. Aços para fundição em areia.	Peças fundidas.


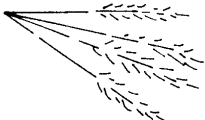
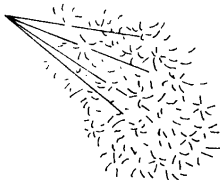



## Identificação dos aços

Os ferros fundidos, os aços-carbono e os aços-liga podem ser identificados por processos químicos (análises químicas) ou por meio da prova da centelha, que é um processo físico.

A prova da centelha consiste em encostar, levemente, a amostra de ferro ou aço no rebolo de uma esmerilhadeira em funcionamento, de preferência no escuro. Isso permite ao operador

observar a cor, o aspecto e a luminosidade das centelhas, o que exige bastante habilidade e prática.

Exemplos são dados a seguir.

	<b>Aço-carbono com baixo teor em carbono</b> - a cor das centelhas é amarelada e o feixe é moderado.
	<b>Aço-carbono com médio teor em carbono</b> - os feixes são curtos, mais brilhantes e abertos, formando estrelas.
	<b>Aço-carbono com alto teor em carbono</b> - os feixes são compridos e brilhantes, formando grande quantidade de estrelas.
	<b>Ferro fundido cinzento</b> - os feixes são curtos e pouco brilhantes e de cor vermelho-escuro.
	<b>Aço inoxidável</b> - os feixes são curtos, alaranjados e estrelados.
	<b>Aço rápido</b> - os feixes são curtos, de cor vermelho pardo e sem estrelas.

## Sistema de classificação dos aços

Dada a grande variedade de tipos de aço, criaram-se sistemas para a sua classificação.

A classificação mais generalizada é a que considera a composição química dos aços e, entre os sistemas de classificação conhecidos, destacam-se o do American Iron and Steel Institute (AISI) (Instituto Americano de Ferro e Aço) e o da Society of Automotive de Engineers (SAE) (Sociedade Automotiva de En-

genheiros), além do sistema da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Inicialmente veremos as classificações AISI e SAE. Essas associações seguem, aproximadamente, o mesmo método numérico de identificação e que, em linhas gerais, é o seguinte:

- são designados quatro algarismos para designar os aços;
- os dois primeiros algarismos indicam o tipo e o teor aproximado dos elementos da liga;
- os dois últimos algarismos especificam o teor de carbono;
- as letras XX correspondem aos algarismos indicativos dos teores de carbono;
- a letra C (na classificação AISI) indica que o aço foi produzido pelo processo Siemens-Martin;
- a letra E indica aço produzido em forno elétrico;
- a letra B designa aço ao boro;
- quando o primeiro algarismo é 1, os aços são simplesmente aços-carbono, desprezando-se seus teores mínimos de manganês, silício, fósforo e enxofre. Nesse caso, esses teores são considerados iguais a zero;

quando o primeiro algarismo for:

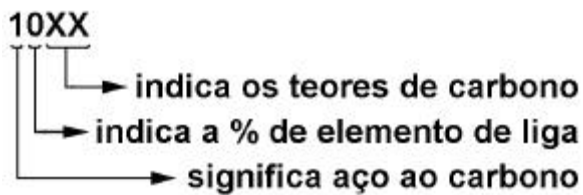
- 2 trata-se de aço ao níquel
- 3 trata-se de aço ao níquel-cromo
- 4 trata-se de aço ao molibdênio
- 5 trata-se de aço ao cromo
- 6 trata-se de aço ao cromo-vanádio
- 7 trata-se de aço ao tungstênio
- 8 trata-se de aço ao níquel-cromo-molibdênio
- 9 trata-se de aço ao silício-manganês



A tabela a seguir mostra classificação dos aços segundo os sistemas SAE e AISI. Ela deve ser consultada quando necessário.

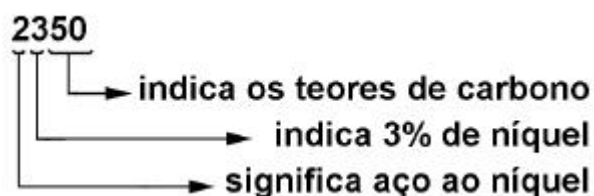
Designação		Tipo de aço
SAE	AISI	
10 XX	C 10 XX	aços ao carbono comuns
11 XX	C 11 XX	aços de fácil usinagem com alto teor de enxofre
13 XX	13 XX	aços ao manganês com 1,75% de Mn
23 XX	23 XX	aços-níquel com 3,5% de Ni
25 XX	25 XX	aços-níquel com 5% de Ni
31 XX	31 XX	aços-níquel-cromo com 1,25% de Ni e 0,65% de Cr
33 XX	E 33 XX	aços-níquel cromo com 3,5% de Ni e 1,57% de Cr
40 XX	40 XX	aços-molibdênio com 0,25% de Mo
41 XX	41 XX	aços-cromo-molibdênio com 0,50% ou 0,95% de Cr e 0,12%; 0,20% ou 0,25% de Mo
43 XX	43 XX	aços-níquel-cromo-molibdênio com 1,82% de Ni; 0,50% ou 0,80% de Cr e 0,25% de Mo
46 XX	46 XX	aços-níquel-cromo-molibdênio com 1,05% de Ni; 0,45% de Cr e 0,20% de Mo
48 XX	48 XX	aços-níquel-molibdênio com 3,50% de Ni e 0,25% de Mo
50 XX	50 XX	aços-cromo com 0,27%; 0,40% ou 0,50% de Cr
51 XX	51 XX	aços-cromo com 0,80% a 1,05% de Cr
511 XX	E 511 XX	aços de médio cromo para rolamentos com 1,02% de Cr
521 XX	E 521 XX	aços de alto cromo para rolamentos com 1,45% de Cr
61 XX	61 XX	aços-cromo-vanádio com 0,80% ou 0,95% de Cr e 0,10% ou 0,15% de V no mínimo
86 XX	86 XX	aços-níquel-cromo-molibdênio com 0,55% de Ni; 0,50% ou 0,65% de Cr e 0,20% de Mo
92 XX	92 XX	aços-silício-manganês com 0,65%, 0,82%, 0,85% ou 0,87% de Mn; 1,40% ou 2% de Si; 0%; 0,17%; 0,32% ou 0,65% de Cr
93 XX	93 XX	aços-níquel-molibdênio com 3,25% de Ni; 1,20% de Cr e 0,12% de Mo
98 XX	98 XX	aços-níquel-cromo-molibdênio com 1% de Ni; 1,20% de Cr e 0,12% de Mo
XX B XX	XX B XX	aços-boro com 0,0005% de B no mínimo

Aço 1010. É um aço ao carbono SAE pertencente à categoria 10XX.



Portanto, um aço 1010 é um aço ao carbono com aproximadamente 0,10% de carbono. Observe que os elementos de liga foram desprezados, ou seja, foram considerados iguais a zero.

Aço 2350. É um aço ao níquel SAE ou AISI pertencente à categoria 23 XX.



Logo, um aço 2350 é um aço ao níquel com aproximadamente 3% de níquel e 0,50% de carbono.

Aço 5130. É um aço ao cromo com aproximadamente 1% de cromo e 0,30% de carbono. Veja, na tabela, que esse aço é do tipo 51 XX SAE ou AISI.

Aço 9220. É um aço silício-manganês com aproximadamente 2% de silício e manganês e 0,2% de carbono.

O sistema brasileiro da ABNT baseou-se nos sistemas SAE e AISI para elaborar seu sistema de classificação.

A seguir, são apresentadas duas tabelas da ABNT: uma para a classificação dos aços-liga e outra para a classificação dos aços-carbono. Em ambas estão a porcentagem aproximada dos elementos de liga.

## Classificação ABNT de aços-liga

Designação	C,%	Mn,%	Si,%	Cr,%	Ni,%	Mo,%
1340	0,38 - 0,43	1,60 - 1,90	0,20 - 0,25	-	-	-
4130	0,28 - 0,33	0,40 - 0,60	0,20 - 0,35	0,80 - 1,10	-	0,15 - 0,25
4135	0,33 - 0,38	0,70 - 0,90	0,20 - 0,35	0,80 - 1,10	-	0,15 - 0,25
4140	0,38 - 0,43	0,75 - 1,00	0,20 - 0,35	0,80 - 1,10	-	0,15 - 0,25
4320	0,17 - 0,22	0,45 - 0,65	0,20 - 0,35	0,40 - 0,60	1,65 - 2,00	0,20 - 0,30
4340	0,38 - 0,43	0,60 - 0,80	0,20 - 0,35	0,70 - 0,90	1,65 - 2,00	0,20 - 0,30
5115	0,13 - 0,18	0,70 - 0,90	0,20 - 0,35	0,70 - 0,90	-	-
5120	0,17 - 0,22	0,70 - 0,90	0,20 - 0,35	0,70 - 0,90	-	-
5130	0,28 - 0,33	0,70 - 0,90	0,20 - 0,35	0,80 - 1,10	-	-
5135	0,33 - 0,38	0,60 - 0,80	0,20 - 0,35	0,80 - 1,05	-	-
5140	0,38 - 0,43	0,70 - 0,90	0,20 - 0,35	0,70 - 0,90	-	-
5160	0,55 - 0,65	0,75 - 1,00	0,20 - 0,35	0,70 - 0,90	-	-
E52100	0,95 - 1,00	0,25 - 0,45	0,20 - 0,35	1,30 - 1,60	-	-
6150	0,48 - 0,53	0,70 - 0,90	0,20 - 0,35	0,80 - 1,10	-	-
8615	0,13 - 1,18	0,70 - 0,90	0,20 - 0,35	0,40 - 0,60	0,40 - 0,70	0,15 - 0,25
8620	0,18 - 0,23	0,70 - 0,90	0,20 - 0,35	0,40 - 0,60	0,40 - 0,70	0,15 - 0,25
8630	0,28 - 0,33	0,70 - 0,90	0,20 - 0,35	0,40 - 0,60	0,40 - 0,70	0,15 - 0,25
8640	0,38 - 0,43	0,75 - 1,00	0,20 - 0,35	0,40 - 0,60	0,40 - 0,70	0,15 - 0,25
8645	0,43 - 0,48	0,75 - 1,00	0,20 - 0,35	0,40 - 0,60	0,40 - 0,70	0,15 - 0,25
8650	0,48 - 0,53	0,75 - 1,00	0,20 - 0,35	0,40 - 0,60	0,40 - 0,70	0,15 - 0,25
8660	0,55 - 0,65	0,75 - 1,00	0,20 - 0,35	0,40 - 0,60	0,40 - 0,70	0,15 - 0,25
E9315	0,13 - 0,18	0,45 - 0,65	0,20 - 0,35	1,00 - 1,40	3,00 - 3,50	0,08 - 0,15

O tipo 6150 tem 0,15% min. De vanádio.

## Aço-carbono conforme ABNT

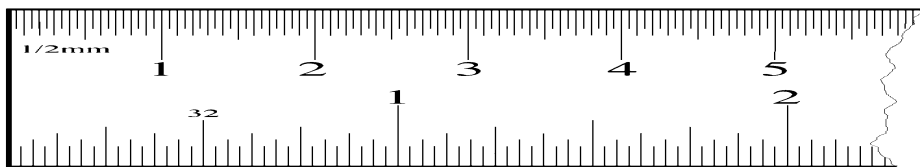
ABNT	Limites de composição química, % na análise de panela				SAE
	C	Mn	P máx.	S máx.	
1005	0,06 máx.	0,35 máx.	0,040	0,050	-
1006	0,08 máx.	0,25 - 0,40	0,040	0,050	1006
1008	0,10 máx.	0,30 - 0,50	0,040	0,050	1008
1010	0,08 - 0,13	0,30 - 0,60	0,040	0,050	1010
1011	0,08 - 0,13	0,60 - 0,90	0,040	0,050	-
1012	0,10 - 0,15	0,30 - 0,60	0,040	0,050	1012
1013	0,11 - 0,16	0,50 - 0,80	0,040	0,050	-
1015	0,13 - 0,18	0,30 - 0,60	0,040	0,050	1015
1016	0,13 - 0,18	0,60 - 0,90	0,040	0,050	1016
1017	0,15 - 0,60	0,30 - 0,60	0,040	0,050	1017
1018	0,15 - 0,20	0,60 - 0,90	0,040	0,050	1018
1019	0,15 - 0,20	0,70 - 1,00	0,040	0,050	1019
1020	0,18 - 0,23	0,30 - 0,60	0,040	0,050	1020
1021	0,18 - 0,23	0,60 - 0,90	0,040	0,050	1021
1022	0,18 - 0,23	0,70 - 1,00	0,040	0,050	1022
1023	0,20 - 0,25	0,30 - 0,60	0,040	0,050	1023
1025	0,22 - 0,28	0,30 - 0,60	0,040	0,050	1025
1026	0,22 - 0,28	0,60 - 0,90	0,040	0,050	1026
1029	0,25 - 0,31	0,60 - 0,90	0,040	0,050	-
1030	0,28 - 0,34	0,60 - 0,90	0,040	0,050	1030
1035	0,32 - 0,38	0,60 - 0,90	0,040	0,050	1035
1037	0,32 - 0,38	0,70 - 1,00	0,040	0,050	1037
1038	0,35 - 0,42	0,60 - 0,90	0,040	0,050	1038
1039	0,37 - 0,44	0,70 - 1,00	0,040	0,050	1039
1040	0,37 - 0,44	0,60 - 0,90	0,040	0,050	1040
1042	0,40 - 0,47	0,60 - 0,90	0,040	0,050	1042
1043	0,40 - 0,47	0,70 - 1,00	0,040	0,050	1043
1044	0,43 - 0,50	0,30 - 0,60	0,040	0,050	-
1045	0,43 - 0,50	0,60 - 0,90	0,040	0,050	1045
1046	0,43 - 0,50	0,70 - 1,00	0,040	0,050	1046
1049	0,46 - 0,53	0,60 - 0,90	0,040	0,050	1049
1050	0,48 - 0,55	0,60 - 0,90	0,040	0,050	1050
1053	0,48 - 0,55	0,70 - 1,00	0,040	0,050	-
1055	0,50 - 0,60	0,60 - 0,90	0,040	0,050	1055
1060	0,55 - 0,65	0,60 - 0,90	0,040	0,050	1060
1064	0,60 - 0,70	0,50 - 0,80	0,040	0,050	1064
1065	0,60 - 0,70	0,60 - 0,90	0,040	0,050	1065
1069	0,65 - 0,75	0,40 - 0,70	0,040	0,050	-
1070	0,65 - 0,75	0,60 - 0,90	0,040	0,050	1070
1074	0,70 - 0,80	0,50 - 0,80	0,040	0,050	1070
1075	0,70 - 0,80	0,40 - 0,70	0,040	0,050	-
1078	0,72 - 0,85	0,30 - 0,60	0,040	0,050	1078
1080	0,75 - 0,88	0,60 - 0,90	0,040	0,050	1080
1084	0,80 - 0,93	0,60 - 0,90	0,040	0,050	1084
1085	0,80 - 0,93	0,70 - 1,00	0,040	0,050	-
1086	0,80 - 0,93	0,30 - 0,50	0,040	0,050	1086
1090	0,85 - 0,98	0,60 - 0,90	0,040	0,050	1090
1095	0,90 - 1,03	0,30 - 0,50	0,040	0,050	1095

Observação: Aplicável somente a produtos semi-acabados para forjamento, barras laminadas a quente, barras laminadas a quente e acabadas a frio, fio-máquina.

Para finalizar, podemos dizer que os aços-carbono e os aços-liga ocupam um lugar de destaque em termos de aplicações. Com eles constroem-se: edifícios, automóveis, caminhões, navios, submarinos, pontes, motores, engrenagens, máquinas operatrizes, utensílios domésticos e uma imensa variedade de objetos que a sociedade moderna utiliza no dia-a-dia.

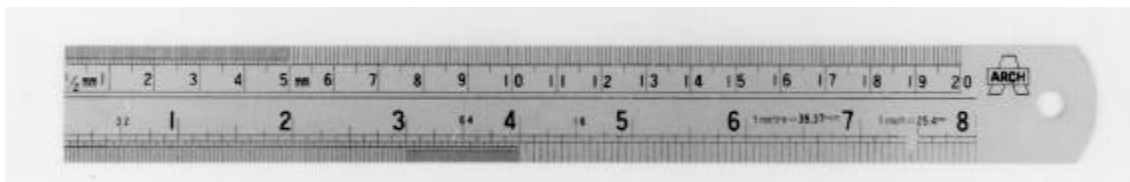
# Régua graduada

Régua graduada ou escala é uma lâmina de aço, geralmente inoxidável, graduada em unidades do sistema métrico e/ou sistema inglês. É utilizada para medidas lineares que admitem erros superiores à menor graduação da régua, que normalmente equivale a 0,5mm ou  $\frac{1}{32}$ .



As régua graduadas apresentam-se nas dimensões de 150, 200, 250, 300, 500, 600, 1000, 1500, 2000 e 3000mm. As mais comuns são as de 150mm (6") e 300mm (12").

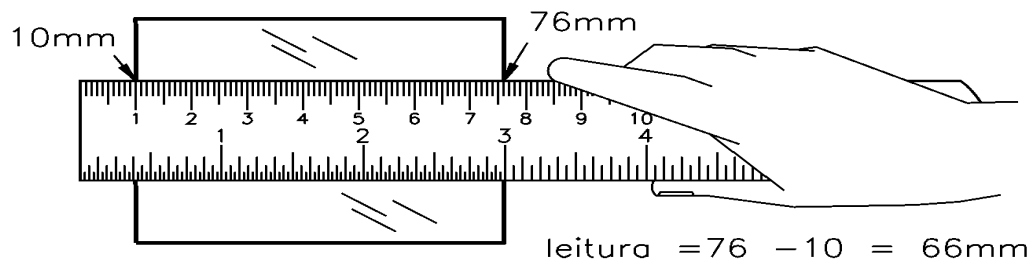
De modo geral, uma escala confiável deve apresentar bom acabamento, bordas retas e bem definidas e faces polidas. As régua de manuseio constante devem ser de aço inoxidável ou de metal tratado termicamente. É necessário que os traços da escala sejam gravados, uniformes, eqüidistantes e finos. A retitude e o erro máximo admissível das divisões obedecem a normas internacionais.



Existem cinco tipos de régua graduada: sem encosto, com encosto, de encosto interno, de encosto externo, de dois encostos e de profundidade.

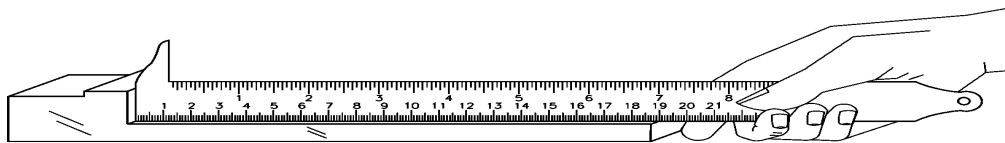
### Régua sem encosto

Utilizada na medição de peças planas com ou sem face de referência. Neste caso, deve-se subtrair do resultado o valor do ponto de referência.



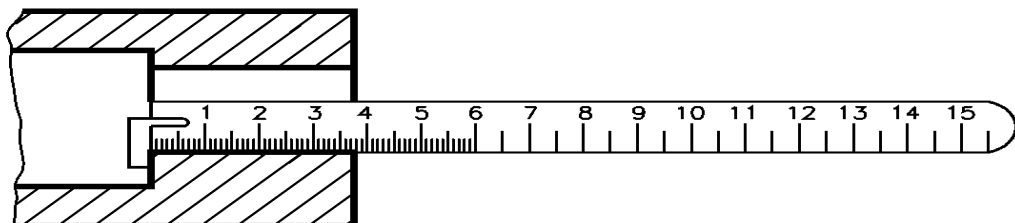
### Régua com encosto

Destinada à medição de comprimento a partir de uma face externa, utilizada como encosto.



### Régua de encosto interno

A régua de encosto interno é destinada a medições de peças que apresentam faces internas de referência.



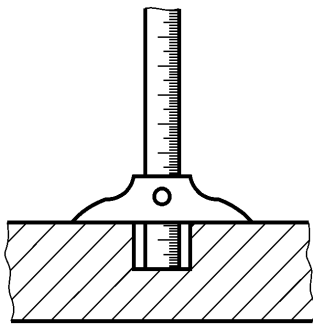
## Régua de dois encostos

Dotada de duas escalas: uma com referência interna e outra com referência externa. É utilizada principalmente pelos ferreiros.



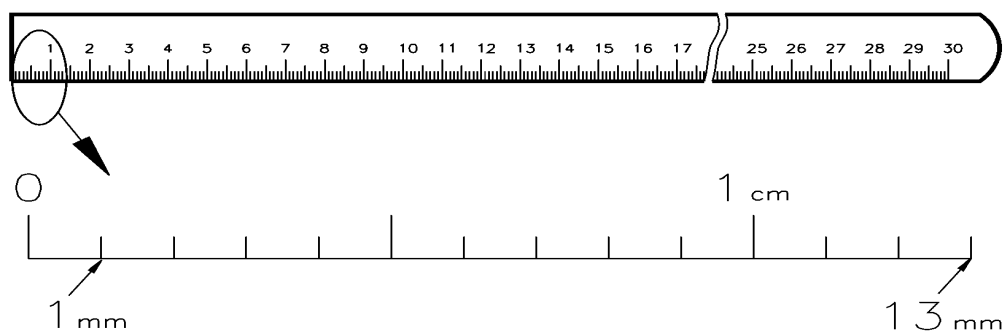
## Régua de profundidade

Utilizada nas medições de canais ou rebaixas internos.



## Leitura da escala segundo o sistema métrico

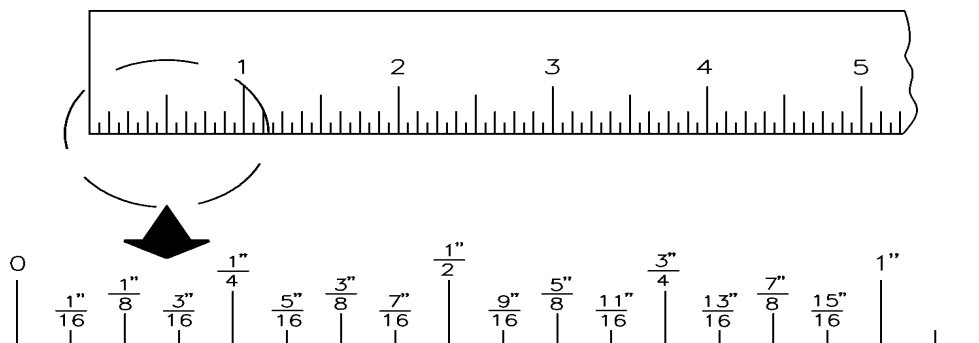
Cada centímetro na escala encontra-se dividido em 10 partes iguais e cada parte equivale a 1mm.





## Leitura da escala segundo o sistema inglês

No sistema inglês de polegada fracionária, a polegada se divide em 2,4,8,16 ... partes iguais. As melhores escalas apresentam 32 divisões por polegada, enquanto as demais só apresentam frações de  $\frac{1''}{16}$  de polegada. Deve-se observar que somente estão indicadas as frações de numerador ímpar.



Sempre que as frações de polegada apresentarem numeradores pares, a fração é simplificada:  $\frac{2''}{16} = \frac{1''}{8}$  ;  $\frac{6''}{16} = \frac{3''}{8}$

A leitura consiste em verificar qual traço coincide com a extremidade do objeto, observando-se a altura do traço, que facilita a indicação das partes em que a polegada foi dividida. No exemplo que segue, o objeto tem  $1\frac{1''}{8}$  (uma polegada e um oitavo).

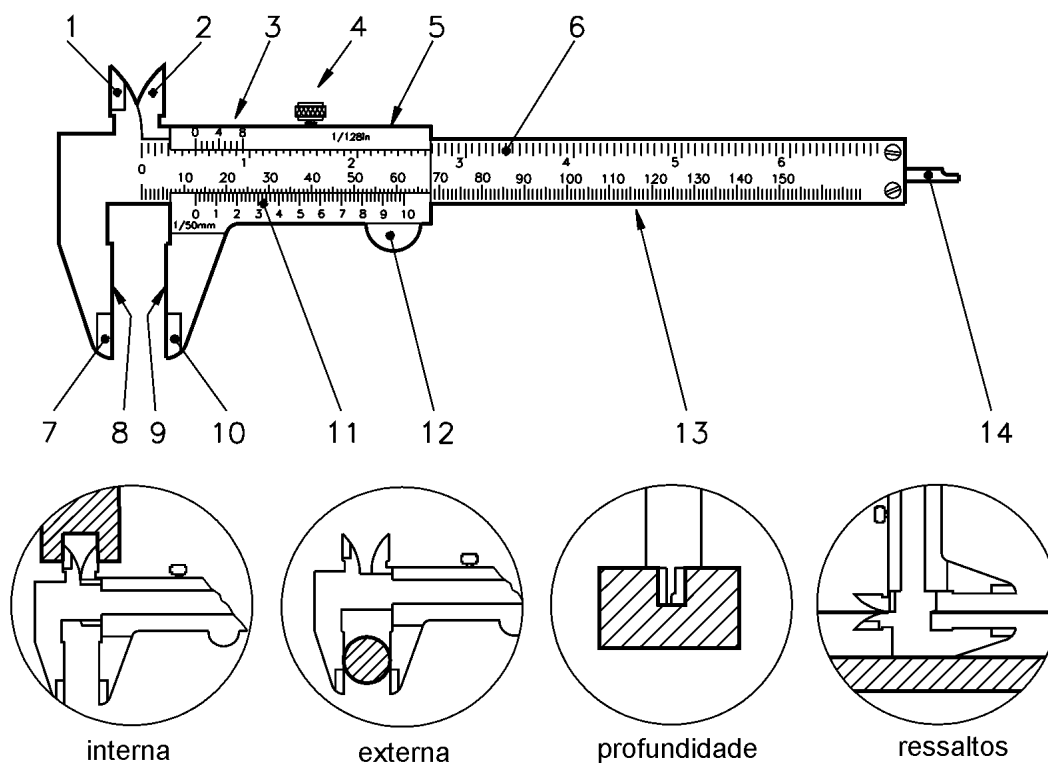


## Conservação da régua

Para boa conservação, deve-se evitar deixá-la em contato com outras ferramentas ou cair; não flexioná-la ou torcê-la para evitar que empene ou quebre; limpá-la após o uso; protegê-la contra oxidação usando óleo, quando necessário.

# Paquímetro

Paquímetro é um instrumento de medição utilizado para medir pequenas quantidades de peças e suas dimensões internas, externas, de profundidade e de ressaltos, estas últimas feitas com paquímetro quadrimensional.



- |                                |                                  |
|--------------------------------|----------------------------------|
| 1. orelha fixa                 | 8. encosto fixo                  |
| 2. orelha móvel                | 9. encosto móvel                 |
| 3. nônio ou vernier (polegada) | 10. bico móvel                   |
| 4. parafuso de trava           | 11. nônio ou vernier (milímetro) |
| 5. cursor                      | 12. impulsor                     |
| 6. escala fixa de polegadas    | 13. escala fixa de milímetros    |
| 7. bico fixo                   | 14. haste de profundidade        |

O paquímetro é geralmente feito de aço inoxidável, com superfícies planas e polidas, cujas graduações são calibradas a 20°C. É constituído de uma régua graduada com encosto fixo, sobre a qual desliza um cursor.

O cursor ajusta-se à régua e permite sua livre movimentação, com um mínimo de folga, e é dotado de uma escala auxiliar, chamada nônio ou vernier, que permite a leitura de frações da menor divisão da escala fixa.

## Resolução do paquímetro

As diferenças entre a escala fixa e a escala móvel de um paquímetro podem ser calculadas pela sua resolução. Resolução é a menor medida que o instrumento oferece; é calculada pela seguinte fórmula:

$$\text{Resolução} = \frac{\text{UEF}}{\text{NDN}}$$

UEF = unidade de escala fixa

NDN = número de divisões do nônio

Por exemplo, um nônio com 10 divisões terá a resolução de 0,1mm, pois, aplicando a fórmula, tem-se:

$$\text{Resolução} = \frac{1\text{mm}}{10} = 0,1\text{mm}$$

Se o paquímetro tiver um nônio com 20 divisões, a resolução será de 0,05mm:

$$\text{Resolução} = \frac{1\text{mm}}{20} = 0,05\text{mm}$$

Se o paquímetro tiver um nônio com 50 divisões, a resolução será de 0,02mm:

$$\text{Resolução} = \frac{1\text{mm}}{50} = 0,02\text{mm}$$

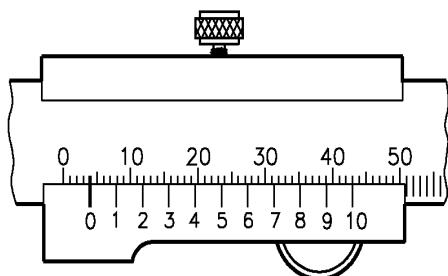
## Leitura do paquímetro universal no sistema métrico

O princípio de leitura do paquímetro universal consiste em encontrar o ponto de coincidência entre um traço da escala fixa com um traço do nônio.

### Escala em milímetros

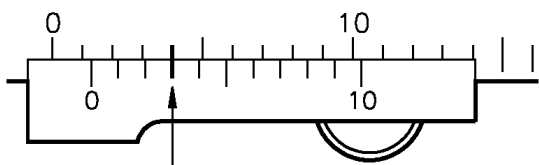
Para ler a medida em milímetros inteiros, deve-se contar, na escala fixa, os milímetros existentes *antes* do zero do nônio.

Quando o zero do nônio coincidir exatamente com um dos traços da escala de milímetros, tem-se uma medida exata em milímetros, no caso a leitura é 4mm.



Quando o zero do nônio não coincide exatamente com um traço da escala fixa mas fica entre dois traços, admite-se a menor medida. A seguir, observa-se qual o ponto de coincidência entre os traços do nônio e da escala fixa; esse ponto fornece a medida em frações de milímetro, conforme a resolução do paquímetro.

### Exemplo de escala em milímetro e nônio com 10 divisões. (Resolução = 0,1mm)

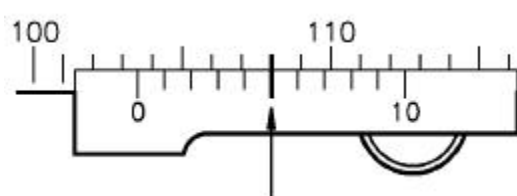


Leitura

1,0mm → escala fixa

0,3mm → nônio (traço coincidente: 3°)

1,3mm → total (leitura final)



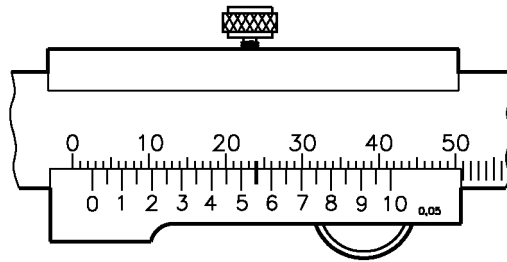
Leitura

103,0mm → escala fixa

0,5mm → nônio (traço coincidente: 5°)

103,5mm → total (leitura final)

**Exemplo de escala em milímetro e nônio com 20 divisões. (Resolução = 0,05mm)**

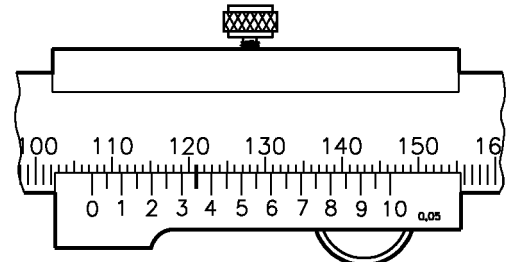


Leitura

2,00mm → escala fixa

0,55mm → nônio

2,55mm → total



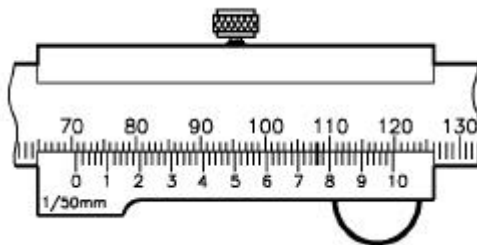
Leitura

107,00mm → escala fixa

0,35mm → nônio

107,35mm → total

**Exemplo de escala em milímetro e nônio com 50 divisões. (Resolução = 0,02mm)**

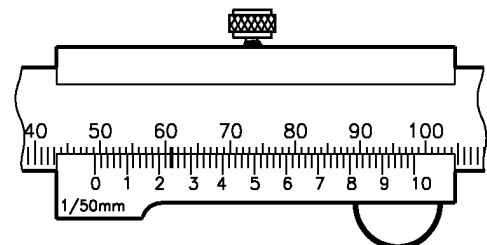


Leitura

70,00mm → escala fixa

0,76mm → nônio

70,76mm → total



Leitura

49,00mm → escala fixa

0,24mm → nônio

49,24mm → total

**Leitura no sistema inglês**

No paquímetro em que se adota o sistema inglês milesimal, cada polegada da escala fixa divide-se em 40 partes iguais.

Cada divisão corresponde a  $\frac{1''}{40}$ , que é igual a  $.025''$ , escrito

com um ponto antes, segundo exigência do sistema. Como o nônio tem 25 divisões, a resolução desse paquímetro é:

$$\text{Resolução} = \frac{\text{UEF}}{\text{NDN}} \quad R = \frac{.025''}{25} = .001'' \text{ (um milésimo de polegada)}$$

A leitura do paquímetro no sistema inglês ou em polegadas segue o mesmo princípio da leitura em milímetros, isto é, a contagem das polegadas existentes antes do zero do nônio.

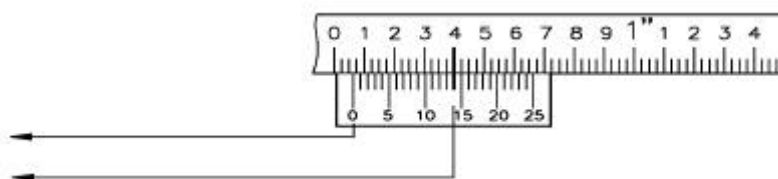
Contam-se as unidades .025" que estão à esquerda do zero do nônio e, a seguir, somam-se os milésimos de polegada indicados pelo ponto em que um dos traços do nônio coincide com o traço da escala fixa.

Leitura

.050" → escala fixa

+ .014" → nônio

.064" → total

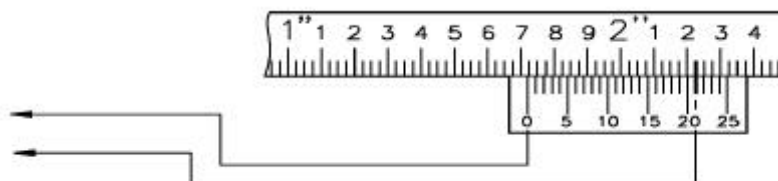


Leitura

1.700" → escala fixa

+ .021" → nônio

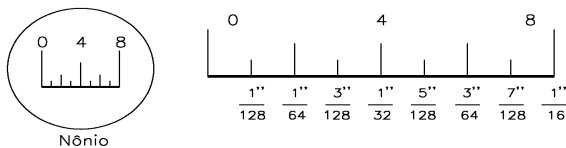
1.721" → total



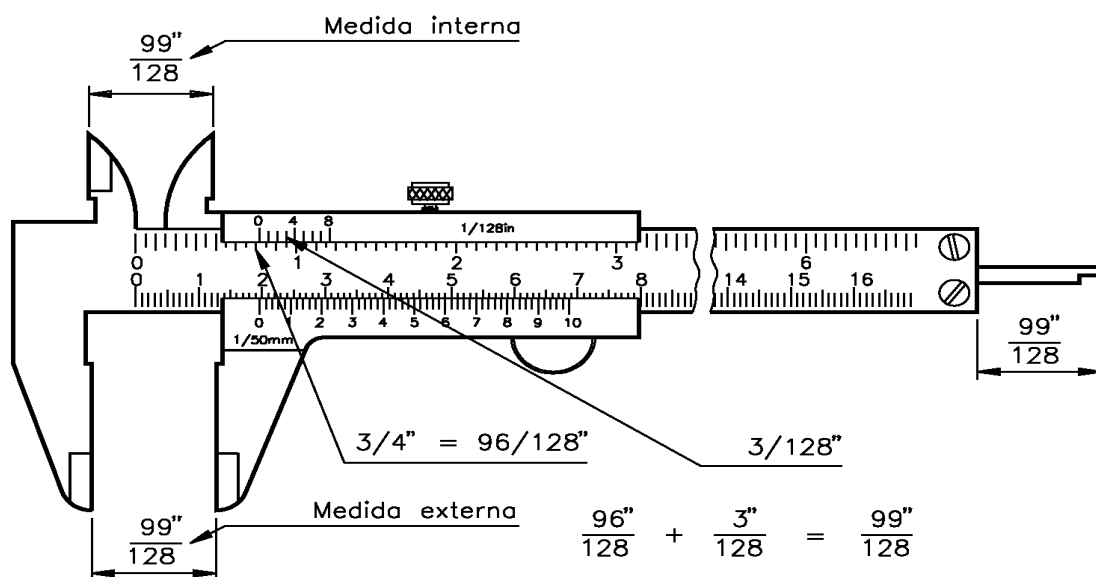
No paquímetro em que se adota o sistema inglês de polegada fracionária, a escala fixa é graduada em polegada e frações de polegada; nesse sistema, a polegada é dividida em 16 partes iguais. Cada divisão corresponde a  $\frac{1}{16}$  de polegada. Os valores fracionários da polegada são complementados com o uso do nônio. Para isso, é preciso primeiro calcular a resolução do nônio de polegada fracionária.

$$\text{Resolução} = \frac{\text{UEF}}{\text{NDN}} = \frac{\frac{1}{16}}{8} \quad R = \frac{1}{16} \div 8 = \frac{1}{16} \times \frac{1}{8} = \frac{1}{128}$$

Assim, cada divisão do nônio vale  $\frac{1''}{128}$ . Duas divisões corresponderão a  $\frac{2''}{128}$  ou  $\frac{1''}{64}$  e assim por diante.

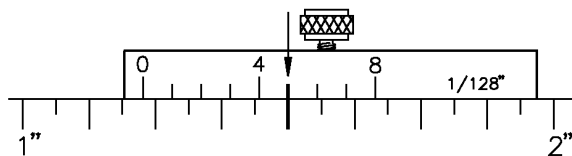


Como exemplo, considere-se uma leitura de  $\frac{3''}{4}$  na escala fixa e  $\frac{3''}{128}$  no nônio; a medida total equivale à soma dessas duas medidas. É importante observar que as frações devem ser sempre simplificadas.



$$\frac{3''}{4} = \frac{96''}{128} \quad \frac{96''}{128} + \frac{3''}{128} = \frac{99''}{128}$$

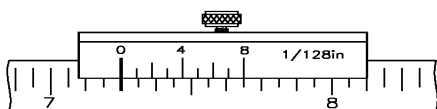
Num outro exemplo em que a escala fixa mostra  $1 \frac{3''}{16}$  e o nônio  $\frac{5''}{128}$ , a medida total será:  $1 \frac{3''}{16} + \frac{5''}{128} \Rightarrow 1 \frac{24''}{128} + \frac{5''}{128} = 1 \frac{29''}{128}$



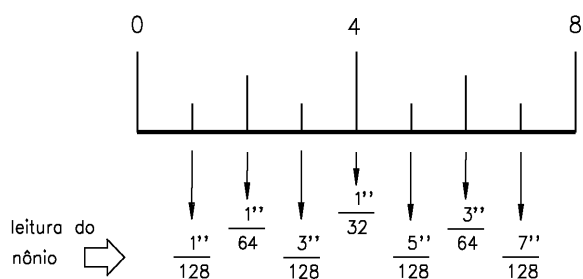
Os passos que facilitam a leitura do paquímetro com polegada fracionária são apresentados a seguir.

1. Verifique se o zero do nônio coincide com um dos traços da escala fixa. Se coincidir, faça a leitura somente na escala fixa.

$$\text{Leitura} = 7 \frac{1''}{4}$$



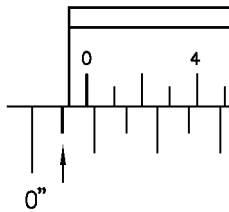
2. Quando o zero do nônio não coincidir, verifique qual dos traços do nônio está nessa situação e faça a leitura do nônio.



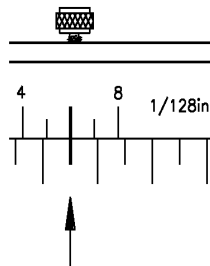


3. Verifique na escala fixa quantas divisões existem antes do zero do nônio.

Exemplo: Uma divisão



4. Sabendo que cada divisão da escala fixa equivale a  $\frac{1}{16}$  =  $\frac{2}{32}$  =  $\frac{4}{64}$  =  $\frac{8}{128}$  e com base na leitura do nônio, escolha uma fração da escala fixa de mesmo denominador. Exemplo: leitura do nônio  $\frac{3}{64}$  ; fração escolhida da escala fixa:  $\frac{4}{64}$ .



5. Multiplique o número de divisões da escala fixa pelo numerador da fração escolhida ; some com a fração do nônio e faça a leitura final.

Exemplos

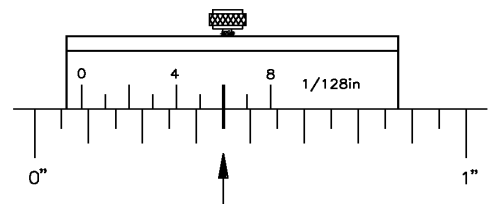
a) Passo 2.  $\Rightarrow \frac{3}{64}$

Passo 3.  $\Rightarrow$  1 divisão

Passo 4.  $\Rightarrow \frac{3}{64}$  fração escolhida  $\frac{4}{64}$

Passo 5.  $\Rightarrow (1 \times \frac{4}{64}) + \frac{3}{64} = \frac{7}{64}$

Leitura final:  $\frac{7}{64}$



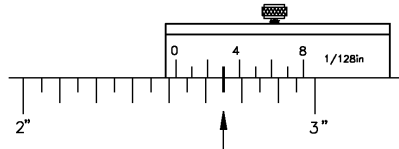
b) Passo 2.  $\Rightarrow \frac{3''}{128}$

Passo 3.  $\Rightarrow 2'' + 8 \text{ divisões}$

Passo 4.  $\Rightarrow \frac{3''}{128}$  fração escolhida  $\frac{8''}{128}$

Passo 5.  $\Rightarrow 2'' + (8 \times \frac{8''}{128}) + \frac{3''}{128} = 2 \frac{67''}{128}$

Leitura final:  $2 \frac{67''}{128}$



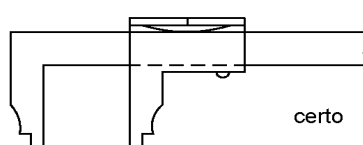
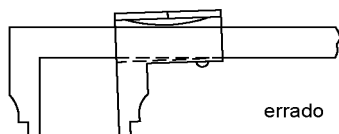
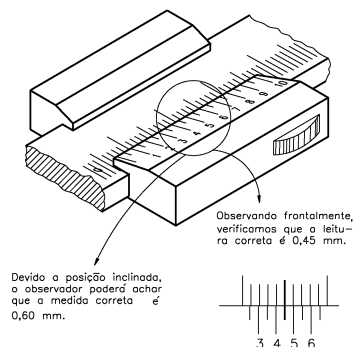
## Erros de leitura no paquímetro

Além da falta de habilidade do operador, outros fatores podem provocar erros de leitura no paquímetro, como a paralaxe e a pressão de medição.

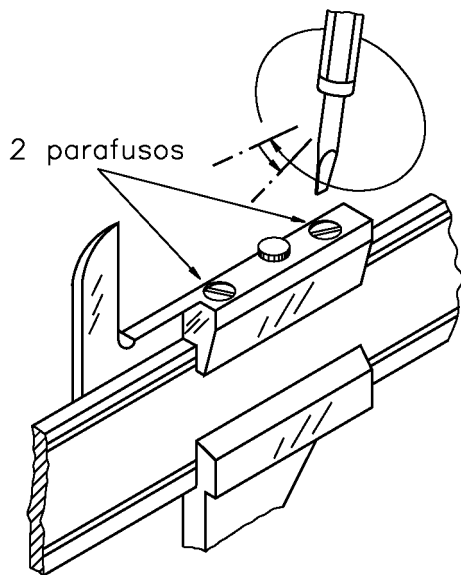
**Paralaxe** - dependendo do ângulo de visão do operador, pode ocorrer um erro chamado de paralaxe; quando ângulo de visão do observador de um objeto é deslocado da posição correta, que é a perpendicular, a imagem não é real; no caso de leitura de uma medida, a paralaxe ocasiona um erro sério, pois quando os traços do nônio e da escala estão sobrepostos, o deslocamento do ângulo de visão faz com que cada um dos olhos projete os traços do nônio em posição oposta à dos traços da escala fixa.

Para não cometer o erro de paralaxe, é aconselhável que se faça a leitura colocando o paquímetro em posição exatamente perpendicular aos olhos.

**Pressão de medição** - o erro de pressão de medição é originado pelo jogo do cursor, controlado por uma mola. Pode ocorrer uma inclinação do cursor em relação à régua, o que altera a medida.



O cursor deve estar bem regulado para se deslocar com facilidade sobre a régua: nem muito preso, nem muito solto. O operador deve regular a mola, adaptando o instrumento à sua mão; caso exista uma folga anormal, os parafusos de regulação da mola devem ser ajustados, girando-os até encostar no fundo e, em seguida, retornando um oitavo de volta, aproximadamente. Após esse ajuste, o movimento do cursor deve ser suave, porém sem folga.



## Técnicas de utilização do paquímetro

O uso correto do paquímetro exige que a peça a ser medida esteja posicionada corretamente entre os encostos, os quais devem estar limpos. É importante abrir o paquímetro com uma distância maior que a dimensão do objeto a ser medido; uma das extremidades da peça deve-se apoiar no centro do encosto fixo.

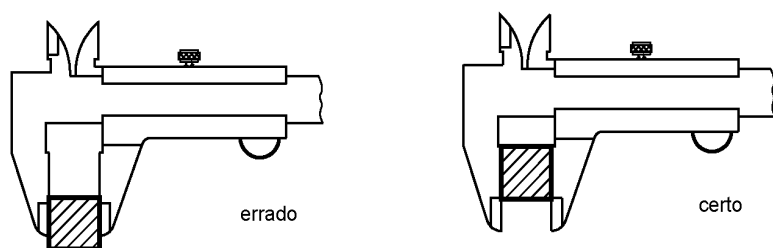


Convém que o paquímetro seja fechado suavemente até que o encosto móvel toque a outra extremidade. Feita a leitura da medida, o paquímetro deve ser aberto e a peça retirada, sem que os encostos a toquem.

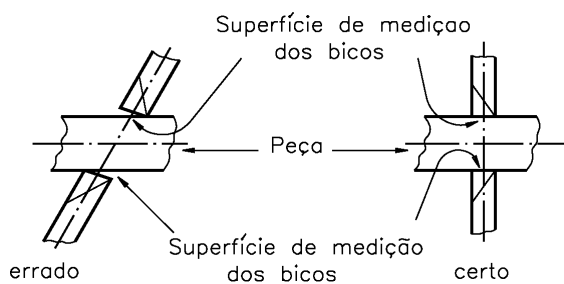


A utilização do paquímetro para determinar medidas externas, internas, de profundidade e de ressaltos deve seguir algumas recomendações.

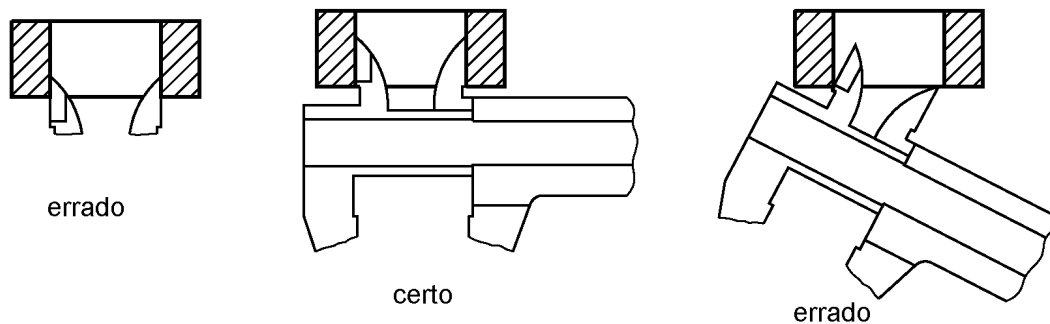
Nas medidas externas, a peça deve ser colocada o mais profundamente possível entre os bicos de medição para evitar qualquer desgaste na ponta dos bicos.



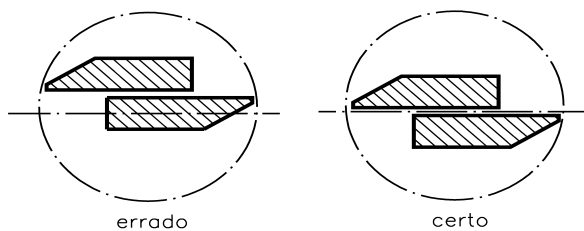
Para maior segurança nas medições, as superfícies de medição dos bicos e da peça devem estar bem apoiadas.



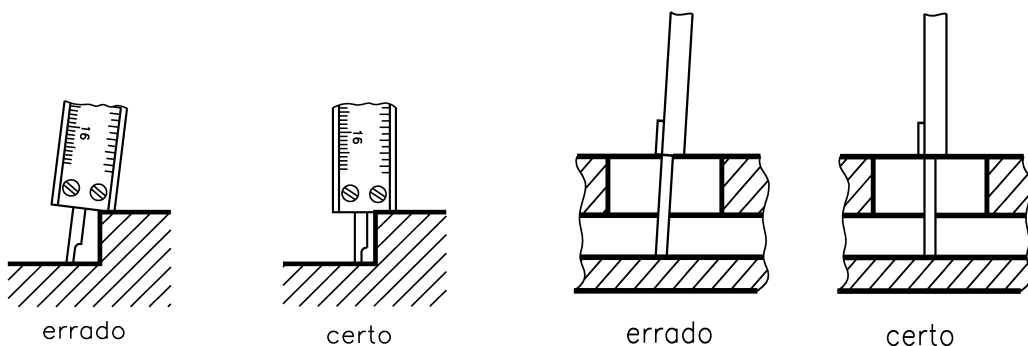
Nas medidas internas, as orelhas precisam ser colocadas o mais profundamente possível. O paquímetro deve estar sempre paralelo à peça que está sendo medida.



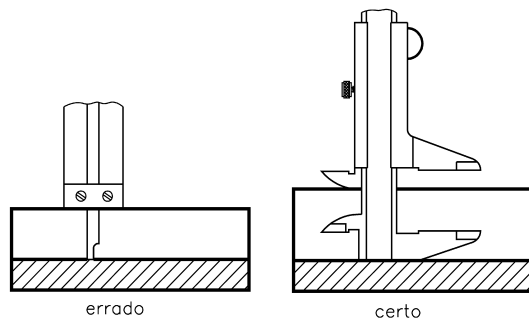
Para maior segurança nas medições de diâmetros internos, as superfícies de medição das orelhas devem coincidir com a linha de centro do furo. Toma-se, então, a máxima leitura para diâmetros internos e a mínima leitura para faces planas internas.



No caso de medidas de profundidade, apóia-se o paquímetro corretamente sobre a peça, evitando que fique inclinado.



Nas medidas de ressaltos, coloca-se a parte do paquímetro apropriada para ressaltos em posição perpendicular à superfície da peça. Para esse tipo de medição não se deve usar a haste de profundidade, pois esta não permite apoio firme.



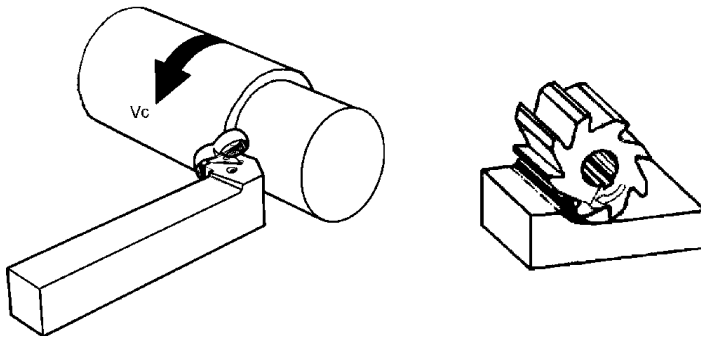
### Conservação do paquímetro

- Manejar o paquímetro sempre com todo cuidado, evitando choques.
- Não deixar o paquímetro em contato com outras ferramentas, o que pode causar danos ao instrumento.
- Evitar arranhaduras ou entalhes, pois isso prejudica a gradação.
- Ao realizar a medição, não pressionar o cursor além do necessário.
- Após a utilização, limpar o paquímetro e guardá-lo em local apropriado

# Velocidade de corte

Para que haja corte de um determinado material por meio de uma ferramenta, é necessário que o material ou a ferramenta se movimente um em relação ao outro.

O modo para determinar ou comparar a rapidez desse movimento é a velocidade de corte, representada pelo símbolo **V<sub>c</sub>**.



Velocidade de corte é, portanto, o espaço percorrido pela ferramenta ou peça em uma unidade de tempo.

A **V<sub>c</sub>** pode variar de acordo com o tipo e a dureza da ferramenta e também com a resistência à tração do material a ser usinado.

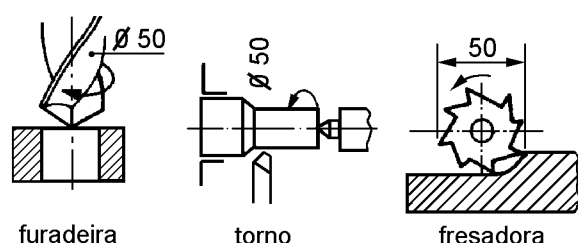
Matematicamente a velocidade de corte é representada pela fórmula:

$$V_c = \frac{e}{t}$$

Nessa fórmula, **V<sub>c</sub>** é a velocidade de corte, **e** é o espaço percorrido pela ferramenta e **t** é o tempo gasto.

A velocidade de corte é, geralmente, indicada para uso nas máquinas-ferramenta e se refere à quantidade de metros dentro da unidade de tempo (minuto ou segundo): 25 m/min (vinte e cinco metros por minuto) e 40 m/s (quarenta metros por segundo).

Em algumas máquinas-ferramenta onde o movimento de corte é rotativo, por exemplo o torno, a fresadora e a furadeira, a peça ou a ferramenta é submetida a um movimento circular. Por isso, a velocidade de corte é representada pelo perímetro do material ou da ferramenta ( $\pi d$ ), multiplicado pelo número de rotações ( $n$ ) por minuto em que o material ou ferramenta está girando.



Matematicamente, pode-se dizer que, em uma rotação:  $V_c = \frac{\pi d}{t}$

Em “n” rotações:  $V_c = \frac{\pi d n}{t}$

Nessa fórmula,  $\pi$  é igual a 3,14 (valor constante),  $d$  é o diâmetro da peça ou da ferramenta e  $n$  é o número de rotações por minuto.

Como o número de rotações é determinado a cada minuto, a  $V_c$  pode ser representada:  $V_c = \frac{\pi d n}{1 \text{ min}}$  ou  $V_c = \pi d n$ .

O diâmetro da peça é dado, geralmente, em milímetros. Assim, para obter a velocidade teórica em metros por minuto, é necessário converter a medida do diâmetro em metros:  $V_c = \frac{\pi d n}{1000}$  ou

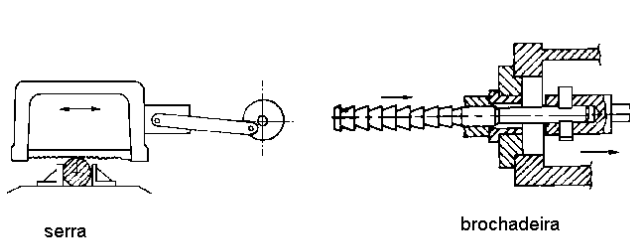
$$V_c = \frac{\pi d n}{1000} (\text{m} / \text{min})$$

Observação

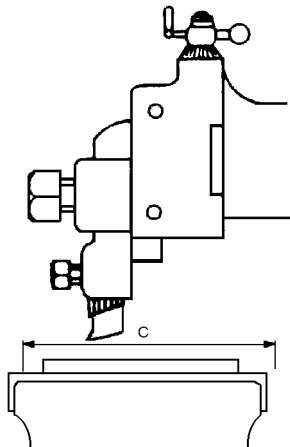
1m = 1000mm



Nas máquinas-ferramentas onde o movimento de corte é linear, por exemplo, na plaina, brochadeira e serra alternativa a peça ou a ferramenta são submetidas a um movimento. Nessas máquinas a velocidade é variável de zero até um valor máximo, porque a peça ou a ferramenta pára nas extremidades do curso e vai aumentando a velocidade até chegar ao seu valor máximo.



A velocidade de corte é representada pelo dobro do curso ( $c$ ) percorrido pela peça ou a ferramenta multiplicado pelo número de golpes ( $n$ ) realizados no espaço de tempo de um minuto.



Matematicamente, isso significa que:

- em um golpe,  $V_c = \frac{2c}{t}$
- em golpes em um minuto,  $V_c = \frac{2c}{l_{min}}$
- em "n" golpes por minuto,  $V_c = \frac{2cn}{l_{min}}$ , ou seja,  $V_c = 2cn$

O comprimento do curso é, geralmente, apresentado em milímetros. Para obter a velocidade em metros por minuto, deve-se converter a medida do curso em metros. Matematicamente:

$$V_c = \frac{2cn}{1000} (\text{m} / \text{min})$$

#### Observação

No cálculo da velocidade de corte para máquinas-ferramenta, como as plainas, o valor de  $c$  (curso) é determinado pela soma do comprimento da peça mais 30 mm, que é a folga necessária para a ferramenta entrar e sair da peça.

#### Velocidade de corte para retificação

Retificação é a operação de usinagem por abrasão na qual se usa uma ferramenta multicortante denominada rebolo. Ela tem por finalidade corrigir irregularidades na superfície da peça de modo que ela apresente medidas mais exatas.

Na retificação, a fim de obter o melhor resultado na operação, deve-se considerar a velocidade do rebolo. Assim, os rebolos não devem ultrapassar a velocidade periférica máxima indicada pois, com o aumento da velocidade, ocorre um aumento da força centrífuga que pode romper o rebolo.

A velocidade máxima é determinada em função do tipo de aglutinante do rebolo e do tipo de trabalho a ser realizado.

A tabela a seguir mostra as velocidades máximas recomendadas para cada tipo de aglutinante.

<b>Aglutinante</b>	<b>Velocidade periférica máxima</b>
vitrificado	35 m/s
borracha	35 m/s
mineral	16 m/s
resina sintética	45 m/s

Em função do tipo de retificação as velocidades recomendadas são mostradas na tabela a seguir.

<b>Tipos de retificação</b>	<b>Velocidade periférica (m/s)*</b>
retificação cilíndrica	25/30
retificação interna	15/20
retificação plana	20/25
retificação da ferramenta	18/20
corte	80

\* Para ferro fundido cinzento, valem os valores menores.

Para aço, os valores maiores.

É importante observar que na retificação as velocidades de corte são apresentadas em metros por segundo (m/s), devido as velocidades serem muito elevadas quando comparadas com as velocidades de corte da usinagem de ferramentas clássicas (ferramenta de aço-rápido e metal duro). Exemplo:

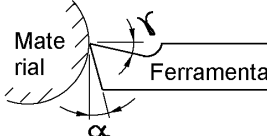
Para um rebolo vitrificado cuja a velocidade periférica normal é da ordem de 30/35 m/s a velocidade do grão seria de 1.800 / 2.100 m/min, enquanto uma fresa costuma trabalhar a 90 m/min.

A velocidade de corte é um dado muito importante para a operação das máquinas-ferramenta porque é ela que determina o desempenho da máquina e a durabilidade da ferramenta. Na maioria dos casos, ela não precisa ser calculada porque é um valor de tabela facilmente encontrável em catálogos, manuais e outras publicações técnicas, elaboradas depois de numerosas experiências, baseadas em avanços pré-estabelecidos.

Porém, a maioria das máquinas apresenta caixa de velocidades em rotações por minuto. Por isso, exige-se que o operador determine esse valor, por meio de cálculos ou nomogramas a fim de regular a máquina. Isso significa que, na maioria das vezes, os cálculos que o operador deve fazer são para determinar a quantidade de rotações ou de golpes por minutos.

As tabelas a seguir indicam valores de velocidade de corte de acordo com operações de usinagem e materiais empregados.

**Tabela de Vc para torneamento**

Valores de referência para vel. corte-ângulo corte-força corte específico					Extrato - AWF 158	
		Os valores se referem ao corte seco com: ferram. aço ráp. para vel. corte $V_{60}$ (dur. ferram. 60min) ferram. metal duro para vel. corte $V_{240}$ (dur. ferram. 240min) âng. posição $\chi = 45^\circ$ , âng. ponta $\varepsilon = 90^\circ$ , âng. inclin. $\lambda = 0... 8^\circ$ p. metais leves, mat. sint. e prens. $\lambda = 5... 10^\circ$ Os valores de referência valem para profundidades de corte até 5mm, acima de 5mm a velocidade de corte é 10... 20% menor. Para os valores de força de corte específica vale uma profundidade de corte de 2...10 vezes o avanço.				
HSS - (High Speed Steel) aço rápido			MD - metal duro			
METAIS FERROSOS						
Material a ser usinado		Velocidade de corte (m/min.)				
		Fer	Avanço (s) em mm/rot.			
			0,1	0,2	0,4	0,8
AÇO CARBONO						
com resistência até 500N/mm <sup>2</sup> (0,10% a 0,25% C)	HSS	-	60	45	34	25
	MD	280	236	200	170	67
com resistência até 700 N/mm <sup>2</sup> (0,30% a 0,45%C)	HSS	-	44	32	24	18
	MD	240	205	175	145	50
com resistência até 900 N/mm <sup>2</sup> (0,50% a 0,60%C)	HSS	-	32	24	18	13
	MD	200	170	132	106	34
AÇO LIGA E AÇO FUNDIDO						
com resistência até 900N/mm <sup>2</sup>	HSS	-	34	25	19	14
	MD	150	118	95	75	24
com resistência até 1250 N/mm <sup>2</sup>	HSS	-	24	17	12	8,5
	MD	118	108	8,5	71	24
com resistência até 1500 N/mm <sup>2</sup>	HSS	-	9	-	-	-
	MD	50	40	32	27	8,5
FERRO FUNDIDO						
(FC 100 a 150) com resistência até 150N/mm <sup>2</sup>	HSS	-	48	28	20	14
	MD	140	118	95	80	67
(FC 100 a 250) com resistência até 250N/mm <sup>2</sup>	HSS	-	43	27	18	13
	MD	125	90	75	63	53
FMP 55005 com resistência até 550N/mm <sup>2</sup>	HSS	-	32	18	13	9,5
	MD	106	90	75	63	53
AÇO AO MANGANÊS	HSS	-	-	-	-	-
	MD	40	32	25	20	67
METAIS NÃO FERROSOS						
ALUMÍNIO						
Alumínio puro	HSS	400	300	200	118	75
	MD	1320	1120	950	850	710
Liga de 11 a 13% silício	HSS	100	67	45	30	-
	MD	224	190	160	140	118
COBRE						
Cobre, latão, com resistência até 200N/mm <sup>2</sup>	HSS	-	125	85	56	36
	MD	600	530	450	400	355
BRONZE						
Bronze com resistência de 210 a 260 N/mm <sup>2</sup>	HSS	-	63	53	43	34
	MD	355	280	236	200	180
Ligas de bronze, bronze fosforoso com resistência à tração de 260 a 300N/mm <sup>2</sup>	HSS	-	85	63	48	36
	MD	500	450	375	335	300

### Velocidade de corte para brocas em aço rápido

<b>METAIS FERROSOS</b>	
Material a ser usinado	Velocidade de corte (m/min.)
<b>AÇO CARBONO</b>	
com resistência até 500N/mm <sup>2</sup> (0,10% a 0,25% C)	28 - 32
com resistência até 700N/mm <sup>2</sup> (0,30% a 0,45% C)	25 - 28
com resistência até 900N/mm <sup>2</sup> (0,50% a 0,60% C)	20 - 25
<b>AÇO LIGA E AÇO FUNDIDO</b>	
com resistência até 900N/mm <sup>2</sup>	14 - 18
com resistência até 1250N/mm <sup>2</sup>	10 - 14
com resistência até 1500N/mm <sup>2</sup>	6 - 10
<b>FERRO FUNDIDO</b>	
com dureza até 200HB	25 - 30
com dureza até 240HB	18 - 25
com dureza acima de 240HB	14 - 18
<b>AÇO INOXIDÁVEL</b>	
aço inox ferrítico ou martensítico de fácil usinagem	8 - 12
de difícil usinagem	5 - 8
com alta resistência ao calor	3 - 5
<b>AÇOS AO MANGANÊS</b>	3 - 5
<b>METAIS NÃO FERROSOS</b>	
Material a ser usinado	Velocidade de corte (m/min.)
<b>LIGAS DE ALUMÍNIO</b>	
com geração de cavaco longo	63 - 100
com geração de cavaco curto	40 - 63
ligas com silício (Silumin)	32 - 50
<b>LATÃO</b>	
até Ms 58	63 - 90
até Ms 60	32 - 63
<b>COBRE</b>	
Cobre "standard"	40 - 63
Cobre eletrolítico	28 - 40
<b>BRONZE</b>	
Ligas de bronze, bronze fosforoso	28 - 32
Bronze	16 - 28
<b>LIGAS DE METAL</b>	
de fácil usinagem	8 - 12
de difícil usinagem	4 - 8
<b>LIGAS DE MAGNÉSIO</b>	80 - 100
<b>ZINCO E SUAS LIGAS - ZAMAK</b>	32 - 50
<b>ALPACA</b>	40 - 63
<b>TITÂNIO E LIGAS DE TITÂNIO</b>	6 - 9
<b>MATERIAIS NÃO-METÁLICOS</b>	
Material a ser usinado	Velocidade de corte (m/min.)
Termoplásticos (Nylon, PVC, Teflon, Acrílico, etc); borracha	25 - 40
Plásticos termofixos (duros) com ou sem fibras (baqueline, PVC lamin. com fibra de vidro, etc)	16 - 25
Borracha sintética (ebonite, vulcanite)	18 - 30

### Tabela de velocidade de corte para aplainamento

Material da peça	Vc (m/min)	
	HSS	metal duro
Aço com resistência até 500N/mm <sup>2</sup> (0,10% a 0,25%C)	16	60
Aço com resistência até 700N/mm <sup>2</sup> (0,30% a 0,45%C)	8	30
Aço com resistência até 900N/mm <sup>2</sup> (0,50% a 0,60%C)	5	20
Aço inoxidável	5	20
Ferro fundido cinzento com resistência até 150N/mm <sup>2</sup>	15	60
Ferro fundido duro com resistência até 550N/mm <sup>2</sup>	12	50
Alumínio e latão mole	80	200
Bronze fosforoso	12	60
Cobre	26	100

**Tabela de velocidade periférica da peça p/ retificação cilíndrica externa**

Material	Trabalho	Velocidade periférica da peça em m/min.
aço com resistência até 900N/mm <sup>2</sup>	desbaste	12...15
	acabamento	9...12
aço temperado	desbaste	14...16
	acabamento	9...12
fofo cinzento	desbaste	12...15
	acabamento	9...12
latão	desbaste	18...20
	acabamento	14...16
alumínio	desbaste	40...50
	acabamento	28...35

**Tabela de velocidade periférica da peça p/ retificação cilíndrica interna**

Material	Trabalho	Velocidade periférica da peça m/min.
aço com resistência até 900N/mm <sup>2</sup>	desbaste/ acabamento	16...21
aço temperado	desbaste/ acabamento	18...23
fofo cinzento	desbaste/ acabamento	18...23
latão	desbaste/ acabamento	25...30
alumínio	desbaste/ acabamento	32...35

### Velocidade de corte para fresagem

Tipo de fresa	Cilíndrica de aço rápido		Cilíndricas frontais de aço rápido		Circular de aço rápido		Frontais pastilhas intercambiáveis		de perfil constante de aço rápido		woodruff de aço rápido	de topo em haste inferior a 10mm de aço rápido	Fresas topo com diâmetro superior a 10mm de aço rápido
	Desbaste passe de 5mm	Acabamento passe de 0,5mm	Desbaste passe de 5mm	Acabamento passe de 0,5mm	Desbaste passe de 5mm	Acabamento passe de 0,5mm	Desbaste passe de 5mm	Acabamento passe de 0,5mm	Desbaste passe de 5mm	Acabamento passe de 0,5mm			
Operação													
Material a usar													
Velocidade de corte m/min.													
Aço com resistência até 900N/mm²	8 - 12	13-18	8 - 12	13 - 18	9 - 12	13 - 16	45 - 60	55 - 65	6 - 10	8 - 12	8 - 10	8 - 10	10 - 14 14 - 16
Aço com resistência até 700N/mm²	10 - 16	16 - 18	12 - 16	16 - 25	12 - 18	16 - 25	62 - 80	80 - 90	8 - 12	14 - 16	10 - 12	10 - 12	14 - 20 20 - 26
Aço com resistência até 500N/mm²	15 - 20	20 - 35	16 - 22	25 - 35	18 - 25	20 - 30	100-125	125-140	15 - 18	18 - 21	12 - 18	12 - 18	18 - 24 20 - 28
Ferro fundido com dureza acima de 240HB	12 - 18	18 - 25	12 - 16	18 - 25	12 - 18	18 - 25	45 - 55	50 - 90	10 - 15	14 - 18	8 - 10	8 - 10	12 - 14 18 - 25
Ferro fundido com dureza até 240HB	20 - 25	25 - 30	16 - 22	25 - 30	20 - 25	25 - 30	55 - 65	60 - 100	16 - 20	18 - 22	18 - 22	15 - 20	22 - 25 25 - 28
Bronze	30 - 40	40 - 50	30 - 40	40 - 50	30 - 40	40 - 50	70 - 120	80 - 200	20 - 30	30 - 40	25 - 30	20 - 24	35 - 45 40 - 50
Latão	35 - 50	50 - 70	35 - 50	50 - 70	35 - 50	50 - 70	80 - 120	80 - 200	40 - 50	50 - 60	40 - 65	22 - 28	36 - 60 60 - 70
Cobre	30 - 50	45 - 80	30 - 50	45 - 80	30 - 50	45 - 80	100-180	180-300	30 - 40	35 - 45	22 - 25	20 - 24	30 - 50 50 - 80
Alumínio e suas ligas	150-220	250-300	200-250	300-350	150-220	300-350	500-600	800-1000	120-150	150-200	150-200	120 - 160	120-150 150-200

### Observação:

- Os valores de profundidade para desbaste e acabamento são valores médios.
- Como a velocidade de corte varia em função da profundidade do passe, os valores apresentados são valores limites. Por exemplo, para fresar aço macio em passe de desbaste podemos desenvolver de 15 a 20m/min.

## Número de rotações e golpes por minuto

Para que uma ferramenta corte um material, é necessário que um se movimente em relação ao outro a uma velocidade adequada.

Na indústria mecânica, as fresadoras, os tornos, as furadeiras, as retificadoras e as plainas são máquinas operatrizes que produzem peças por meio de corte do material. Esse processo se chama usinagem.

Para que a usinagem seja realizada com máquina de movimento circular, é necessário calcular o número de rotações por minuto da peça ou da ferramenta que está realizando o trabalho.

Quando se trata de plainas, o movimento é linear alternado e é necessário calcular a quantidade de golpes por minuto.

Esse tipo de cálculo é constantemente solicitado ao profissional da área de mecânica.

As unidades de rotações e de golpes por minuto são baseados no Sistema Internacional (SI), expressas em 1/min ou  $\text{min}^{-1}$ , isto é, o número de rotações ou de golpes por um minuto. As antigas abreviações r.p.m. (rotações por minuto) e g.p.m. (golpes por minuto), estão em desuso, porque não caracterizam uma unidade.

Assim,

1	rpm =	1/min	1	gpm =	1/min
600	rpm =	600/min	50	gpm =	50/min



## Velocidade de corte

Para calcular o número de rotações por minuto, seja da peça no torno, seja da fresa ou da broca, usa-se um dado chamado de velocidade de corte.

A velocidade de corte é o espaço que a ferramenta percorre, cortando um material, dentro de um determinado período de tempo.

A velocidade de corte depende de uma série de fatores como:

- tipo de material da ferramenta;
- tipo de material da peça a ser usinada;
- tipo de operação a ser realizada;
- condições da refrigeração;
- condições da máquina etc.

A velocidade de corte, é fornecida por tabelas baseadas em experiências práticas que compatibilizam o tipo de operação com o tipo de material da ferramenta e o tipo de material a ser usinado.

### Cálculo de rotação para torneamento

Para calcular a rotação ( $n_r$ ) em função da velocidade de corte, usa-se a seguinte fórmula:

$$n_r = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot d} \quad [1 / \text{min}] \quad \text{ou} \quad [\text{min}^{-1}]$$

Nesta fórmula,  $n_r$  é o número de rotações;  $V_c$  é a velocidade de corte;  $d$  é o diâmetro do material e  $\pi$  é 3,1416 (constante).

Como o diâmetro das peças é dado em milímetros e a velocidade de corte é dada em metros por minuto, é necessário converter milímetros em metros. Por isso, o fator 1000 é usado na fórmula de cálculo.

Observando a fórmula, é possível perceber que os valores 1000 e 3,1416 são constantes. Dividindo-se esses valores, temos:

$$n_r = \frac{V_c \cdot 1000}{d \cdot \pi} = \frac{V_c \cdot 1000}{d \cdot 3,1416} = 318,3 \cdot \frac{V_c}{d}$$

$$n_r \cong 318 \cdot \frac{V_c}{d}$$

A aproximação neste caso é necessária para facilitar os cálculos e se justifica porque a velocidade de corte é baseada em experiências práticas e a gama de rotações das máquinas operatrizes normalmente é fixa.

#### Exemplo

Calcular o número de rotações por minuto para o torneamento de uma peça de aço 1020 com resistência à tração de até 500 N/mm<sup>2</sup> e diâmetro de 80 mm, usando uma ferramenta de aço rápido, com um avanço de 0,2 mm/r.

Dados da máquina:

Rotações: 50; 75; 150; 250; 300;... /min

Avanços: 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; ... mm/r

Dados do problema:

$V_c = 60$  m/min (dado de tabela)

$d = 80$  mm       $n_r = ?$

$$n_r = 318 \cdot \frac{V_c}{d}$$

Substituindo os valores na fórmula:

$$n_r = \frac{318 \cdot 60}{80} = \frac{19080}{80} \quad \Rightarrow \quad n_r = 238,5/\text{min}$$

A rotação ideal para esse trabalho seria 238,5/min. Porém, para início de usinagem, adota-se a rotação imediatamente inferior à rotação ideal, ou seja, 150/min. Como a velocidade de corte é um dado empírico, o operador pode analisar as condições gerais de corte (lubrificação, resistência do material, dureza da ferra-

menta, rigidez da máquina, ângulo de posição da aresta de corte ( $\chi$ ) e aumentar a rotação para 250/min.

Convém observar que uma rotação maior gera maior produção, porém, conseqüentemente, o desgaste da ferramenta é maior. Sempre que possível, o operador deve empregar a rotação mais econômica que associa o número de peças produzidas à vida útil da ferramenta.

### Cálculo de rotação para furação e fresamento

Para realizar as operações de fresamento e furação, a fórmula para o cálculo do número de rotações é a mesma, devendo-se considerar em cada caso, o diâmetro da ferramenta (fresa ou broca).

#### Exemplo

Calcular o número de rotações por minuto para furar uma peça de aço ABNT 1020 com resistência de até 500 N/mm<sup>2</sup> com uma broca de 10 mm de diâmetro.

Dados da máquina: 100; 200; 250; 320; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250/min.

d = 10mm

Vc = 28 a 32 m/min (dados de tabela)

$$n_r = \frac{318 \cdot Vc}{d} = \frac{318 \cdot 28}{10} \Rightarrow n_r = 890,4 \text{ /min}$$

$$n_r = \frac{318 \cdot Vc}{d} = \frac{318 \cdot 32}{10} \Rightarrow n_r = 1017,6 \text{ /min}$$

Portanto, o número de rotações-máquina deve estar entre 890,4/min e 1017,6/min. Nesta situação, a rotação-máquina escolhida é igual a 1000/min. O operador deve estar atento às condições gerais de corte para adequar a rotação à melhor produtividade.

### Exemplo

Calcular o número de rotações para fresar em desbaste uma peça de aço ABNT 1045 com resistência até  $700 \text{ N/mm}^2$  com um cabeçote para fresar de 125 mm de diâmetro.

Dados da máquina: 50; 80; 100; 125; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250/min.

$d = 125 \text{ mm}$

$V_c$ : 62 a 80 m/min (dados da tabela)

$$n_r = \frac{318 \cdot V_c}{d} = \frac{318 \cdot 62}{125} \Rightarrow n_r = 157,72/\text{min}$$

$$n_r = \frac{318 \cdot V_c}{d} = \frac{318 \cdot 80}{125} \Rightarrow n_r = 203,52/\text{min}$$

O número de rotações-máquina ideal deve estar entre 157,72/min e 203,52/min. Como a fresadora não apresenta em sua gama de rotações nenhum valor igual a esse, a rotação-máquina escolhida deve ser a imediatamente inferior à mínima rotação calculada com a finalidade de preservar a ferramenta no início da usinagem, ou seja, 125/min.

O operador deve sempre analisar a condição de corte (refrigeração, rigidez da máquina, rigidez da fixação, etc.) e verificar se é possível utilizar uma rotação maior, considerando-se também a vida útil da ferramenta.

### Cálculo de rotação para retificação

Para calcular a rotação para retificação a fórmula a ser usada é:

$$n_r = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot d}$$

Como a velocidade dos rebolos é alta (da ordem de 2100 m/min), seus fabricantes expressam-na em metros por segundo (m/s) a fim de diminuir seu valor numérico.

Por isso, é necessário multiplicar a fórmula original por 60 (porque 1 minuto = 60 segundos), de modo a adequá-la à velocidade dos rebolos. Assim,

$$n_r = \frac{V_c \cdot 1000 \cdot 60}{\pi \cdot d}$$

Analisando a fórmula, verifica-se que 1000, 60 e  $\pi$  (3,1416) são constantes. Assim, dividindo-se os valores, temos:

$$n_r = \frac{V_c \cdot 1000 \cdot 60}{d \cdot 3,1416} = 19098,5 \frac{V_c}{d}$$

$$n_r \cong 19100 \frac{V_c}{d}$$

Desse modo, pode-se calcular não só a rotação do reboło, mas também a da peça, no caso de retificação cilíndrica, desde que a velocidade de corte do material a ser retificado seja expressa em m/s.

### Cálculo de r/min para retificadora plana

Sabendo que a velocidade de corte de um reboło vitrificado é de 35 m/s. e que seu diâmetro é 300 mm, calcular a rotação para esse reboło.

$$V_c = 35 \text{ m/s}$$

$$d = 300 \text{ mm (diâmetro do reboło)}$$

$$n_r \cong 19100 \frac{V_c}{d} = \frac{19100 \cdot 35}{300} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow n_r \cong 2228,3/\text{min}$$

### Cálculo para retificadora cilíndrica

Para retificar um eixo temperado de aço ABNT 1060, com diâmetro de 50 mm em uma retificadora cilíndrica que utiliza um reboło vitrificado de 250 mm de diâmetro. Determinar as rotações da peça e do reboło, sabendo-se que a velocidade de corte do reboło é igual a 35 m/s e da peça é igual a 0,30 m/s.

Dados da máquina: eixo porta-peça = 50; 75; 100; 125/min  
eixo porta-rebolo = 2400/min

Rotações do rebolo:

$$n_r = \frac{19100 \cdot V_c}{d} = \frac{19100 \cdot 35}{250} = 2674/\text{min}$$

Rotação adotada: 2400/min

Rotações da peça:

$$n_r = \frac{19100 \cdot V_c}{d} = \frac{19100 \cdot 0,30}{50} = 114,6/\text{min}$$

Rotação adotada: 100/min

Observação

Para o início da usinagem, a rotação escolhida para a peça deve ser imediatamente inferior à rotação calculada. O operador deve analisar as condições de corte e aumentá-la se for conveniente.

### Cálculo de número de golpes por minuto

Quando o trabalho de usinagem é feito por aplainamento e, portanto, o movimento da máquina é linear, calcula-se o número de golpes que a ferramenta dá por minuto.

Observação

Golpe é o movimento de ida e volta da ferramenta ou da peça. A fórmula para esse cálculo é:

$$n_g = \frac{V_c \cdot 1000}{2 \cdot c}$$

Na fórmula,  $n_g$  é o número de golpes por minuto,  $V_c \cdot 1000$  já é conhecido,  $c$  é o curso da máquina, ou seja, o espaço que a ferramenta percorre em seu movimento linear. Esse valor é multiplicado por 2 porque o movimento é de vaivém.

### Observação

O curso é igual ao comprimento da peça mais a folga de entrada e saída da ferramenta, normalmente 30 mm.

Analisando a fórmula, verifica-se que os valores 1000 e 2 são constantes. Assim, dividindo-se os valores, temos:

$$n_g = \frac{V_c \cdot 1000}{2 \cdot c} \Rightarrow 500 \frac{V_c}{c}$$

### Exemplo

Calcular o número de golpes para o aplainamento de uma peça de aço ABNT 1020 com resistência à tração de 500 N/mm<sup>2</sup> e 150 mm de comprimento, usando uma ferramenta de aço rápido a uma velocidade de corte de 16 m/min.

Dados da máquina:  $n_g = 25; 32; 40; 50; 63; 125/\text{min}$

$V_c = 16 \text{ m/min}$

$c = 150 \text{ mm} + 30 \text{ mm (folga)} = 180 \text{ mm}$

$$n_g = 500 \frac{V_c}{c} \Rightarrow \frac{500 \cdot 16}{180} = 44,44/\text{min}$$

O número de golpes ideal seria 44,44/min, porém adota-se o número de golpes-máquina imediatamente inferior com a finalidade de preservar a ferramenta, no início da usinagem ou seja, 40/min.

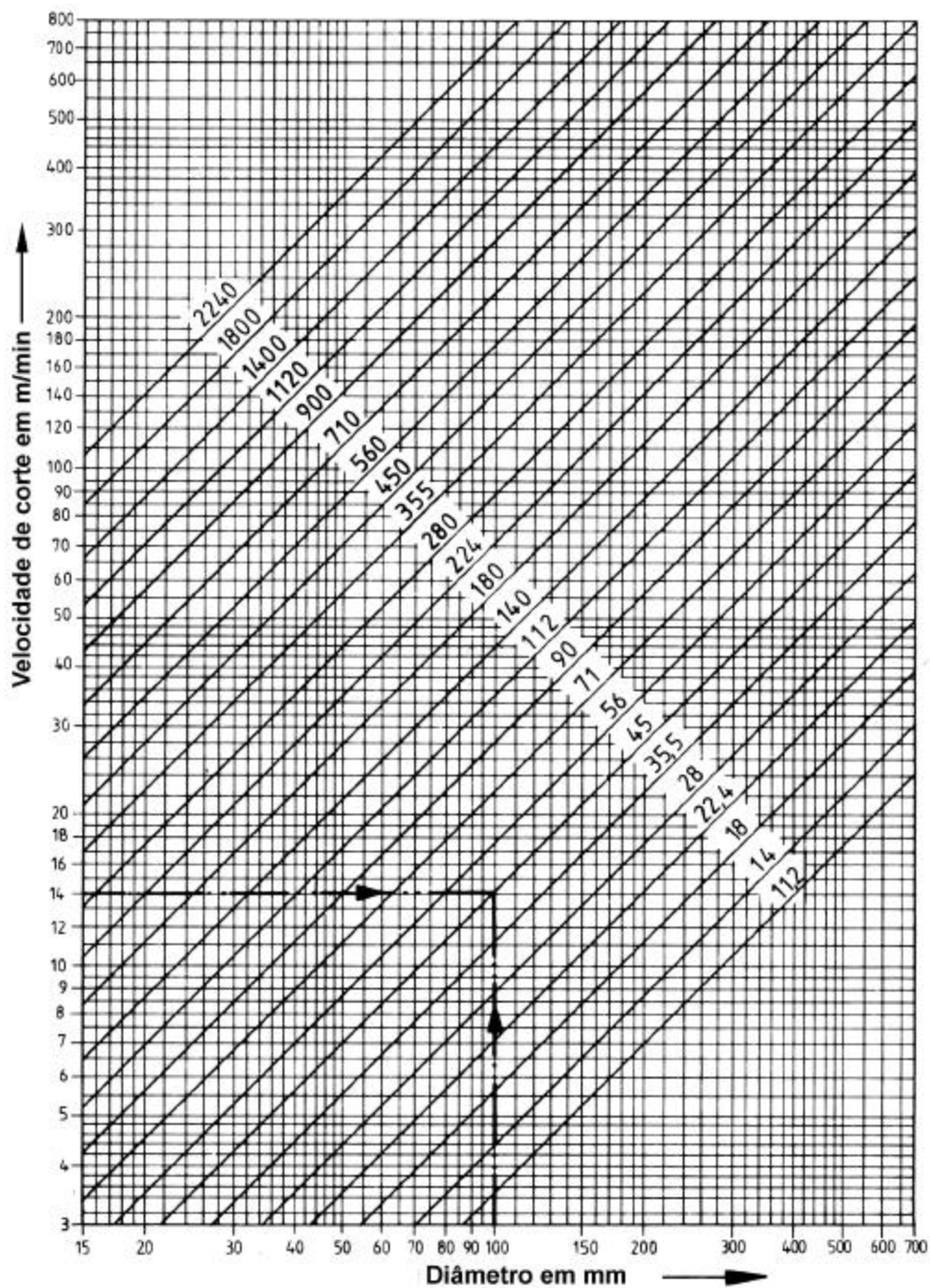
O valor da velocidade de corte é baseado em experiências práticas. Assim, o operador pode, de acordo com as condições gerais do corte, aumentar o número de golpes para 50/min e refazer a análise.

### Nomograma

Nomograma é um gráfico que contém dados que permitem obter o valor da rotação pela localização de um ponto de encontro entre suas coordenadas.

Esse tipo de gráfico é encontrado em catálogos e publicações técnicas e agiliza as consultas.

### Nomograma de rotações por minuto para torneamento

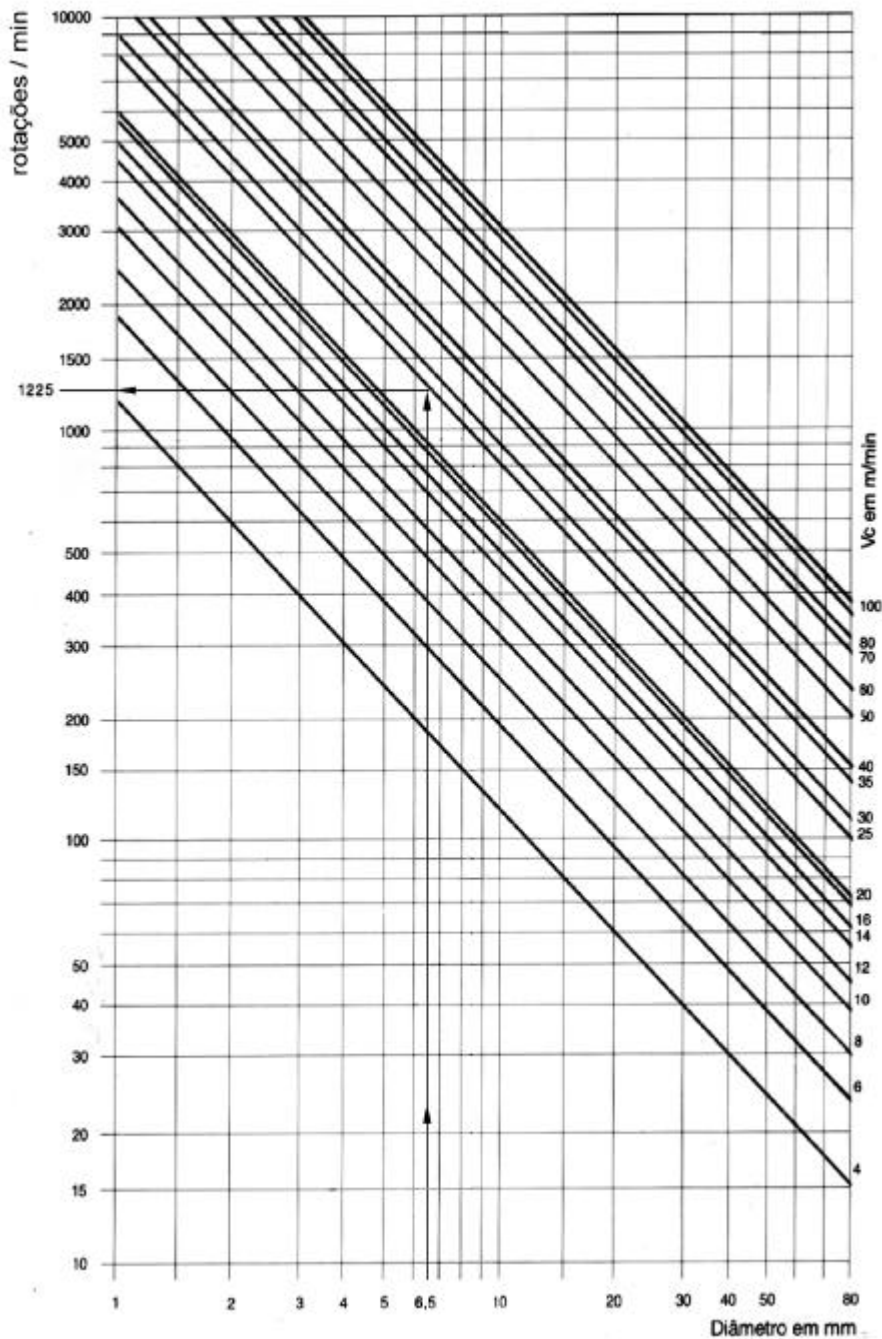


A aplicação do nomograma consiste em relacionar o diâmetro em mm com a velocidade de corte em m/min projetando linhas perpendiculares que partam dos valores predeterminados. O encontro dessas linhas indica a rotação adequada.



O nomograma acima indica a rotação para o torneamento de uma peça de aço ABNT 1060 com  $900 \text{ N/mm}^2$  com  $V_c = 14 \text{ m/min}$  e 100 mm de diâmetro: 45/min.

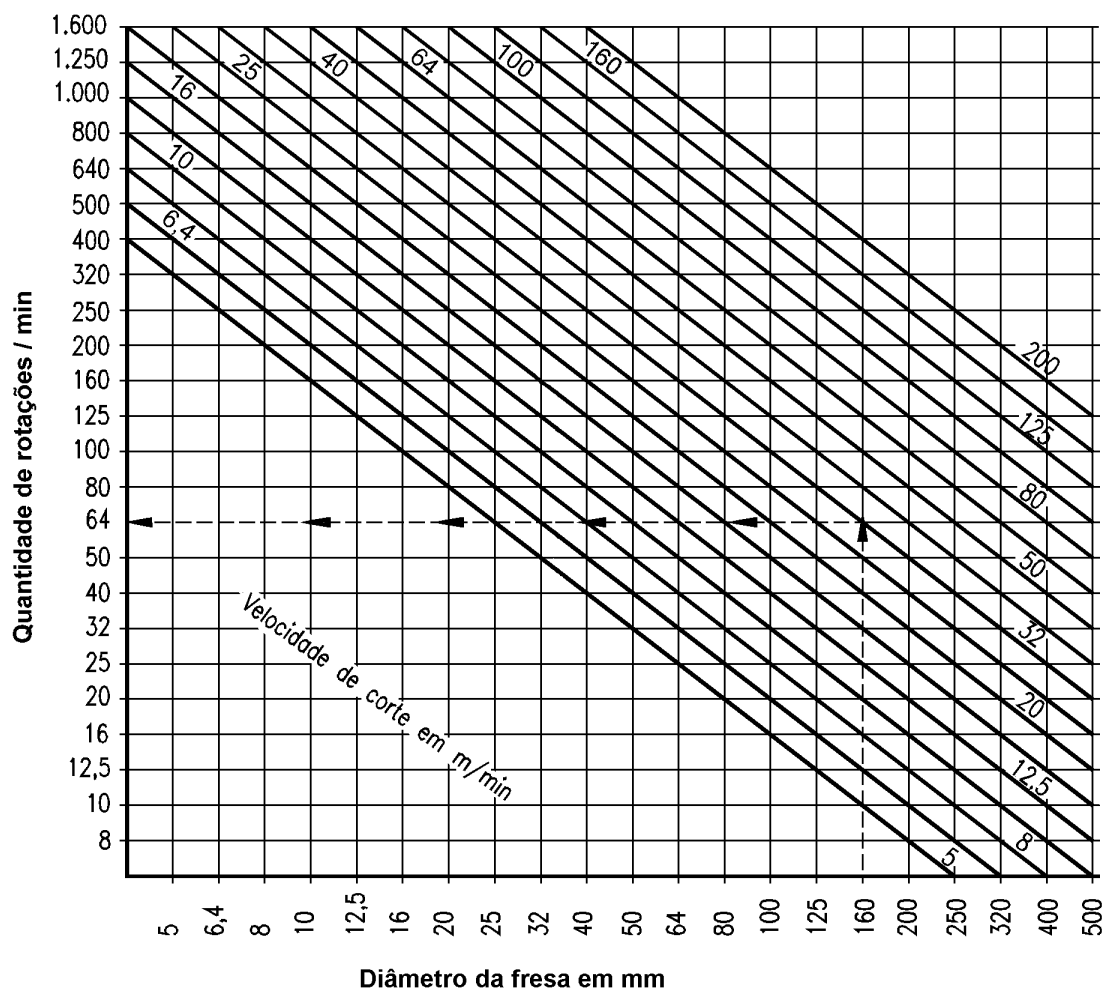
**Nomograma de rotações por minuto para furação com brocas de aço rápido**



A rotação, nesse nomograma, é localizada partindo-se do diâmetro da broca de onde sobe uma linha vertical que encontra a linha da velocidade de corte correspondente.

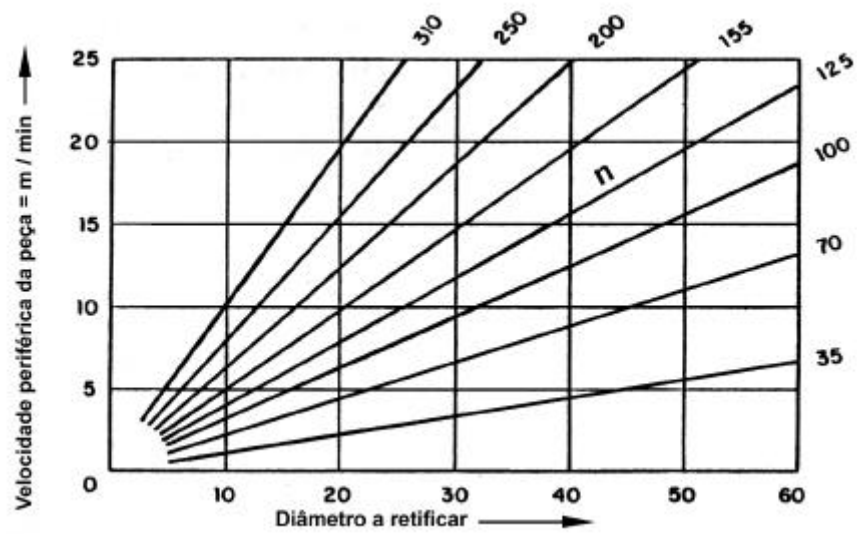
Em seguida, uma linha horizontal é projetada até a escala de rotações. Procede-se dessa maneira por exemplo para descobrir a rotação para furar uma peça de aço com resistência de 700 N/mm<sup>2</sup>, com velocidade de corte de 25 m/min e usando uma broca de aço rápido de 6,5 mm de diâmetro: 1225/min.

### Nomograma de rotações por minuto para fresamento



Neste nomograma de rotações por minuto para fresamento a consulta consiste em, projetar uma linha vertical a partir do valor do diâmetro da fresa até que ela encontre a linha do valor de velocidade de corte correspondente e em seguida, projetar uma linha horizontal até a escala de rotações. Assim, por exemplo, a rotação para fresar uma peça de aço com velocidade de corte de 32m/min, com um cabeçote de fresar de 160 mm de diâmetro, é 64/min.

### Nomograma de rotações da peça para retificadora cilíndrica



## Avanço de corte nas máquinas-ferramenta

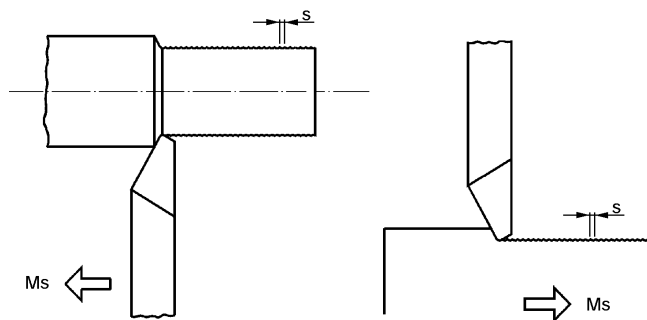
Avanço é o percurso realizado pela ferramenta segundo a direção de avanço em cada revolução ou curso, originando um levantamento repetido ou contínuo de cavaco. Nos manuais, catálogos e demais documentos técnicos, o avanço é indicado pela letra *s* e o seu valor normalmente é expresso em milímetros por minuto (mm/min), milímetros por rotação (mm/r) ou milímetros por golpe (mm/g).

Seleciona-se o avanço em função de vários fatores: material da peça, material da ferramenta, operação que será realizada, rugosidade esperada e raio da ferramenta.

O avanço de corte nas máquina-ferramenta apresenta características diferenciadas para ferramentas monocortantes e para as multicortantes.

## Avanço nas ferramentas monocortantes

Durante o movimento de corte nas ferramentas monocortantes, a peça ou a ferramenta se desloca segundo a direção do movimento de avanço. As ferramentas monocortantes são utilizadas mais comumente em duas operações: torneamento e aplainamento.



### Operações de torneamento

No torneamento, a seleção do raio da ponta da ferramenta ou  $r_\epsilon$  e o avanço,  $s$ , em mm/r, depende do tipo de operação a ser realizada, se desbaste ou acabamento.

**Desbaste** - no desbaste, o raio da ponta deve ser o maior possível para obter uma aresta de corte forte, pois em grande raio de ponta permite avanços mais vantajosos.

Os raios mais usuais em desbaste estão entre 1,0 e 1,6mm; a taxa máxima de avanço recomendada é de 2/3 do valor do raio de ponta; assim, se a ferramenta para desbaste tem um raio de 1,2mm, seu avanço máximo será de 0,8mm/r. A tabela a seguir mostra um guia para o avanço máximo em função dos vários raios de ponta das ferramentas de tornear.

Raio de ponta $r_\epsilon$ (mm)	0,4	0,8	1,2	1,6
Avanço máximo recomendado $s_{m\acute{a}x}$ (mm/r)	0,25 - 0,35	0,4 - 0,7	0,5 - 1,0	0,7 - 1,3

Ao escolher o avanço para a operação de desbaste em um torno, é essencial que o avanço máximo não seja ultrapassado; na prática, o avanço pode ser determinado por meio da fórmula  $s_{\text{máx}} = 0,5 \cdot r_{\text{ε}}$

Assim, se nas operações de desbaste o raio da ponta for de 1,6mm, o avanço máximo será de 0,8mm/r, não ultrapassando o valor máximo recomendado, que é de 1,3mm/r.

**Acabamento** - o acabamento e as tolerâncias de superfície são funções da combinação entre o raio da ponta e o avanço, bem como da estabilidade da peça ao trabalho e das condições gerais da máquina.

As regras gerais para obter um bom acabamento estabelecem que o acabamento pode ser melhorado graças à utilização de velocidades de corte mais elevadas, mantendo-se o avanço; se houver vibrações, deve-se selecionar um raio de ponta menor. Teoricamente, o valor da superfície acabada  $R_t$  (rugosidade total) pode ser calculado por uma fórmula.

$$R_t = \frac{(s_{\text{máx}})^2}{8r_{\text{ε}}} \times 1000 \text{ (}\mu\text{m)} \rightarrow (s_{\text{máx}})^2 = \frac{R_t \cdot 8 \cdot r_{\text{ε}}}{1000} \rightarrow s_{\text{máx}} = \sqrt{\frac{R_t \cdot 8 \cdot r_{\text{ε}}}{1000}}$$

Com essa fórmula, também é possível encontrar o avanço máximo em função da rugosidade teórica esperada; antes, porém, é preciso converter o parâmetro de rugosidade  $R_t$  para o parâmetro  $R_a$ , que geralmente aparece nos desenhos técnicos.

Note-se que não há relação matemática entre a profundidade do perfil (parâmetro  $R_t$ ) e o valor da rugosidade média ( $R_a$ ). A conversão dos parâmetros é vista na tabela a seguir.

**Tabela de conversão**

<b><math>R_t</math> (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	1,6	2,0	2,4	3,0	4,0	6,0	8,0	10,0	15,0	27,0	45,0
<b><math>R_a</math> (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	0,30	0,40	0,49	0,63	0,80	1,2	1,6	2,0	3,2	6,3	12,5

Para exemplificar a aplicação da fórmula, suponha-se a necessidade de encontrar o avanço máximo para tornear uma peça

com rugosidade  $R_a$  de  $2,0 \mu\text{m}$ , usando uma ferramenta com  $r_\epsilon$  de  $0,8\text{mm}$ .

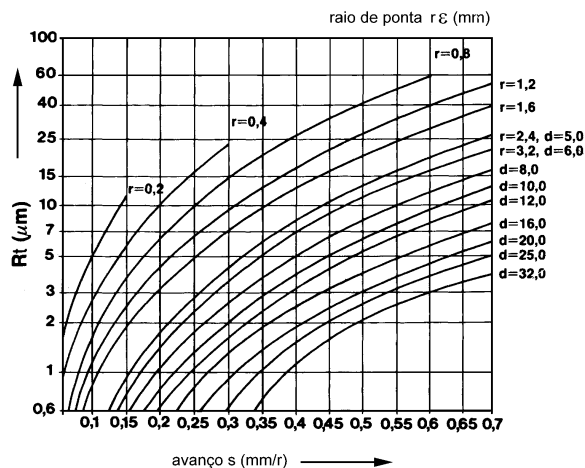
$$r_\epsilon = 0,8\text{mm}$$

$$R_a = 2,0\mu\text{m}$$

$R_t = 10\mu\text{m}$  (dado fornecido pela tabela de conversão)

$$s_{\text{máx}} = \sqrt{\frac{R_t \cdot 8 \cdot r_\epsilon}{1000}} \rightarrow \sqrt{\frac{10 \cdot 8 \cdot 0,8}{1000}} \rightarrow s_{\text{máx}} = 0,25\text{mm/r}$$

Com a finalidade de evitar cálculos matemáticos, o nomograma apresentado a seguir facilita as consultas para determinar o avanço máximo para torneamento em função do raio da ponta e da rugosidade esperada.



## Operações de aplainamento

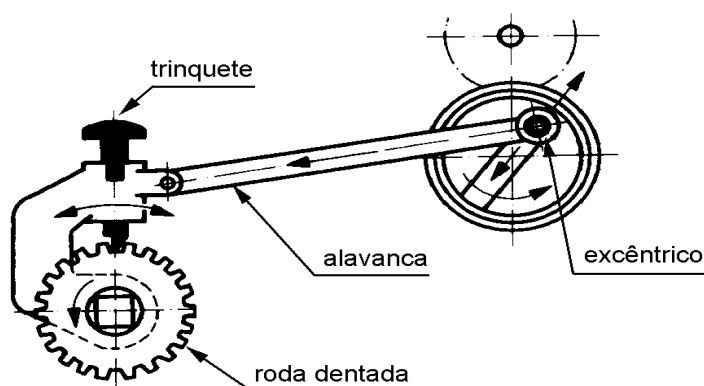
O avanço de corte na plaina é feito em função do acabamento superficial esperado. O mecanismo para obter o avanço de corte consiste em transformar o movimento giratório promovido pela coroa em movimento linear transversal da mesa.

Na extremidade do fuso transversal da mesa é montada uma roda dentada onde se encaixa um trinquete; este, por meio de movimento alternativo, desloca a mesa transversalmente.

O valor de avanço é proporcional ao número de dentes da roda dentada e ao passo do fuso; assim, para desbaste, o trinquete tem de avançar vários dentes; para o acabamento, um só dente. Para obter o valor do avanço por dente da roda dentada, deve-se

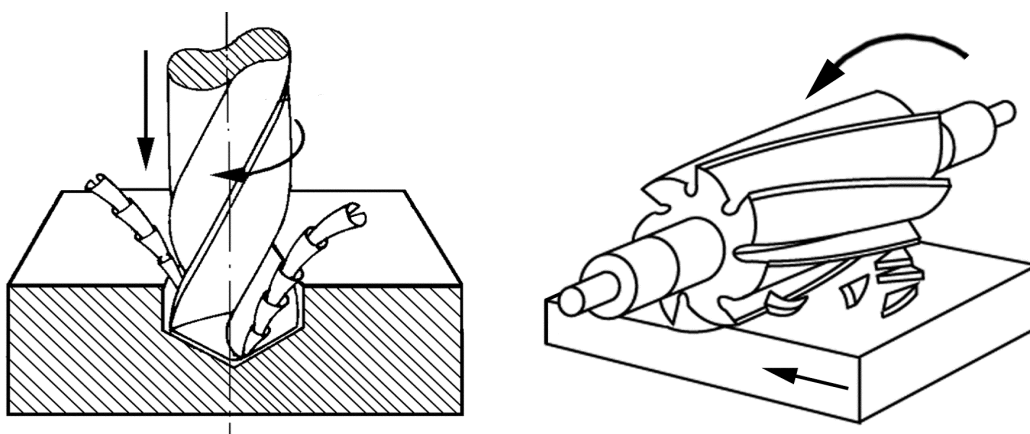
conhecer o passo do fuso de comando da mesa e o número de dentes da roda dentada. Como exemplo, considere-se um fuso de mesa com o passo de 4mm, isto é, a mesa se desloca 4mm a cada volta que ele dá, e uma roda dentada com 40 dentes; quando um só dente se desloca, o fuso da mesa desloca-se  $\frac{4\text{mm}}{40\text{dentes}}$ , isto é, 0,1mm/dente, ou 0,1mm/g.

Conforme a posição da aresta de corte, a ferramenta pode cortar à direita ou à esquerda, em razão de que o trinquete possibilita a inversão do sentido de avanço da mesa.



## Avanço nas ferramentas multicortantes

Ferramentas multicortantes são ferramentas em que o número de arestas de corte ou dentes é igual ou maior que dois. Entre as ferramentas multicortantes mais utilizadas na Mecânica, citam-se as brocas e as fresas.





## Avanço nas fresas

Nas ferramentas multicortantes, especialmente nas fresas, são definidos três tipos diferentes de avanço: avanço por rotação, avanço por dente e avanço de mesa.

O avanço por rotação ( $s_n$ ), é a distância percorrida pela peça de trabalho em cada rotação da ferramenta ou, matematicamente,  $s_n = s_z \cdot z$ ; onde:

$s_n \rightarrow$  avanço por rotação em mm/r

$s_z \rightarrow$  avanço por dente em mm/d

$z \rightarrow$  número de dentes da fresa

Para exemplificar a aplicação dessa fórmula, pergunta-se: qual o valor do avanço de uma fresa com 14 dentes e avanço por dente de 0,2mm/d?

$$s_n = s_z \cdot z \Rightarrow s_n = 0,2 \cdot 14 \Rightarrow s_n = 2,8\text{mm/r}$$

O avanço por dente ( $s_z$ ), é igual ao avanço por rotação ( $s_n$ ) dividido pelo número de dentes da ferramenta ( $z$ ) ou, matematicamente  $s_z = \frac{s_n}{z}$

Como exemplo de aplicação dessa fórmula, pergunta-se: qual o valor do avanço por dente de uma fresa com seis dentes e avanço por rotação de 0,6 mm/r?

$$s_z = \frac{s_n}{z} \Rightarrow s_z = \frac{0,6}{6} \Rightarrow s_z = 0,1\text{mm/d}$$

Os fabricantes de ferramentas, com base em dados empíricos, criaram tabelas que trazem o avanço por dente adequado ao tipo de fresa, ao material e ao tipo de usinagem como exemplo, cita-se a tabela a seguir:

*Tabela de avanço por dente para fresa (mm/d)*

Tipo de fresa	cilíndrica e cilíndrica frontal		de pastilhas intercambiáveis		circular de aço rápido		perfil constante		de topo de aço rápido	
Operação	des-baste	acabamento	des-baste	acabamento	des-baste	acabamento	des-baste	acabamento	des-baste	acabamento
Material	Avanço para profundidade de até 3mm									
Aço de 900 a 1100 N/mm <sup>2</sup>	0,1	0,04	0,1	0,05	0,05	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03
Aço de 600 a 900 N/mm <sup>2</sup>	0,15	0,05	0,2	0,1	0,06	0,02	0,03	0,01	0,02	0,03
Aço até 600 N/mm <sup>2</sup>	0,2	0,08	0,25	0,1	0,07	0,03	0,04	0,02	0,04	0,08
Ferro fundido até 180 HB	0,2	0,08	0,3	0,1	0,07	0,03	0,03	0,01	0,03	0,06
Ferro fundido acima de 180HB	0,1	0,04	0,2	0,1	0,07	0,03	0,03	0,01	0,03	0,05
Bronze	0,15	0,06	0,5	0,15	0,06	0,03	0,04	0,02	0,04	0,08
Latão	0,2	0,1	0,5	0,15	0,06	0,03	0,04	0,02	0,04	0,08
Ligas de alumínio	0,1	0,05	0,5	0,15	0,07	0,03	0,03	0,01	0,04	0,08

O avanço da mesa (s') é a distância percorrida pela peça de trabalho em cada minuto, em relação à ferramenta de corte ou, matematicamente,

$$s' = sn \cdot n$$

onde:

s' → avanço da mesa em mm/mim

sn → avanço por rotação em mm/r

n → rotação por minuto

Exemplo: Qual o avanço da mesa para usinar uma peça de aço com uma fresa que possibilita o avanço de 0,5mm/r com rotação de 200/min?

$$s' = sn \cdot n$$

$$s' = 0,5 \cdot 200$$

Para calcular diretamente o avanço da mesa ( $s'$ ) em função do avanço por dente, normalmente apresentado em tabelas empíricas, utilizam-se a associação das fórmulas já apresentadas.

$$s_n = s_z \cdot z \quad n = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot d}$$

$$s' \Rightarrow s_n \cdot n$$

Substituindo, temos:

$$s' = \frac{s_z \cdot z \cdot V_c \cdot 1000}{\pi \cdot d}$$

onde

$s'$  → avanço da mesa em mm/min

$s_z$  → avanço por dente em mm/d

$z$  → número de dentes da fresa

$V_c$  → velocidade de corte m/min

$d$  → diâmetro externo da fresa em mm

$\pi$  → 3,14

1000 → fator de conversão de milímetros para metros

Para exemplificar a aplicação da fórmula, pergunta-se: qual o avanço da mesa em mm/min para usinar em desbaste uma peça de aço ABNT 1045, com 700N/mm<sup>2</sup> de resistência à tração, utilizando uma fresa cilíndrica frontal de diâmetro externo de 63mm e 6 dentes, sabendo-se que a velocidade de corte desse material é de 22m/min?

$$s' = \frac{s_z \cdot z \cdot V_c \cdot 1000}{\pi \cdot d} \Rightarrow s' = \frac{0,15 \cdot 6 \cdot 22 \cdot 1000}{3,14 \cdot 63} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow s' = 100,09 \text{ mm/min}$$

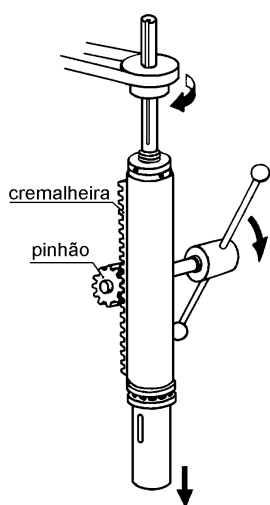
O avanço ideal será 100,09mm/min; no entanto, se a gama de avanços da fresadora não tiver esse avanço, tomar o valor imediatamente inferior, com a finalidade de preservar a ferramenta no início da usinagem.

Como a velocidade de corte e o avanço por dente são dados empíricos o operador pode analisar as condições gerais de corte (lubrificação, resistência do material, dureza da ferramenta, rigidez da máquina) e aumentar o avanço de mesa, gerando maior produção, considerando também a vida útil da ferramenta.

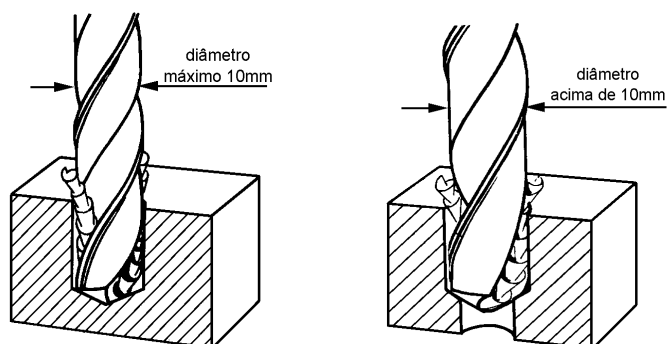
## Avanço nas brocas

Nas furadeiras simples com movimento manual, o avanço de corte está diretamente ligado à afiação e o diâmetro da broca.

O avanço é conseguido pelo movimento manual de um braço de alavanca que, por meio de um sistema de cremalheira e roda dentada (pinhão), transformando o movimento giratório da roda dentada em movimento linear do eixo-árvore. O diâmetro e a afiação da broca são fatores limitantes ao movimento de avanço.



Com a finalidade de diminuir o esforço e aumentar o avanço de corte na furadeira, é necessário executar pré-furos nas furações acima de 10mm de diâmetro.

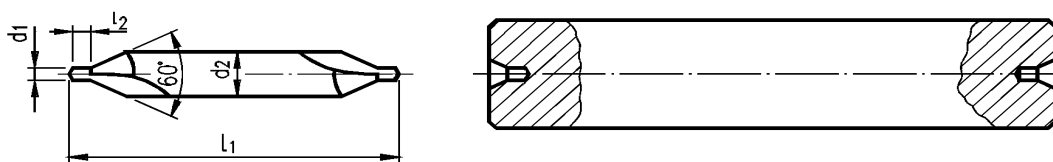


Nas furadeiras providas de sistemas de avanço automático, é necessário consultar catálogos e documentos técnicos baseados em dados empíricos, fornecidos pelos fabricantes das ferramentas, aliando menor desgaste da broca a um tempo de corte menor.

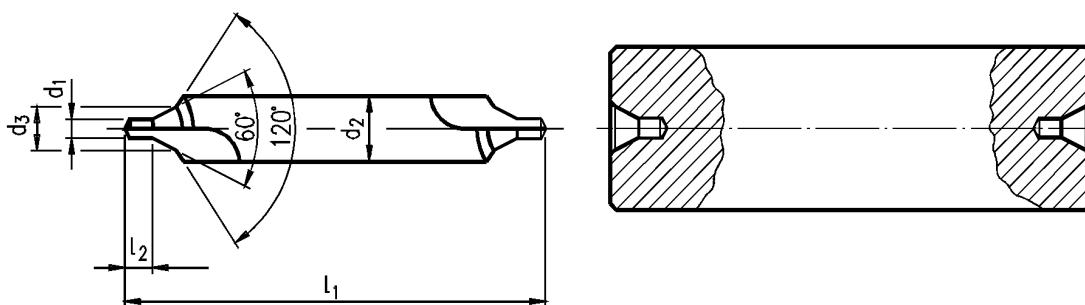
## Broca de centrar

Broca de centrar é uma ferramenta de aço rápido que serve para fazer furos de centro. De acordo com a norma NBR 6386, pode ser classificada em forma A, forma B e forma R. Graças a sua forma, essas brocas executam, numa só operação, o furo cilíndrico, o cone, o escareado de proteção e o raio.

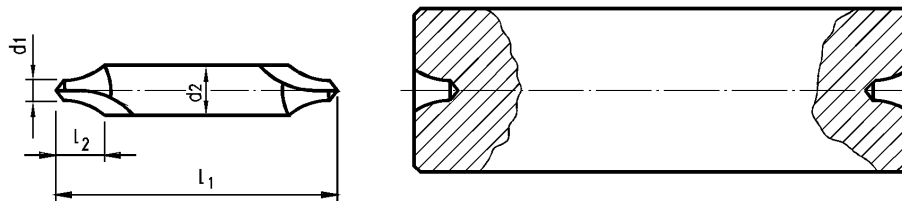
A broca de forma A é uma broca de centrar simples, com um perfil sem chanfro de proteção, que gera um furo cilíndrico seguido de um escareado a  $60^\circ$ .



A broca de forma B é uma broca de centrar com chanfro de proteção. O escareado de proteção pode ter uma entrada escareada a  $120^\circ$  ou um rebaixo, com a finalidade de proteger a parte cônica contra deformações ocasionadas por choques capazes de prejudicar o rigor da centragem.



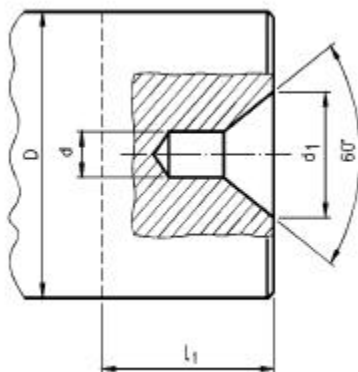
A broca de centro de forma R, que é a broca de centro com raio, é utilizada para diminuir o atrito entre a contraponta e o furo de centro, no caso de desalinhamento da contraponta no torneamento cônico de pequena conicidade.



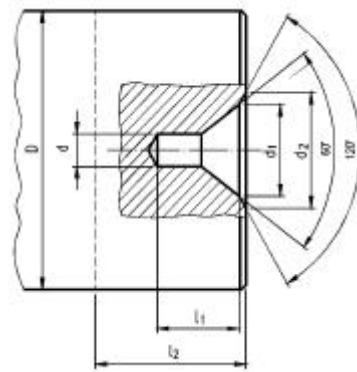
A escolha da broca é feita em função dos diâmetros da ponta do eixo, segundo uma tabela da norma ISO/R 866.

### Centros para trabalhos entre pontas (ISO/R 866)

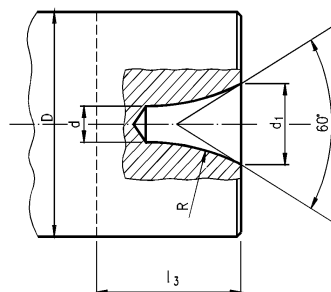
Forma A - sem chanfro de proteção



Forma B - com chanfro de proteção



Forma R - com perfil curvo



<b>Diâmetro da ponta do eixo D</b>	<b>d</b>	<b>d1</b>	<b>L1</b>	<b>d</b>	<b>d1</b>	<b>d2</b>	<b>L2</b>
<b>de 0 a 8</b>	1	2,12	3	1	2,12	3,15	3,5
<b>3 12</b>	1,6	3,35	5	1,6	3,35	5	5,5
<b>12 18</b>	2	4,25	6	2	4,25	6,3	6,6
<b>18 25</b>	2,5	5,3	7	2,5	5,3	8	8,3
<b>25 40</b>	3,15	6,7	9	3,15	6,7	10	10
<b>40 80</b>	4	8,5	11	4	8,5	12,5	12,7
<b>80 180</b>	6,3	13,2	18	6,3	13,2	18	20
<b>acima de 180</b>	10	21,2	28	10	21,2	28	31

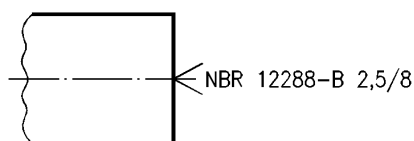
### **Centros para trabalhos entre pontas (ISO/R 866)**

<b>Diâmetro da ponta do eixo D</b>	<b>d</b>	<b>d1</b>	<b>L3</b>
<b>de 0 a 6</b>	1	2,12	3
<b>6 10</b>	1,6	3,35	5
<b>10</b>	2	4,25	6
<b>16 25</b>	2,5	5,3	7
<b>25 40</b>	3,15	6,7	9
<b>40 63</b>	4	8,5	11
<b>63 80</b>	6,3	13,2	18
<b>acima de 180</b>	10	21,2	28

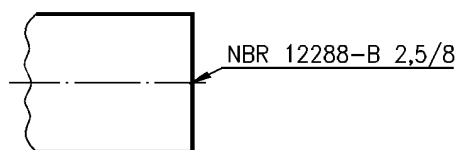
*Observação: L1, L2 e L3 representam o comprimento de corte quando o furo de centro deve desaparecer.*

A representação simplificada de um furo de centro em desenho técnico é indicada pela norma NBR - 12288; os três requisitos diferentes que geralmente podem ser definidos em desenho técnico para a forma e a dimensão do furo de centro são:

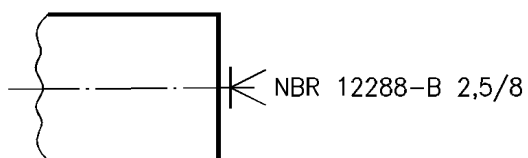
o furo de centro é necessário na peça acabada;



- o furo de centro pode permanecer na peça acabada;

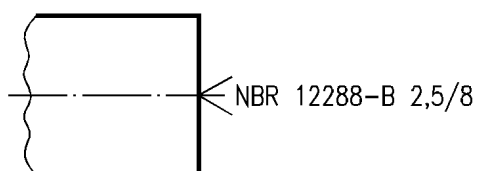
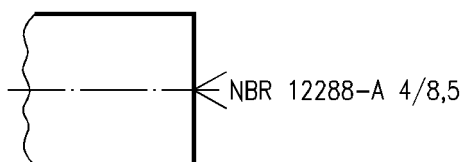
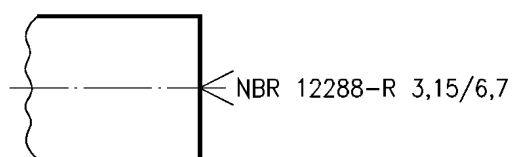


- não pode haver furo de centro na peça acabada.

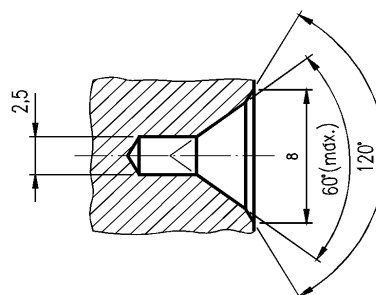
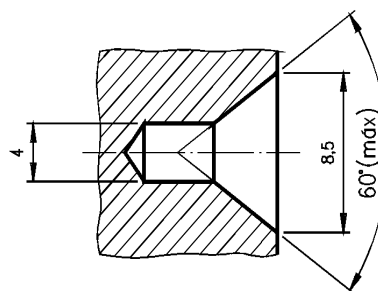
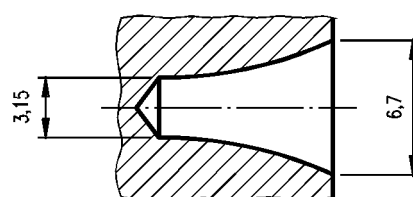


Para interpretar a designação da broca de centro é necessário observar a forma, o diâmetro da ponta cilíndrica e o diâmetro maior do cone.

## Designação



## Interpretação da designação



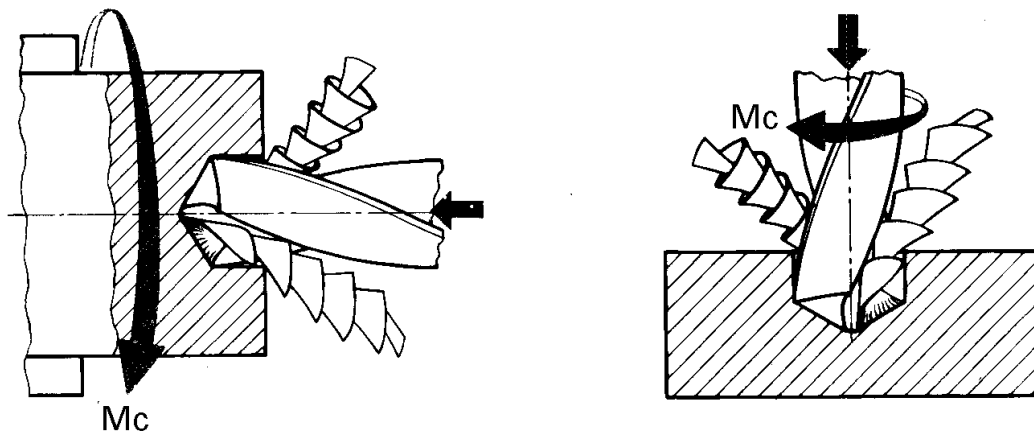


# Brocas

A broca é uma ferramenta de corte geralmente de forma cilíndrica, fabricada com aço rápido, aço carbono, ou com aço carbono com ponta de metal duro soldada ou fixada mecanicamente, destinada à execução de furos cilíndricos.

Essa ferramenta pode ser fixada em máquinas como torno, fresadora, furadeira, mandriladora.

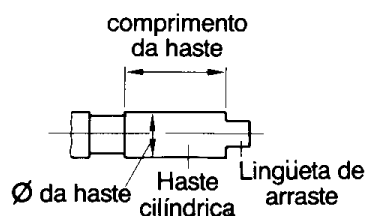
Nos tornos, as brocas são estacionárias, ou seja, o movimento de corte é promovido pela peça em rotação. Já nas fresadoras, furadeiras e nas mandriladoras, o movimento de corte é feito pela broca em rotação.



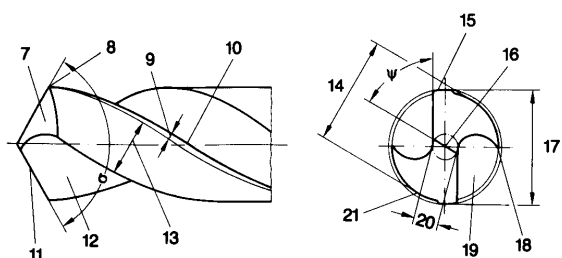
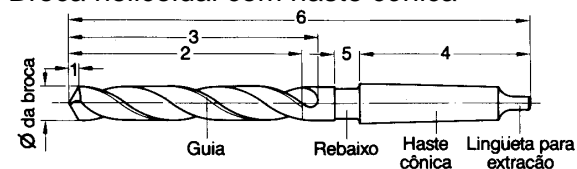
A broca do tipo helicoidal de aço rápido é a mais usada em mecânica. Por isso, é preciso conhecer suas características de construção e nomenclatura.

As brocas são construídas conforme a norma NBR 6176. A nomenclatura de suas partes componentes e seus correspondentes em termos usuais em mecânica estão apresentados a seguir.

#### Broca helicoidal com haste cilíndrica



#### Broca helicoidal com haste cônica



$\sigma$  = ângulo de ponta

$\psi$  = ângulo da aresta transversal

Nomenclatura NBR 6176	Termos usuais	Nomenclatura NBR 6176	Termos usuais
1. comprimento da ponta	—	12. superfície de saída	—
2. comprimento utilizável	comprimento de corte	13. largura da superfície lateral de folga	largura do rebaixo
3. comprimento do canal	—	14. comprimento da superfície	diâmetro do rebaixo
4. comprimento da haste	—	15. lateral de folga guia	filete cilíndrico
5. comprimento do rebaixo	comprimento do pescoço	16. aresta transversal	centro morto
6. comprimento total	—	17. diâmetro da broca	—
7. superfície principal de folga	superfície detalonada	18. quina	—
8. ponta de corte	—	19. canal	—
9. largura $l$ da guia	largura do filete cilíndrico	20. espessura $k$ do núcleo	alma na ponta
10. aresta lateral	—	21. superfície lateral de folga	rebaixo
11. aresta principal de corte	—		

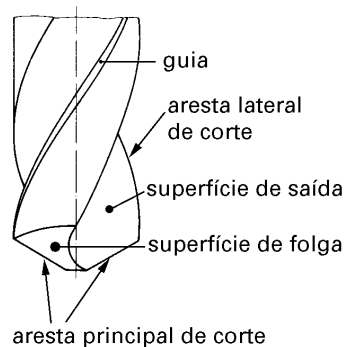
Fonte: **Manual Técnico SKF Ferramentas S/A**, 1987, p. 7.

Para fins de fixação e afiação, a broca é dividida em três partes: haste, corpo e ponta.

A **haste** é a parte que fica presa à máquina. Ela pode ser cilíndrica ou cônica, dependendo de seu diâmetro.

O **corpo** é a parte que serve de guia e corresponde ao comprimento útil da ferramenta. Quando se trata de broca helicoidal, o corpo tem dois canais em forma de hélice espiralada. No caso de broca canhão, ele é formado por uma aresta plana.

A **ponta** é a extremidade cortante que recebe a afiação. Forma um ângulo de ponta ( $\sigma$ ) que varia de acordo com o material a ser furado.



A broca corta com as suas duas arestas cortantes como um sistema de duas ferramentas. Isso permite formar dois cavacos simétricos.

Além de permitir a saída do cavaco, os canais helicoidais permitem a entrada do líquido de refrigeração e lubrificação na zona de corte.

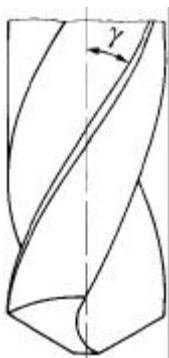
As guias que limitam os canais helicoidais guiam a broca no furo. Elas são cilíndricas e suficientemente finas para reduzir o atrito nas paredes do orifício. As bordas das guias constituem as arestas laterais da broca.

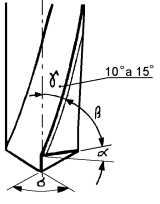
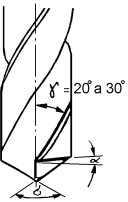
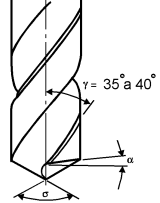
A aresta principal de corte é constituída pela superfície de saída da broca e a superfície de folga.

## Características das brocas

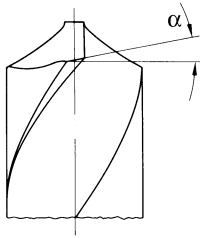
A broca é caracterizada pelas dimensões, pelo material com o qual é fabricada e pelos seguintes ângulos:

ângulo de hélice (indicado pela letra grega  $\gamma$ , lê-se gama) – auxilia no desprendimento do cavaco e no controle do acabamento e da profundidade do furo. Deve ser determinado de acordo com o material a ser furado: para material mais duro, ângulo mais fechado; para material mais macio, ângulo mais aberto. É formado pelo eixo de simetria da broca e a linha de inclinação da hélice. Conforme o ângulo  $\gamma$  a broca é classificada em **N**, **H**, **W**.

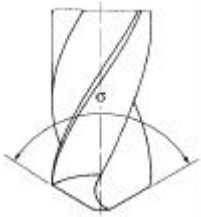


Ângulo da broca	Classificação quanto ao ângulo de hélice	Ângulo da ponta ( $\sigma$ )	Aplicação
	Tipo H - para materiais duros, tenazes e/ou que produzem cavaco curto (descontínuo).	80°  118°  140°	<p>Materiais prensados, ebonite, náilon, PVC, mármore, granito.</p> <p>Ferro fundido duro, latão, bronze, celeron, baquelite.</p> <p>Aço de alta liga.</p>
	Tipo N - para materiais de tenacidade e dureza normais.	130°  118°	<p>Aço alto carbono.</p> <p>Aço macio, ferro fundido, aço-liga.</p>
	Tipo W - para materiais macios e/ou que produzem cavaco longo.	130°	Alumínio, zinco, cobre, madeira, plástico.

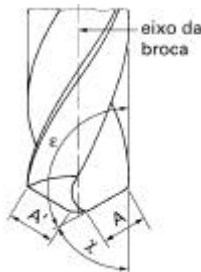
ângulo lateral de folga (representado pela letra grega  $\alpha$ , lê-se alfa) – tem a função de reduzir o atrito entre a broca e a peça. Isso facilita a penetração da broca no material. Sua medida varia entre 6 e 27°, de acordo com o diâmetro da broca. Ele também deve ser determinado de acordo com o material a ser furado: quanto mais duro é o material, menor é o ângulo de folga.



ângulo de ponta (representado pela letra grega  $\sigma$ , lê-se sigma) – corresponde ao ângulo formado pelas arestas cortantes da broca. Também é determinado pela resistência do material a ser furado.



É muito importante que as arestas cortantes tenham o mesmo comprimento e formem ângulos iguais em relação ao eixo da broca ( $A = A'$ ).



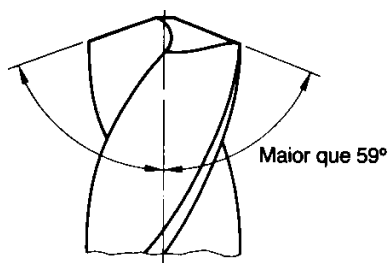
Existem verificadores específicos para verificar o ângulo  $\epsilon$  da broca.



### Modificações para aplicações específicas

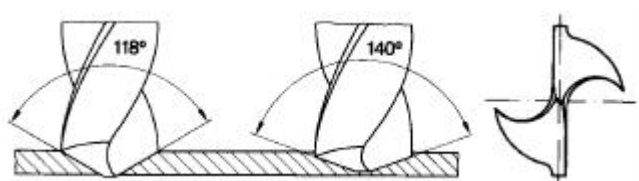
Quando uma broca comum não proporciona um rendimento satisfatório em um trabalho específico e a quantidade de furos não justifica a compra de uma broca especial, pode-se fazer algumas modificações nas brocas do tipo N e obter os mesmos resultados.

Pode-se, por exemplo, modificar o ângulo da ponta, tornando-o mais obtuso. Isso proporciona bons resultados na furação de materiais duros, como aços de alto carbono.

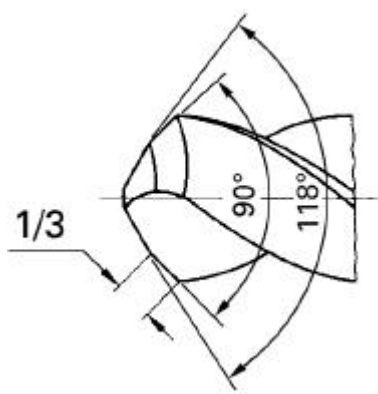


Para a usinagem de chapas finas são freqüentes duas dificuldades: a primeira é que os furos obtidos não são redondos, às vezes adquirindo a forma triangular; a segunda é que a parte final do furo na chapa apresenta-se com muitas rebarbas.

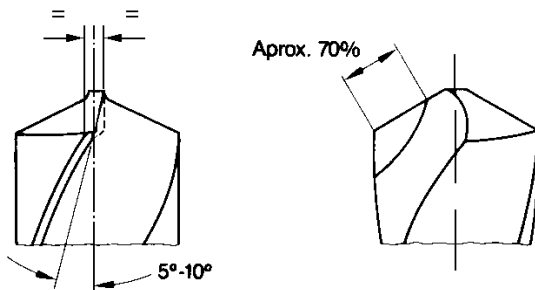
A forma de evitar esses problemas é afiar a broca de modo que o ângulo de ponta fique mais obtuso e reduzir a aresta transversal de corte.



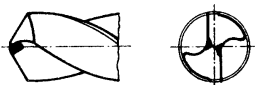

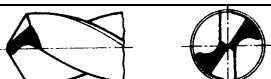
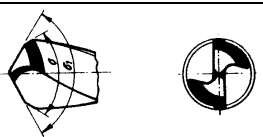
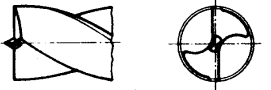
Para a usinagem de ferro fundido, primeiramente afia-se a broca com um ângulo normal de  $118^\circ$ . Posteriormente, a parte externa da aresta principal de corte, medindo  $1/3$  do comprimento total dessa aresta, é afiada com  $90^\circ$ .



Para a usinagem de cobre e suas ligas, como o latão, o ângulo lateral de saída (ângulo de hélice) da broca deve ser ligeiramente alterado para se obter um ângulo de corte de 5 a  $10^\circ$ , que ajuda a quebrar o cavaco. Essa alteração deve ser feita nas arestas principais de corte em aproximadamente 70% de seu comprimento.



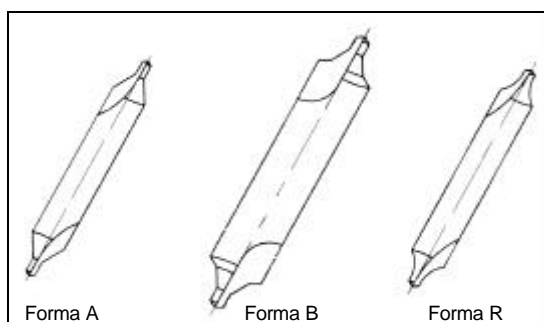
A tabela a seguir mostra algumas afiações especiais, conforme norma NBR 6176.

Afiações especiais	Tipo de afiação	Aplicações
	Formato A Redução da aresta transversal	Para aços até 900 N/mm <sup>2</sup>
	Formato B Redução da aresta transversal com correção da aresta principal de corte	Aço com mais de 900 N/mm <sup>2</sup> Aço para molas Aço ao manganês Ferro fundido
	Formato C Afiação em cruz	Aço com mais de 900 N/mm <sup>2</sup>
	Formato D Afiação com cone duplo	Ferro fundido
	Formato E Ponta para centrar	Ligas de alumínio, cobre e zinco Chapa fina Papel

## Brocas especiais

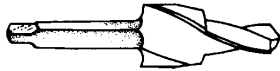
Além da broca helicoidal existem outros tipos de brocas para usinagens especiais. Elas são por exemplo:

- broca de centrar é usada para abrir um furo inicial que servirá como guia no local do furo que será feito pela broca helicoidal. Além de furar, esta broca produz simultaneamente chanfros ou raios. Ela permite a execução de furos de centro nas peças que vão ser torneadas, fresadas ou retificadas. Esses furos permitem que a peça seja fixada por dispositivos entre pontas e tenha movimento giratório.

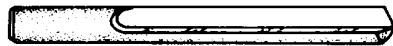




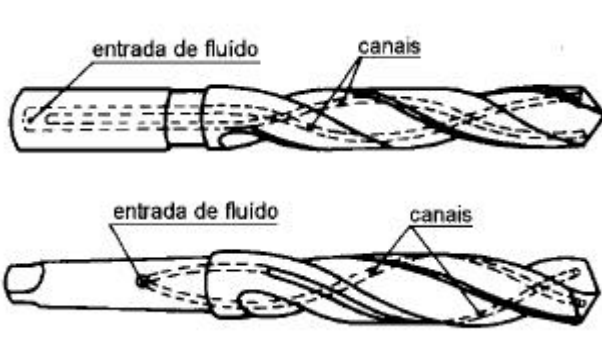
- broca escalonada simples e múltipla serve para executar furos e rebaixos em uma única operação. É empregada em grande produção industrial.



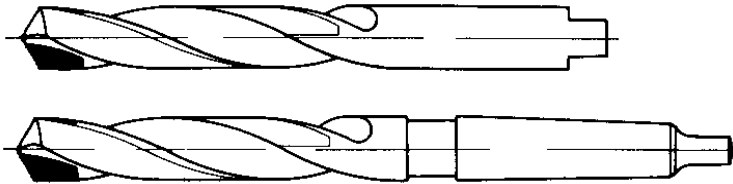
- broca canhão tem uma única aresta cortante. É indicada para trabalhos especiais como furos profundos, garantindo sua retitude, onde não há possibilidade de usar brocas helicoidais.



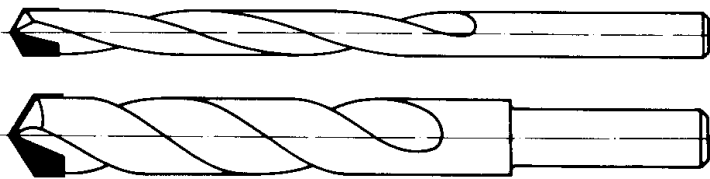
- broca com furo para fluido de corte é usada em produção contínua e em alta velocidade, principalmente em furos profundos. O fluido de corte é injetado sob alta pressão. No caso de ferro fundido, a refrigeração é feita por meio de injeção de ar comprimido que também ajuda a expelir os cavacos.



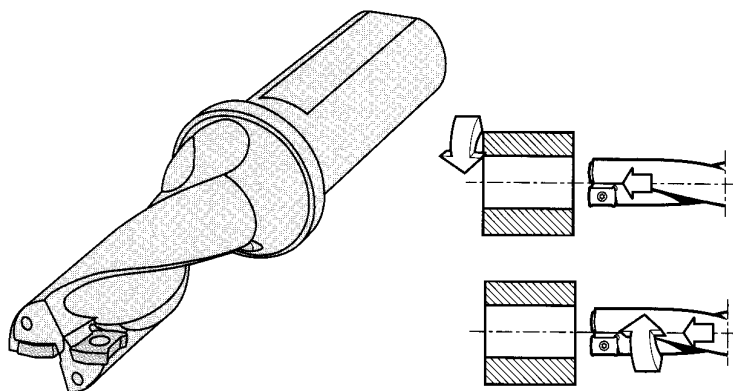
- broca com pastilha de metal duro para metais é utilizada na furação de aços com resistência à tração de 750 a 1400 N/mm<sup>2</sup> e aços fundidos com resistência de 700 N/mm<sup>2</sup>. é empregada também na furação de peças fundidas de ferro, alumínio, latão.



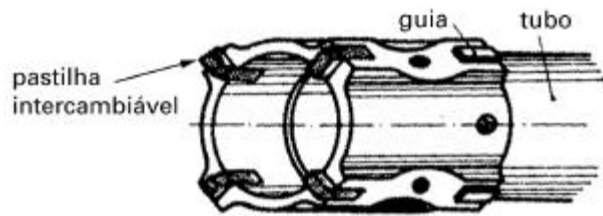
- broca com pastilha de metal duro para concreto tem canais projetados para facilitar o transporte do pó, evitando o risco de obstrução ou aquecimento da broca. Diferencia-se da broca com pastilha de metal duro para metais pela posição e afiação da pastilha, e pelo corpo que não apresenta guias cilíndricas.



- broca para furação curta é utilizada em máquinas-ferramenta CNC, na furação curta de profundidade de até 4 vezes o diâmetro da broca. É provida de pastilhas intercambiáveis de metal duro. Possui, em seu corpo, furos para a lubrificação forçada. Com ela, é possível obter furos de até 58 mm sem necessidade de pré-furação.



- broca trepanadora é uma broca de tubo aberto com pastilhas de metal duro intercambiáveis. É utilizada na execução de furos passantes de grande diâmetro. O uso dessa broca diminui a produção do cavaco porque boa parte do núcleo do furo é aproveitada para a confecção de outras peças.



Existe uma variedade muito grande de brocas que se diferenciam pelo formato e aplicação. Os catálogos de fabricantes são fontes ideais de informações detalhadas e atualizadas sobre as brocas, ou quaisquer outras ferramentas.

# Ferramentas de corte

As ferramentas de corte são empregadas para cortar materiais metálicos e não metálicos por desprendimento de cavaco. São constituídas de materiais com elevada dureza, o que lhes permite cortar materiais de dureza inferior.

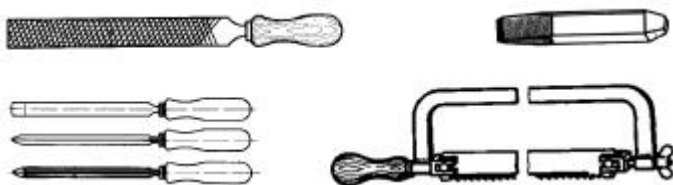
Existem dois fatores de influência nas ferramentas de corte: a dureza dos materiais de que são feitas e o ângulo da geometria de corte da ferramenta.

## Materiais das ferramentas

Normalmente os materiais das ferramentas de corte são aço carbono, aço rápido, metal duro e cerâmica.

### Aço carbono

O aço carbono utilizado para ferramentas de corte tem teores de carbono que variam entre 0,7 e 1,5%; é utilizado em ferramentas para usinagem manual ou em máquinas-ferramenta como, por exemplo, limas, talhadeiras, raspadores e serras. As ferramentas de aço carbono são utilizadas para pequenas quantidades de peças e não se prestam a altas produções; são pouco resistentes a temperaturas de corte superiores a 250° C, daí a desvantagem de usar baixas velocidades de corte.



## Aço rápido

As ferramentas de aço rápido possuem, além do carbono, vários elementos de liga, tais como tungstênio (W), cobalto (Co), cromo (Cr), vanádio (Va), molibdênio (Mo) e boro (B), que são responsáveis pelas propriedades de resistência ao desgaste e aumentam a resistência de corte a quente até 550° C, possibilitando maior velocidade de corte em relação às ferramentas de aço carbono.

Outra vantagem das ferramentas de aço rápido é que são reafiáveis, além de que um grande número de arestas de corte pode ser produzido numa mesma ferramenta. As ferramentas de aço rápido são comercializadas em forma de bastões de perfis quadrados, redondos ou lâminas, conhecidos como bites.



## Metal duro

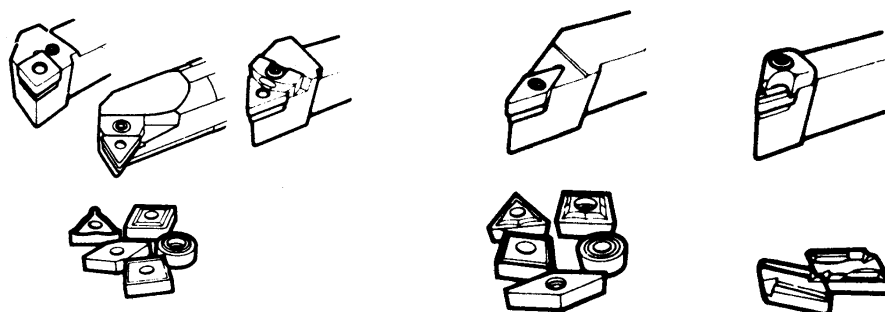
Metal duro ou carbeto metálico, conhecido popularmente como carboneto metálico, compõe as ferramentas de corte mais utilizadas na usinagem dos materiais na mecânica.

O metal duro difere totalmente dos materiais fundidos, como o aço; apresenta-se em forma de pó metálico de tungstênio (W), tântalo (Ta), cobalto (Co) e titânio (Ti), misturados e compactados na forma desejada, recebendo o nome de briquete. O último estágio de fabricação do metal duro é a sinterização, em que os briquetes se tornam uma peça acabada de metal duro em forma de pastilha, sob uma temperatura entre 1 300 e 1 600° C.

Todo esse processo garante ao metal duro grande resistência ao desgaste, com as vantagens de alta resistência ao corte a quente, pois até uma temperatura de 800° C a dureza mantém-

se inalterada; possibilidade de velocidades de corte de 50 a 200m/min, até vinte vezes superior à velocidade do aço rápido.

Devido à alta dureza, os carbetos possuem pouca tenacidade e necessitam de suportes robustos para evitar vibrações. As pastilhas de metal duro podem ser fixadas por soldagem, sendo afiáveis, ou mecanicamente, por meio de suportes especiais que permitem intercâmbio entre elas e neste caso não são reafiáveis; são apresentadas em diversas formas e classes, adequadas a cada operação; a escolha das pastilhas é feita por meio de consulta a tabelas específicas dos catálogos de fabricantes.



## Cerâmica

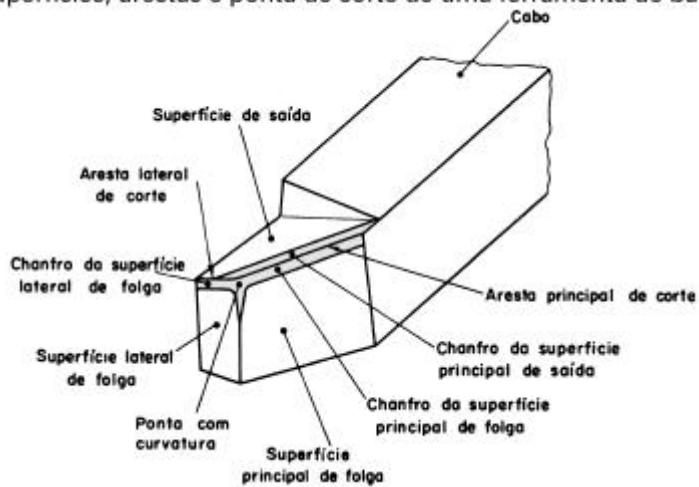
As ferramentas de cerâmica são pastilhas sinterizadas, com uma quantidade aproximada de 98 a 100% de óxido de alumínio; possuem dureza superior à do metal duro e admitem velocidade de corte cinco a dez vezes maior. São utilizadas nas operações de acabamento de materiais tais como ferro fundido e ligas de aço; sua aresta de corte resiste ao desgaste sob temperatura de 1 200° C.

## Ângulos da ferramenta de corte

O fenômeno de corte é realizado pelo ataque da cunha da ferramenta; o rendimento desse ataque depende dos valores dos ângulos da cunha, pois é esta que rompe as forças de coesão do material da peça. Os ângulos e superfícies na geometria de corte das ferramentas são elementos fundamentais para o rendimento e a durabilidade delas.

A denominação das superfícies da ferramenta, dos ângulos e das arestas é normalizada pela norma brasileira NBR 6163:90.

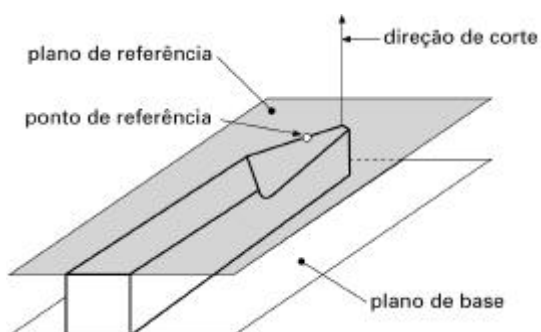
superfícies, arestas e ponta de corte de uma ferramenta de barra



Para a compreensão dos ângulos das ferramentas, é necessário estabelecer um sistema de referência que facilita consultas mais rápidas a catálogos técnicos. Esse sistema de referência é constituído por três planos ortogonais, isto é, perpendiculares entre si: plano de referência, plano de corte e plano de medida.

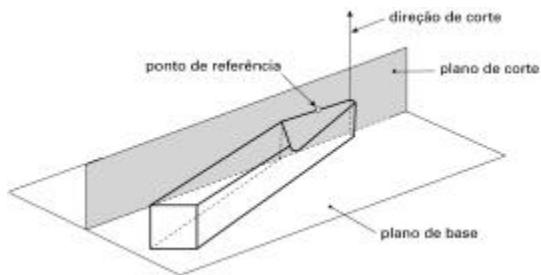
#### Plano de referência – PR

É o plano que contém o eixo de rotação da peça e passa pelo ponto de referência sobre a aresta principal de corte; é um plano perpendicular à direção efetiva de corte.



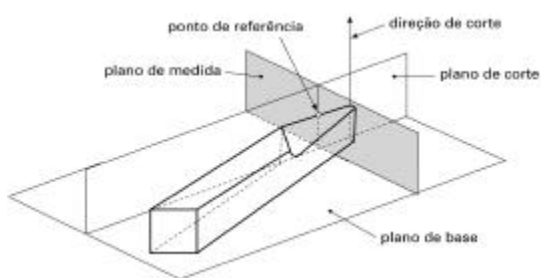
### Plano de corte – PC

É o plano que passa pela aresta de corte e é perpendicular ao plano de referência.

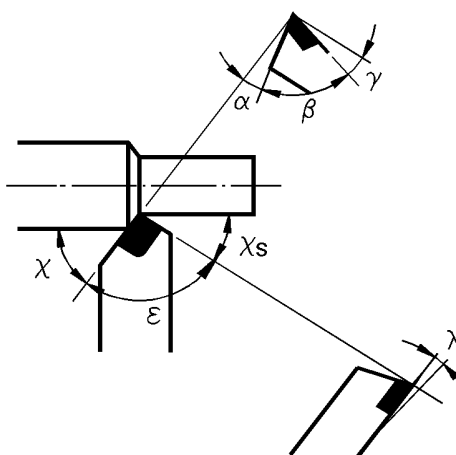


### Plano de medida - PM

É o plano perpendicular ao plano de corte e ao plano de referência; passa pelo ponto de referência sobre a aresta principal de corte.



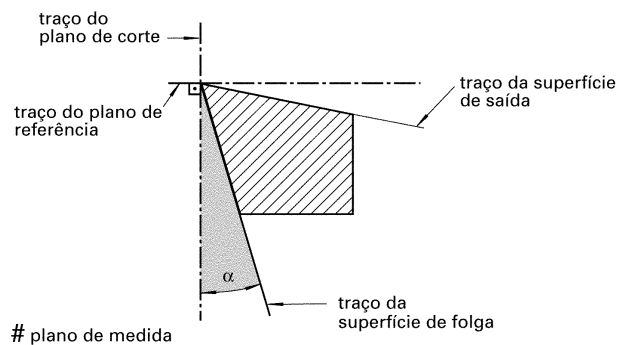
Os ângulos da ferramenta de corte são classificados em: de folga  $\alpha$  (alfa), de cunha  $\beta$  (beta), de saída  $\gamma$  (gama), de ponta  $\epsilon$  (epsilon), de posição  $\chi$  (chi) e de inclinação de aresta cortante  $\lambda$  (lambda).





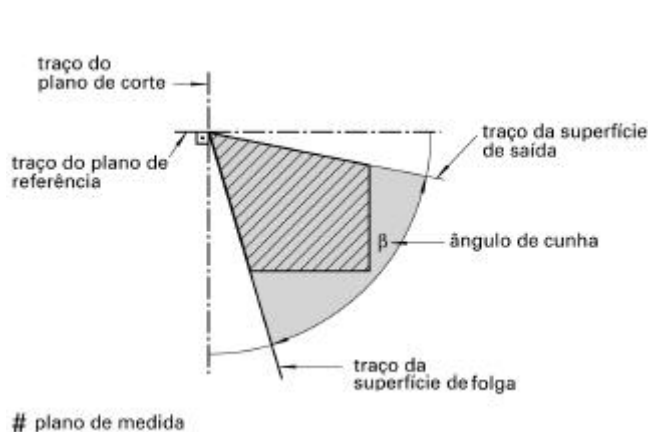
## Ângulo de folga $\alpha$

É o ângulo formado entre a superfície de folga e o plano de corte medido no plano de medida da cunha cortante; influencia na diminuição do atrito entre a peça e a superfície principal de folga. Para tornear materiais duros, o ângulo  $\alpha$  deve ser pequeno; para materiais moles,  $\alpha$  deve ser maior. Geralmente, nas ferramentas de aço rápido  $\alpha$  está entre 6 e 12° e em ferramentas de metal duro,  $\alpha$  está entre 2 e 8°.



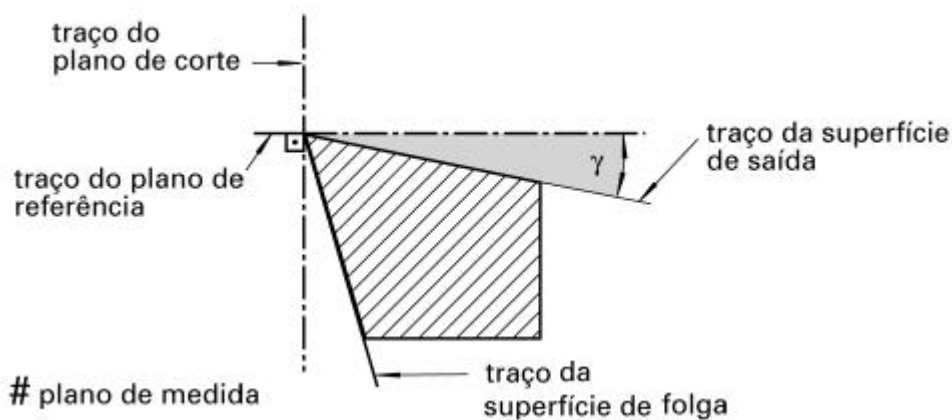
## Ângulo de cunha $\beta$

Formado pelas superfícies de folga e de saída; é medido no plano de medida da cunha cortante. Para tornear materiais moles,  $\beta = 40$  a  $50^\circ$ ; materiais tenazes, como aço,  $\beta = 55$  a  $75^\circ$ ; materiais duros e frágeis, como ferro fundido e bronze,  $\beta = 75$  a  $85^\circ$ .



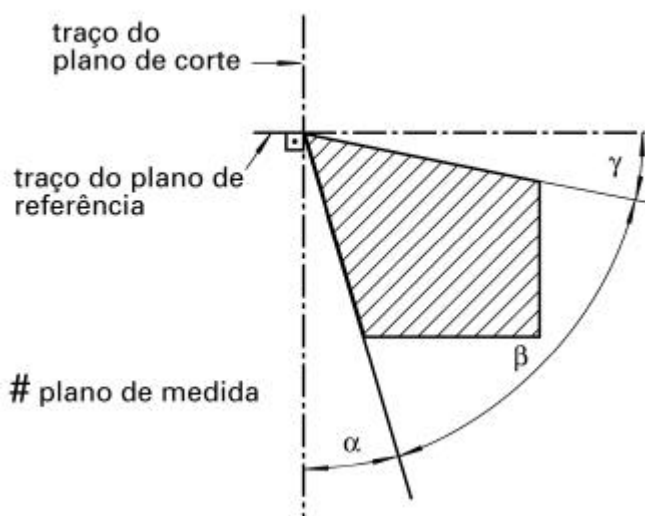
## Ângulo de saída $\gamma$

Formado pela superfície de saída da ferramenta e pelo plano de referência medido no plano de medida; é determinado em função do material, uma vez que tem influência sobre a formação do cavaco e sobre a força de corte. Para tornear materiais moles,  $\gamma = 15$  a  $40^\circ$ ; materiais tenazes,  $\gamma = 14^\circ$ ; materiais duros,  $\gamma = 0$  a  $8^\circ$ . Geralmente, nas ferramentas de aço rápido,  $\gamma$  está entre  $8$  e  $18^\circ$ ; nas ferramentas de metal duro, entre  $-2$  e  $8^\circ$ .



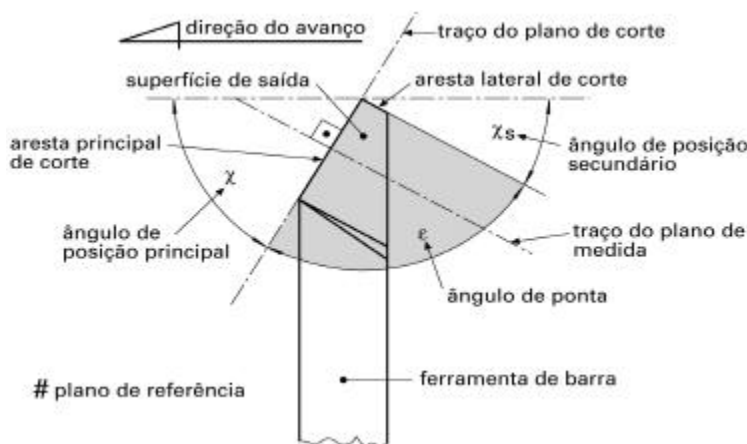
A soma dos ângulos  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ , medidos no plano de medida, é igual a  $90^\circ$ .

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$$



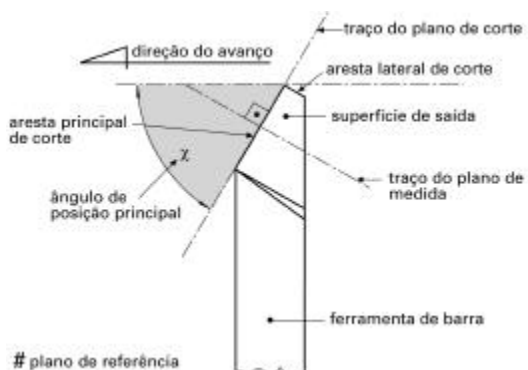
## Ângulo da ponta $\epsilon$

É formado pela projeção das arestas lateral e principal de corte sobre o plano de referência e medido no plano de referência; é determinado conforme o avanço. O campo de variação situa-se entre 55 e 120° e o valor usual é 90°.



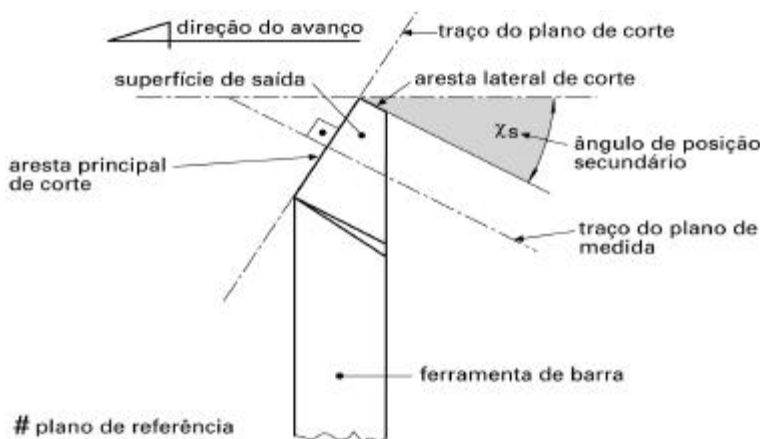
## Ângulo de posição principal $\chi$

Formado pela projeção da aresta principal de corte sobre o plano de referência e pela direção do avanço medido no plano de referência. Direciona a saída do cavaco e influencia na força de corte. A função do ângulo  $\chi$  é controlar o choque de entrada da ferramenta. O campo de variação deste ângulo está entre 30 e 90°; o valor usual é 75°.



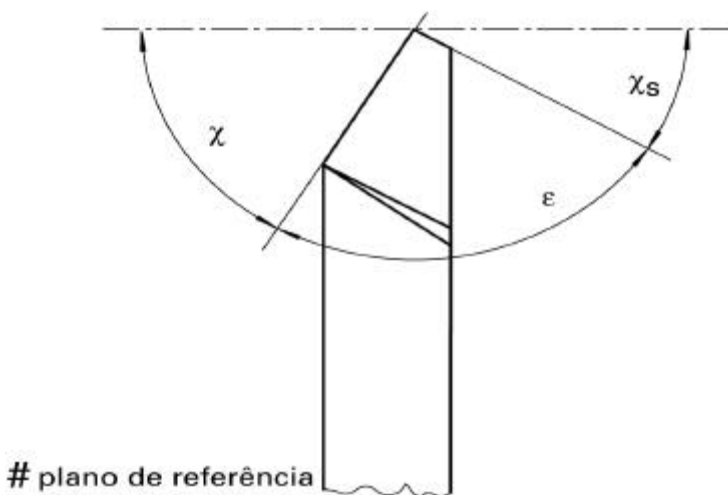
### Ângulo $\chi_s$

É o ângulo formado entre a projeção da aresta lateral de corte sobre o plano de referência e a direção de avanço medido no plano de referência; sua principal função é controlar o acabamento; no entanto, deve-se lembrar que o acabamento superficial também depende do raio da ferramenta.



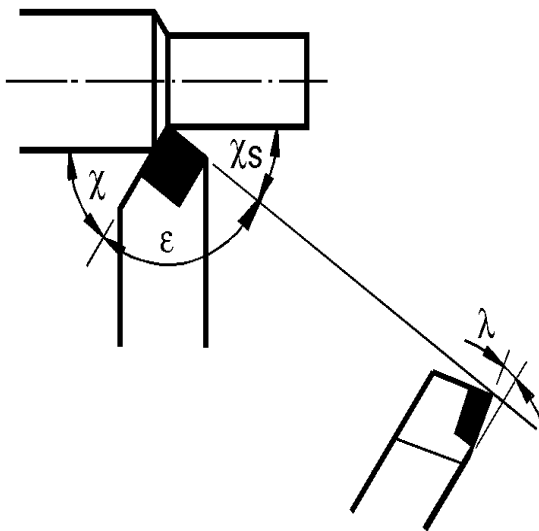
A soma dos ângulos  $\chi$ ,  $\epsilon$  e  $\chi_s$ , medidos no plano de referência, é igual a  $180^\circ$ .

$$\chi + \epsilon + \chi_s = 180^\circ$$



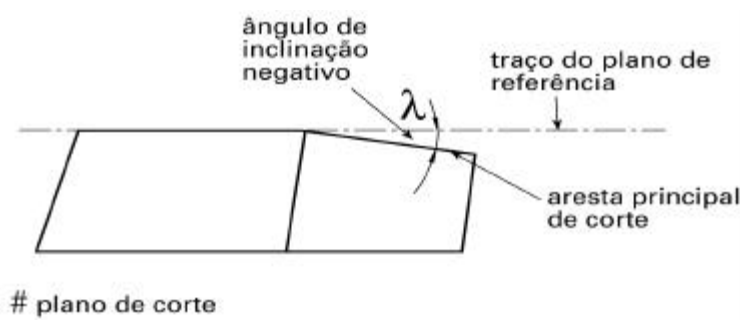
## Ângulo de inclinação da aresta cortante $\lambda$

É o ângulo formado entre a aresta principal de corte e sua projeção sobre o plano de referência medido no plano de corte. Tem por finalidade controlar a direção do escoamento do cavaco e o consumo de potência, além de proteger a ponta da ferramenta e aumentar seu tempo de vida útil; o ângulo de inclinação pode variar de  $-10^\circ$  a  $+10^\circ$ ; em geral,  $\lambda = -5^\circ$ .



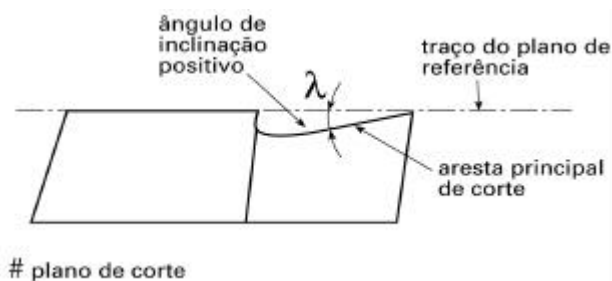
### Ângulo $\lambda$ negativo

É usado nos trabalhos de desbaste e em cortes interrompidos de peças quadradas, com rasgos ou com ressaltos, em materiais duros, quando a ponta da ferramenta for a parte mais baixa em relação à aresta de corte. Nesta situação, o cavaco se apresenta sob forma helicoidal a contínua.



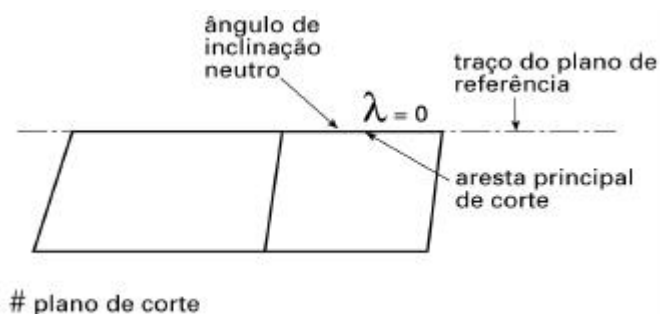
### Ângulo $\lambda$ positivo

Diz-se que  $\lambda$  é positivo quando a ponta da ferramenta em relação à aresta de corte for a parte mais alta; é usado na usinagem de materiais macios, de baixa dureza. Nesta situação, o cavaco se apresenta sob forma helicoidal contínua.



### Ângulo $\lambda$ neutro

Diz-se que  $\lambda$  é neutro quando a ponta da ferramenta está na mesma altura da aresta de corte; é usado na usinagem de materiais duros e exige menor potência do que  $\lambda$  positivo ou negativo. O cavaco se apresenta espiralado e contínuo, situação em que um grande volume pode ocasionar acidentes.



### Ângulos em função do material

Experimentalmente, determinaram-se os valores dos ângulos para cada tipo de material das peças; os valores de ângulo para os materiais mais comuns encontram-se na tabela.

## Ângulos recomendados em função do material

Material	Ângulos em graus		
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
Aço 1020 até 450N/mm <sup>2</sup>	8	55	27
Aço 1045 420 a 700N/mm <sup>2</sup>	8	62	20
Aço 1060 acima de 700N/mm <sup>2</sup>	8	68	14
Aço ferramenta 0,9%C	6 a 8	72 a 78	14 a 18
Aço inox	8 a 10	62 a 68	14 a 18
FoFo brinell até 250HB	8	76 a 82	0 a 6
FoFo maleável ferrítico brinell até 150HB	8	64 a 68	14 a 18
FoFo maleável perflítico brinell de 160HB a 240HB	8	72	10
Cobre, latão, bronze (macio)	8	55	27
Latão e bronze (quebradiço)	8	79 a 82	0 a 3
Bronze para bucha	8	75	7
Alumínio	10 a 12	30 a 35	45 a 48
Duralumínio	8 a 10	35 a 45	37 a 45
<b>Duroplástico</b>			
Celoron, baquelite	10	80 a 90	5
Ebonite	15	75	0
Fibra	10	55	25
<b>Termoplástico</b>			
PVC	10	75	5
Acrílico	10	80 a 90	0
Teflon	8	82	0
Náilon	12	75	3

Além dos ângulos, também as pontas de corte são arredondadas em função do acabamento superficial da peça; o raio é medido no plano de referência da ferramenta. Alguns valores, em função do material da ferramenta, são:

aço rápido:  $r_{\epsilon} = 4 \times s$ ; ou  $r_{\epsilon} \geq \frac{p}{4}$ ;

metal duro:  $s < 1,0\text{mm/r} \Rightarrow r_{\epsilon} = 1\text{mm}$

$s \geq 1,0\text{mm/r} \Rightarrow r_{\epsilon} = s$

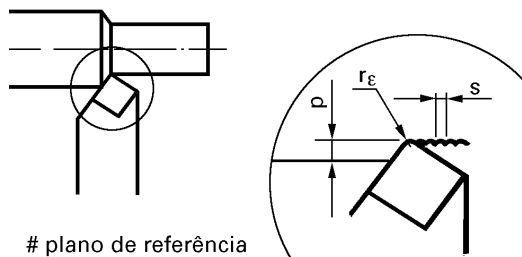
onde

$r_{\epsilon} \Rightarrow$  raio da ponta da ferramenta

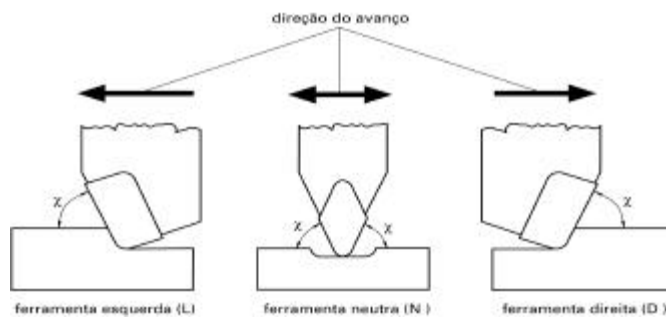
$s \Rightarrow$  avanço

$p \Rightarrow$  profundidade

$\text{mm/r} \Rightarrow$  unidade de avanço



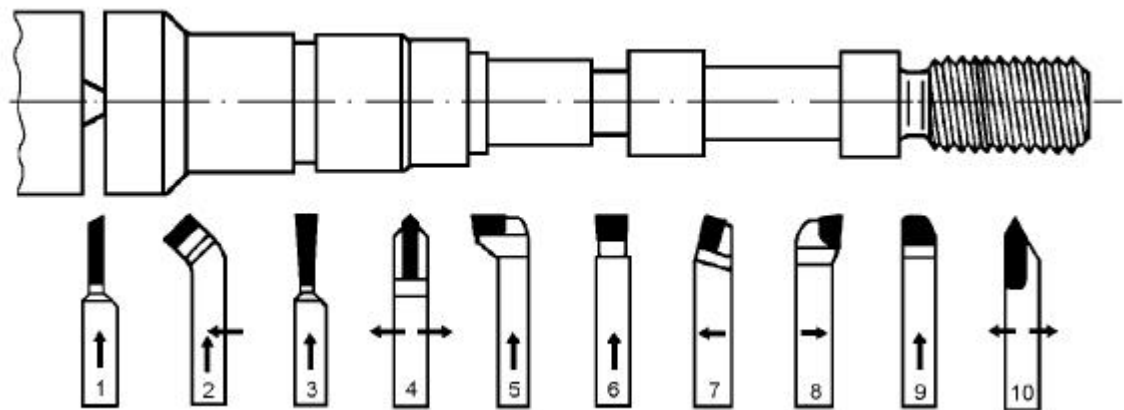
A posição da aresta principal de corte indica a direção do avanço; segundo a norma ISO 1832/85, a ferramenta pode ser direita, representada pela letra R (do inglês “right”), esquerda, representada pela letra L (do inglês “left”), ou neutra, representada pela letra N.





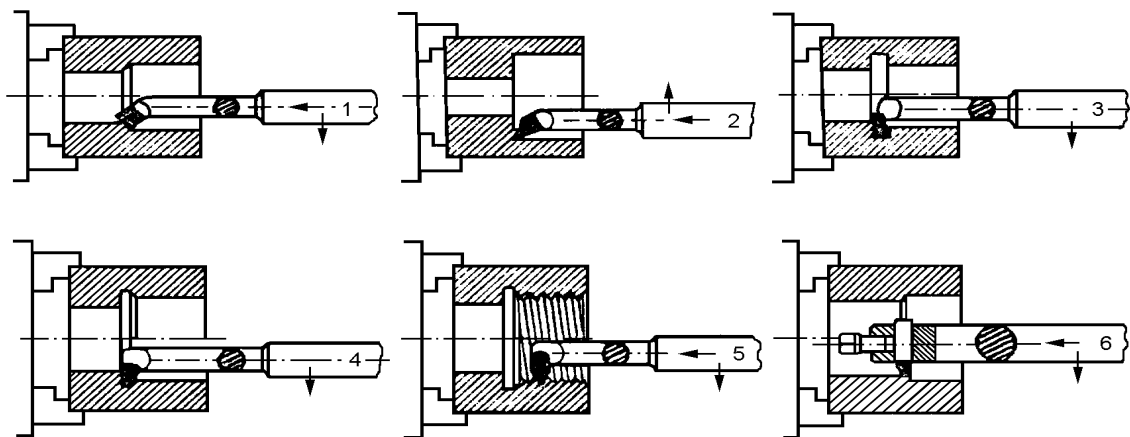
## Ferramentas de corte para torno

As ferramentas de corte para torno podem ser classificadas em ferramentas de desbastar, facear, sangrar, torneiar interno, alisar, formar e roscar. São basicamente as mesmas, tanto para torneamento externo como para interno.



- |                        |                                  |
|------------------------|----------------------------------|
| 1. cortar              | 6. sangrar com grande dimensão   |
| 2. cilindrar à direita | 7. desbastar à direita           |
| 3. sangrar             | 8. cilindrar e facear à esquerda |
| 4. alisar              | 9. formar                        |
| 5. facear à direita    | 10. roscar                       |

As ferramentas para torner internamente podem ser de corpo único, com pastilhas soldadas ou com insertos. Podem ser utilizadas nas operações de desbaste ou de acabamento, variando os ângulos de corte e a forma da ponta.

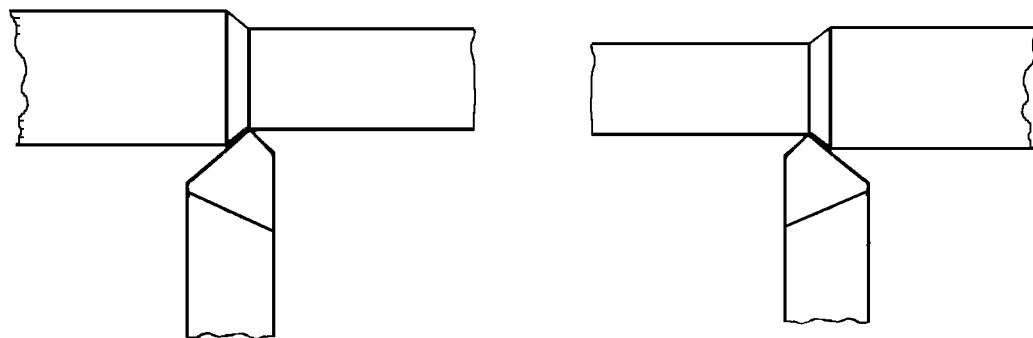


- |              |                     |
|--------------|---------------------|
| 1. desbastar | 4. formar           |
| 2. alisar    | 5. roscar           |
| 3. sangrar   | 6. torner com haste |

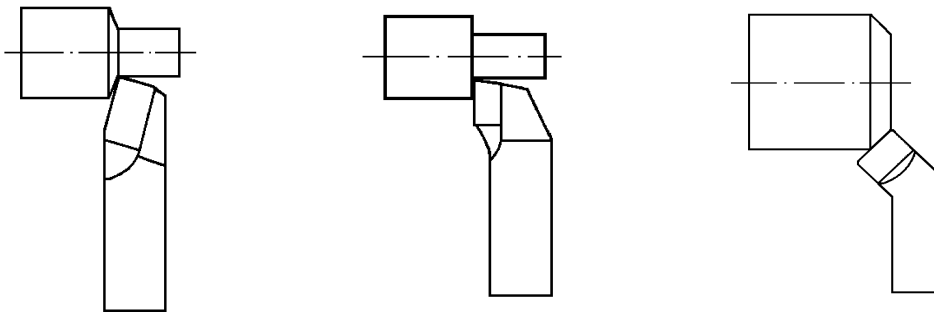
## Ferramenta de desbastar

Remove o cavaco mais grosso possível, levando-se em conta a resistência da ferramenta e a potência da máquina. O desbaste pode ser feito à direita ou à esquerda, com ferramenta reta ou curva, podendo ser de aço rápido, carboneto metálico soldado ou intercambiável.

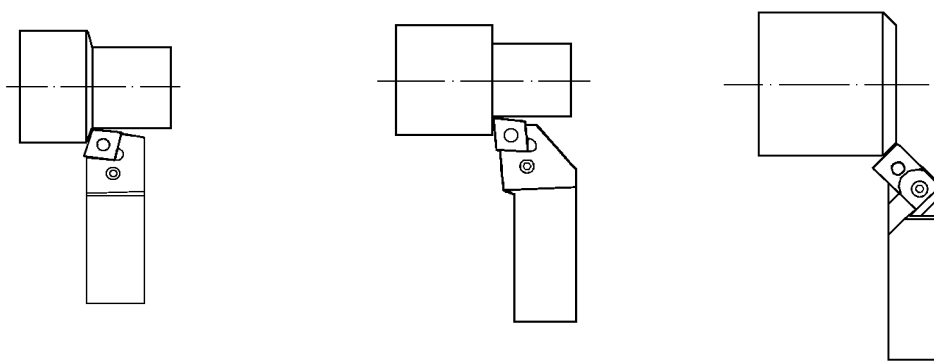
## Ferramentas para desbastar de aço rápido



## Ferramentas para desbastar de carboneto metálico soldado.

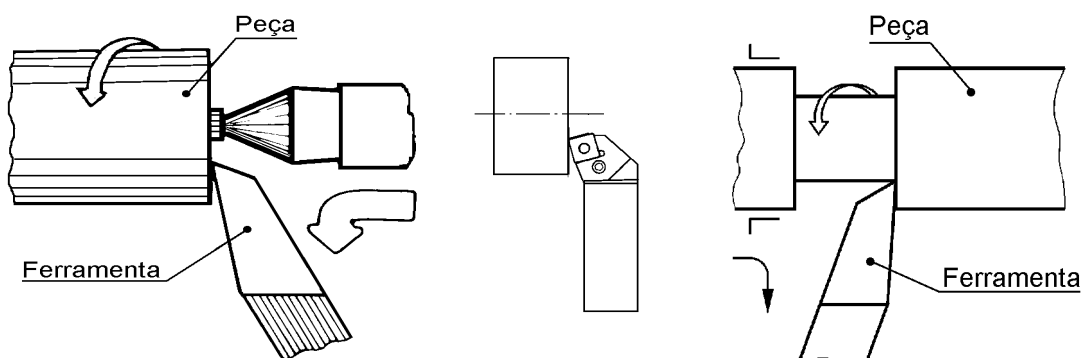


Ferramentas para desbastar de carboneto metálico intercambiável.



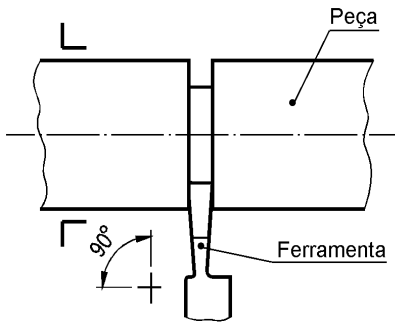
## Ferramenta de facear

Empregada para desbastar e para fazer acabamento, pode ser curva ou reta; o trabalho pode ser feito do centro para a periferia, da periferia para o centro, à esquerda e à direita.



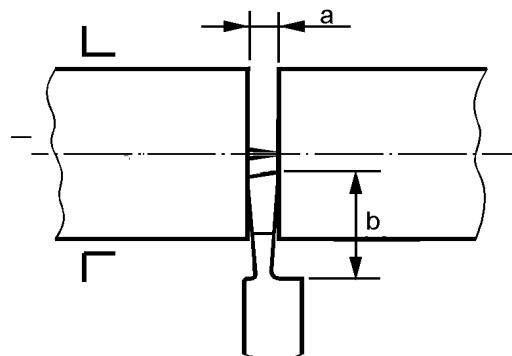
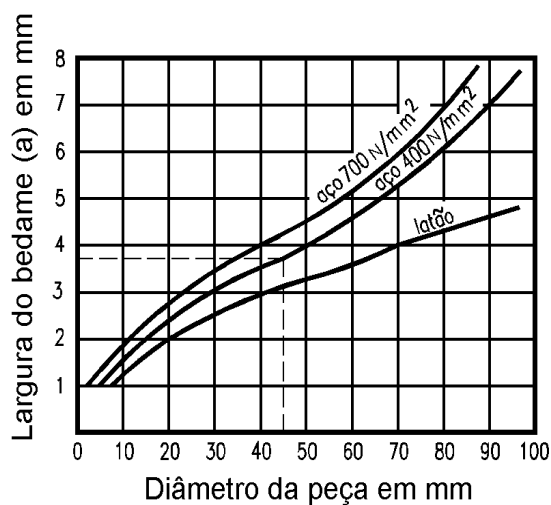
## Ferramenta de sangrar

A ferramenta para sangrar é o bedame, que corta o material perpendicularmente ao eixo de simetria da peça, no sentido de fora para dentro, formando canais. É usada na fabricação de aruelas, polias, eixos roscados e canais para alojar anéis de trava ou de vedação e saídas de ferramentas.

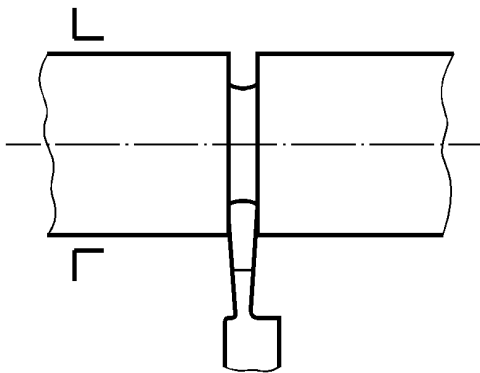


O bedame também pode ser usado para separar um material do corpo da peça; quando utilizado para cortar, o bedame deve ter uma ligeira inclinação na aresta de corte, para evitar que a rebarba fique presa à peça.

A relação de medida entre a parte útil **b** e a aresta de corte **a** varia aproximadamente de 4:1 até 5:1; essa relação pode ser exemplificada pelo quadro, que mostra uma aresta do bedame **a** = 3,8mm para uma peça de aço 400N/mm<sup>2</sup>, com diâmetro de 45mm.

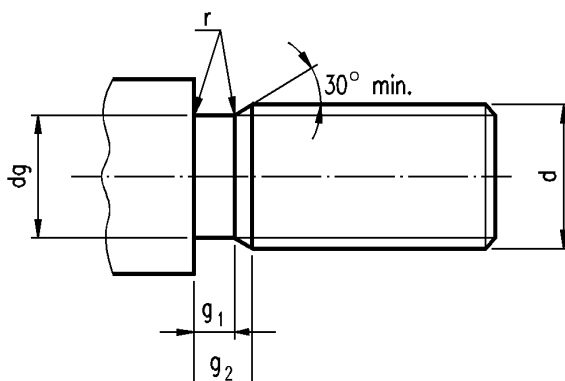


Uma outra maneira de cortar com bedame é afiá-lo com um grande raio na aresta de corte, de modo a não aumentar o esforço de corte; nesta situação, o cavaco se apresenta em forma de arco, o que facilita sua saída do canal devido a uma compressão lateral; podem-se utilizar velocidades de corte maiores porque o cavaco não atrita com as paredes laterais da ranhura. A abundância de fluido na região de corte é fundamental para a refrigeração da peça e da ferramenta, além de facilitar a expulsão do cavaco. Aplica-se esse tipo de corte em bedame com até 3mm de largura.

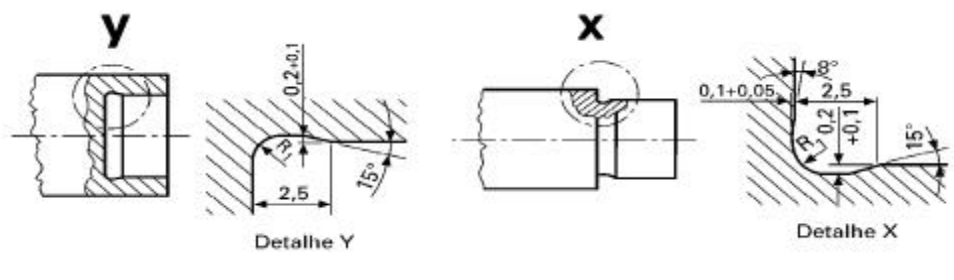


Para a execução de canais em peças cilíndricas, como por exemplo na saída de ferramentas, as dimensões e a forma das ranhuras são padronizadas com a finalidade de aumentar a vida útil da peça e da ferramenta. As normas que padronizam a forma e as dimensões de saída para ferramentas e rebolos são a NBR 5870 e DIN 509. As ferramentas são normalmente afiadas com raios e ângulos em concordância.

Saída de rosca conforme a NBR 5870

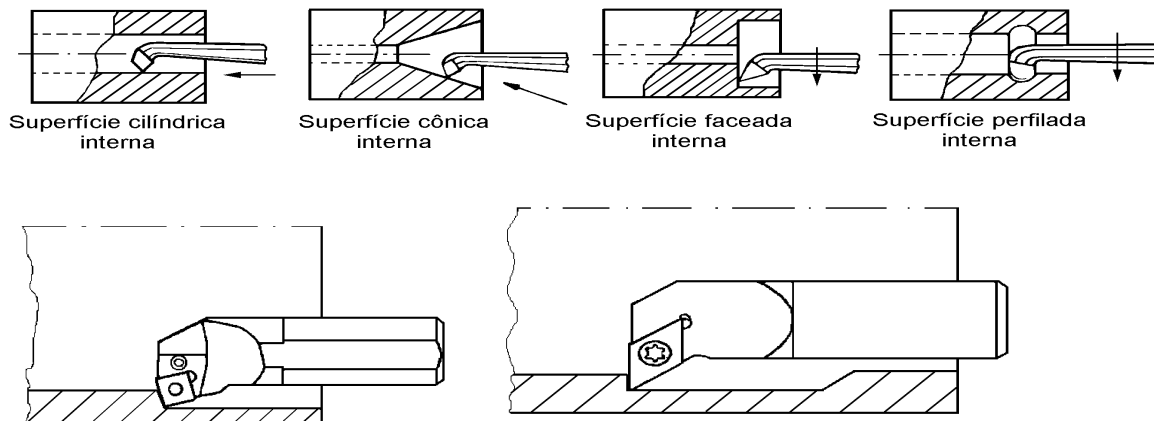


Saída de rebolo conforme a DIN 509



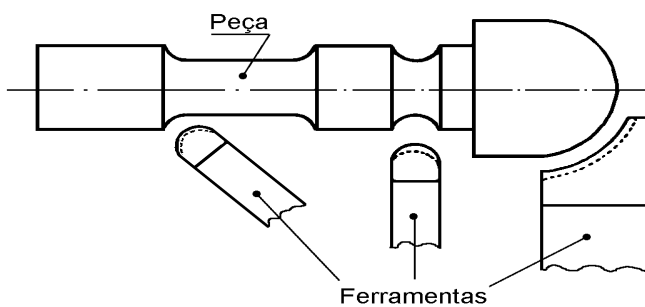
## Ferramenta para torneiar interno

Utilizada para torneamento interno de superfícies cilíndricas, cônicas, faceadas ou perfiladas.



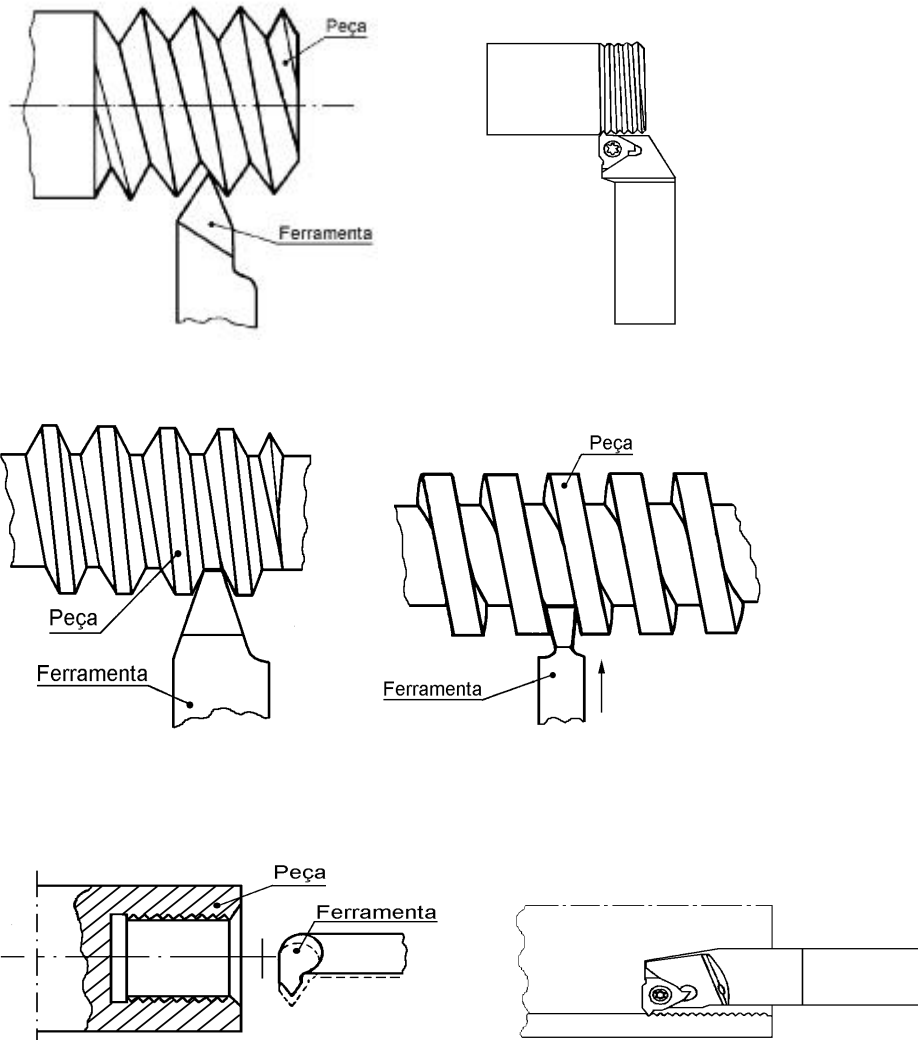
## Ferramenta de formar

Empregada para tornear peças de perfil variado; usam-se ferramentas cujas arestas de corte têm a mesma forma do perfil que se deseja dar à peça.



## Ferramenta de roscar

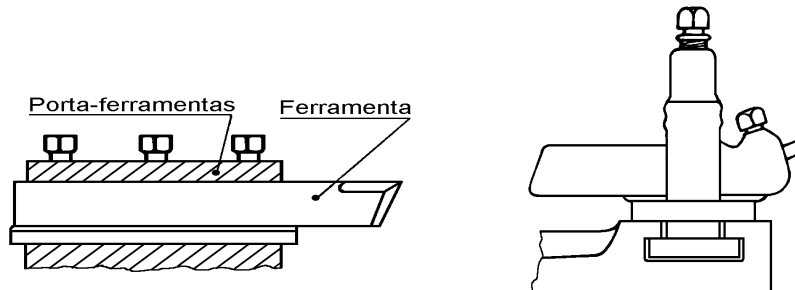
Utilizada para fazer rosca na peça; é preparada de acordo com o tipo de rosca que se deseja executar.



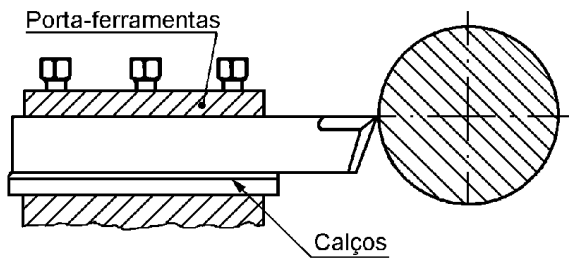
## Fixação e ajustagem da ferramenta de torneiar

O posicionamento e a rigidez da fixação da ferramenta influenciam a vida útil e, em consequência, a produtividade da ferramenta. A posição influi nos ângulos  $\alpha$  e  $\gamma$ , que, por sua vez, influem na formação do cavaco e, conseqüentemente, na força de corte. A posição correta da porta da ferramenta deve coincidir com o centro geométrica da peça.

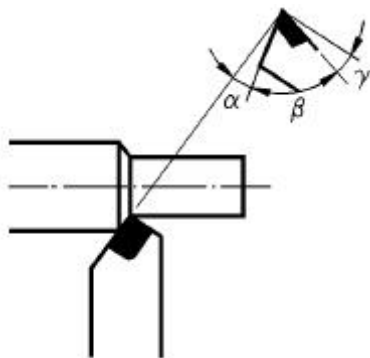
As ferramentas de corte podem ser presas no torno de duas maneiras: diretamente no porta-ferramentas do carro superior ou por meio de suporte que, por sua vez, é fixado no porta-ferramentas.



Ao fixar a ferramenta, deve-se observar se é necessário colocar um ou mais calços de aço para obter a altura desejada da ferramenta.



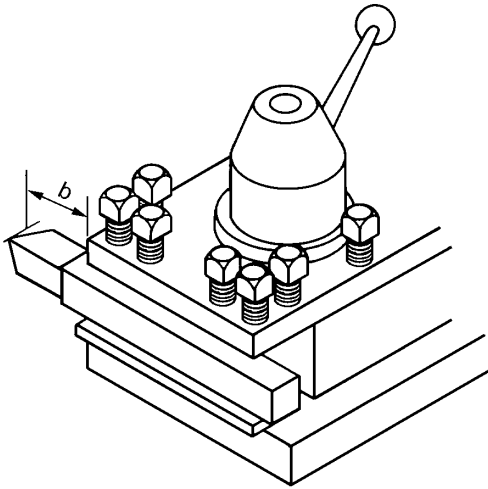
Os ângulos  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  devem ser conservados quando se fixam ferramentas nos diferentes tipos de porta-ferramentas.



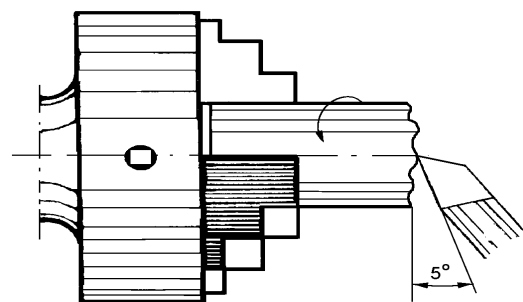
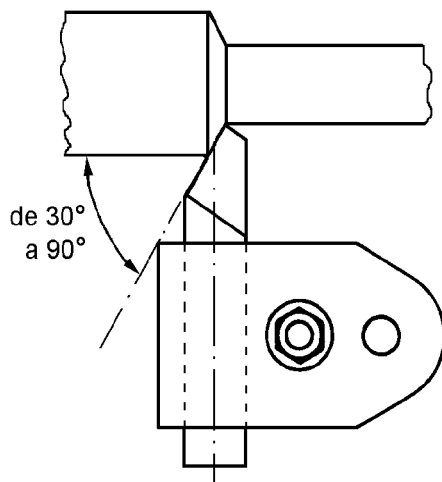
Para que uma ferramenta seja fixada rigidamente, é necessário que sobressaia o menos possível do porta-ferramentas, ou seja, o balanço  $b$  deve ser o menor possível, para evitar a flexão da



ferramenta que pode provocar alterações na rugosidade e nas dimensões da peça.



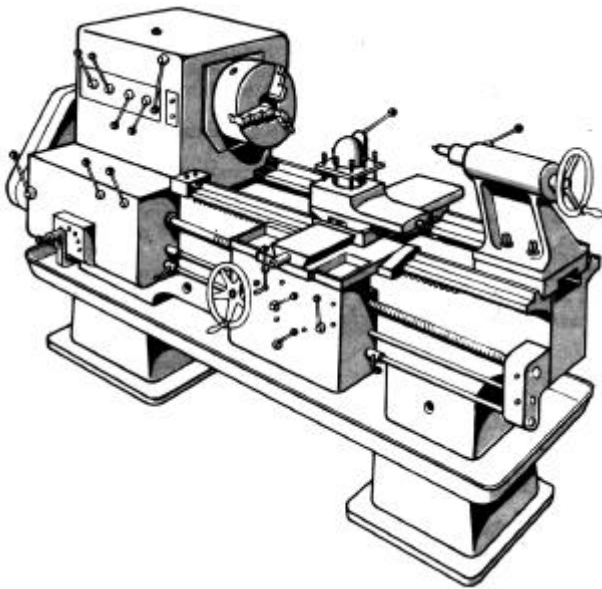
O valor do ângulo formado pela aresta de corte da ferramenta com a superfície a cortar é variável, conforme a operação. Assim, em operação de desbastar, o ângulo  $\chi$  pode variar de  $30^\circ$  até  $90^\circ$ , conforme material. Quanto maior a resistência do material, menor será o ângulo. Em operação de facear, o ângulo pode variar de 0 a  $5^\circ$ .



# Torno mecânico

Torno mecânico é uma máquina-ferramenta utilizada para executar operações de usinagem cilíndrica externa ou interna e outras operações que normalmente são feitas por furadeiras, fresadoras e retificadoras, com adaptações relativamente simples.

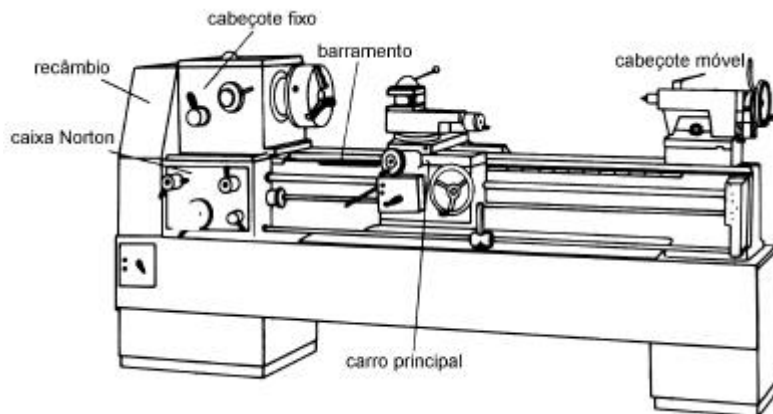
A principal característica do torno é o movimento rotativo contínuo realizado pelo eixo-árvore, conjugado com o movimento de avanço da ferramenta de corte. As outras características importantes são o diâmetro do furo do eixo principal, a distância entre pontas e a altura da ponta, que compreende a distância ao fundo da cava, ao barramento e ao carro principal.



O torno básico é o torno universal; estudando seu funcionamento, é possível entender todos os outros tipos de torno, por mais sofisticados que sejam.

## Partes principais do torno

As partes principais do torno universal são: placa, cabeçote fixo, recâmbio, caixa de engrenagem, barramento, carro principal e cabeçote móvel.

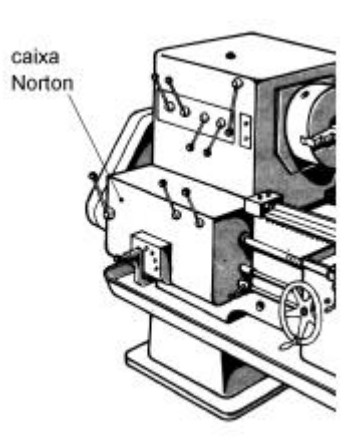


### Cabeçote fixo

Cabeçote fixo é um conjunto constituído de carcaça, engrenagens e eixo-árvore. O elemento principal do cabeçote é o eixo-árvore, também chamado árvore ou eixo principal, onde está montada a placa, responsável pelo movimento de rotação da peça; o eixo-árvore é vazado de ponta a ponta, de modo a permitir a passagem de barras.

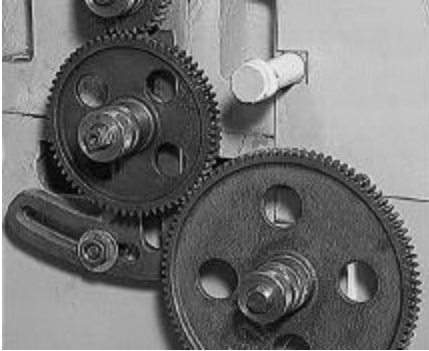
### Caixa Norton

Também conhecida por caixa de engrenagem, é formada por carcaça, eixos e engrenagens; serve para transmitir o movimento de avanço do recâmbio para a ferramenta.



## Recâmbio

O recâmbio é a parte responsável pela transmissão do movimento de rotação do cabeçote fixo para a caixa Norton. É montado em uma grade e protegido por uma tampa a fim de evitar acidentes. As engrenagens do recâmbio permitem selecionar o avanço para a ferramenta.



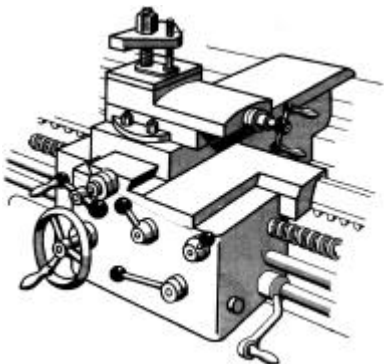
## Barramento

Barramento é a parte do torno que sustenta os elementos fixos e móveis do torno. Na parte superior do barramento estão as guias prismáticas, que devem ter um paralelismo perfeito em relação ao eixo-árvore, a fim de garantir o alinhamento da máquina.

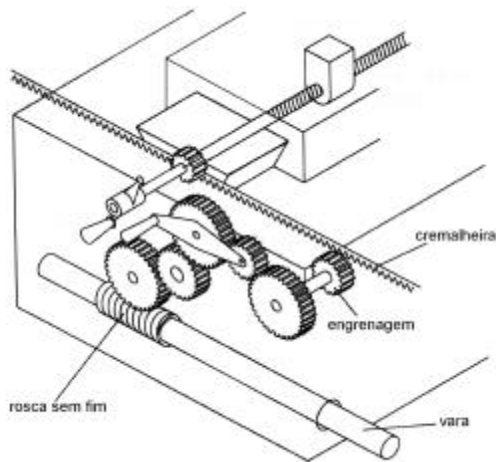
## Carro principal

O carro principal é um conjunto formado por avental, mesa, carro transversal, carro superior e porta-ferramenta.

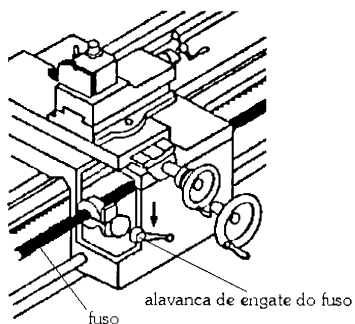
O avanço do carro principal pode ser manual ou automático. No avanço manual, o giro do volante movimenta uma roda dentada, que engrenada a uma cremalheira fixada no barramento, desloca o carro na direção longitudinal.



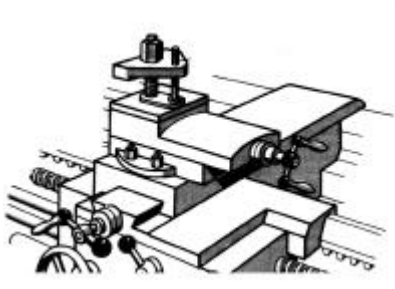
No avanço automático, a vara com uma rosca sem-fim movimenta um conjunto de engrenagens ligadas à cremalheira do barramento que, por sua vez, desloca o carro.



O avental transforma os movimentos giratórios do fuso ou da vara em movimento retilíneo longitudinal ou transversal em relação ao eixo-árvore, permitindo o avanço da ferramenta sobre a peça.

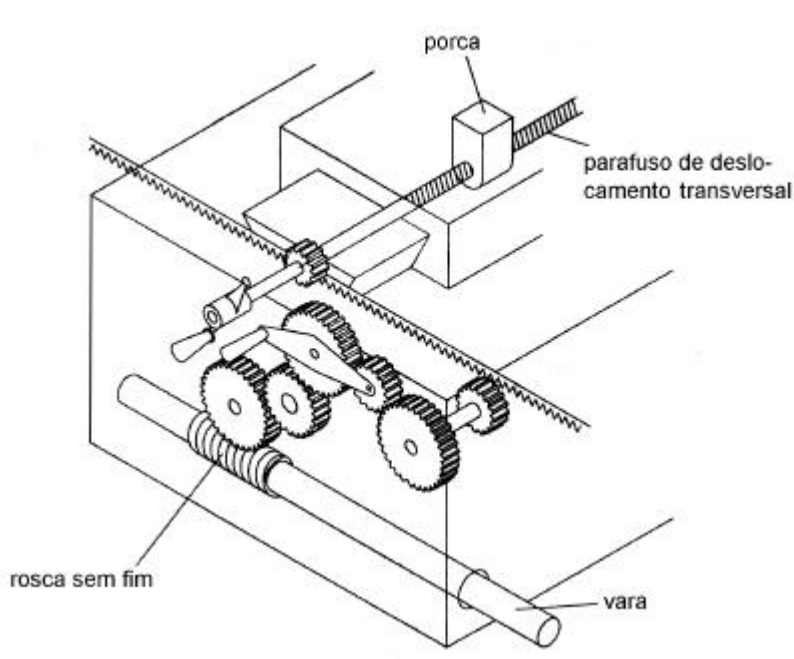


A mesa, que desliza sobre as guias prismáticas do barramento, suporta o carro transversal. Nela também estão montados o fuso e o volante com anel graduado, que determinam o movimento do carro transversal.

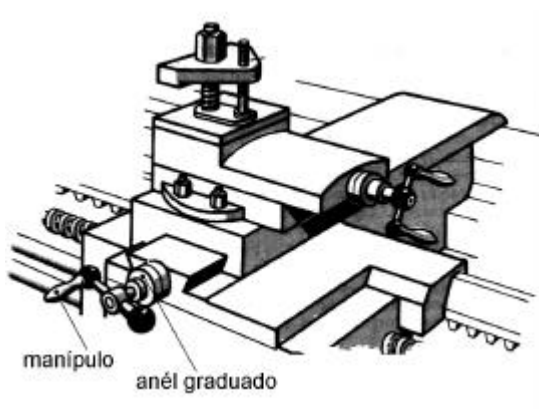


O carro transversal é responsável pelo movimento transversal da ferramenta e desliza sobre a mesa por meio de movimento manual ou automático.

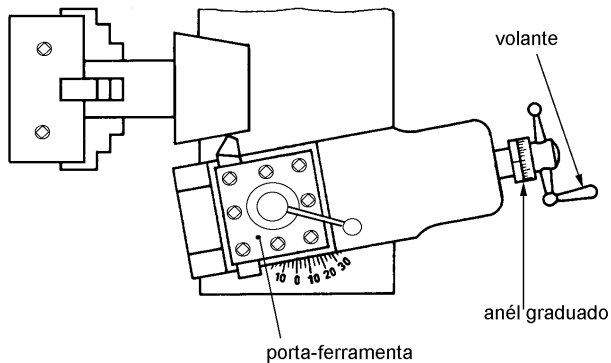
No movimento automático, o giro da vara movimenta a rosca sem-fim existente no avental; o movimento é transmitido até a engrenagem do parafuso de deslocamento transversal por meio de um conjunto de engrenagens; esse conjunto de engrenagens faz girar o parafuso, deslocando a porca fixada no carro.



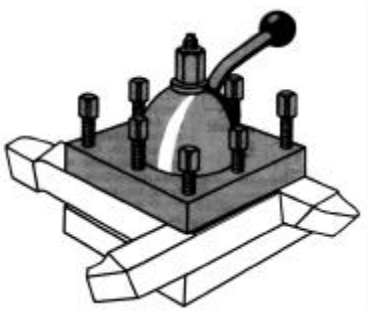
O movimento manual é realizado por meio do manípulo existente no volante montado na extremidade do parafuso de deslocamento transversal. O movimento é controlado por meio de um anel graduado, montado no volante.



O carro superior tem uma base giratória graduada que permite o torneamento em ângulo. Nele também estão montados o fuso, o volante com anel graduado e o porta-ferramentas ou torre.

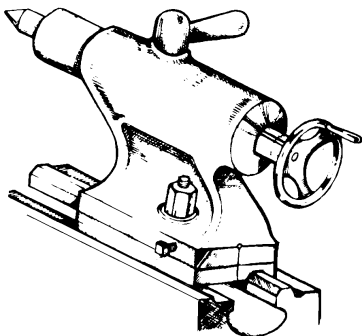


O porta-ferramentas ou torre é o local onde são fixados os suportes de ferramentas, presos por meio de parafuso de aperto.

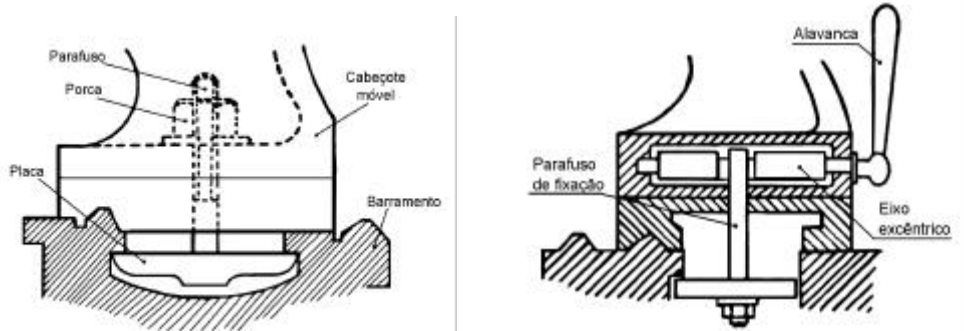


### Cabeçote móvel

O cabeçote móvel é a parte do torno que se desloca sobre o barramento, oposta ao cabeçote fixo; a contraponta e o eixo principal estão situados na mesma altura e determinam o eixo de rotação da superfície torneada.

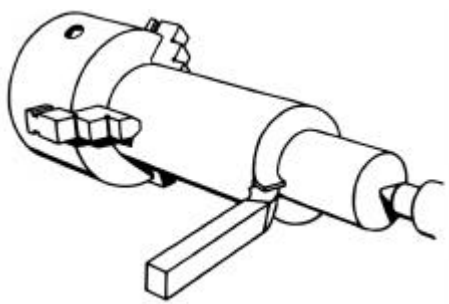


O cabeçote pode ser fixado ao longo do barramento por meio de parafusos, porcas, placas e alavanca com excêntrico.

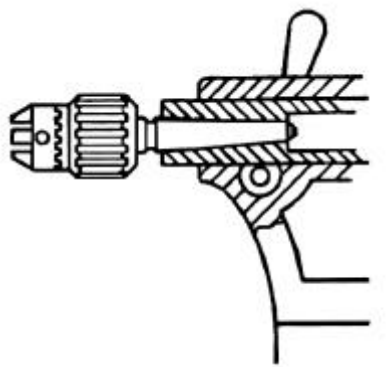


O cabeçote móvel tem as seguintes funções:

- servir de suporte à contraponta, destinada a apoiar um dos extremos da peça a torneiar;

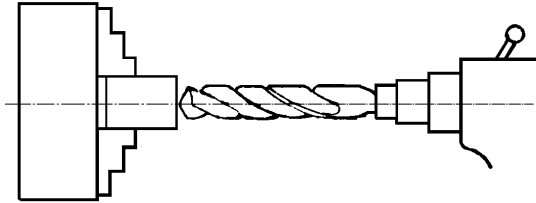


- servir para fixar o mandril de haste cônica para furar com broca no torno;

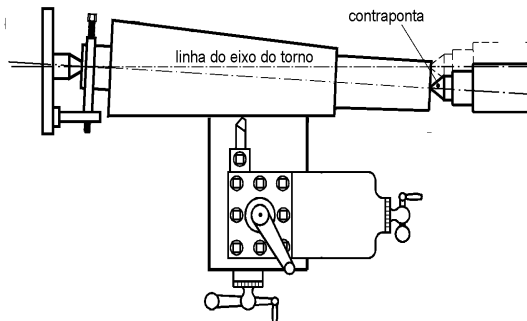




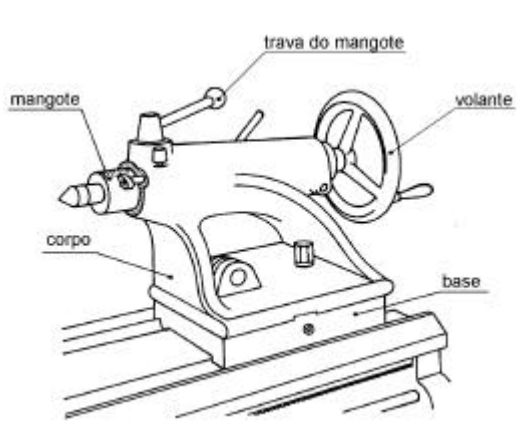
- servir de suporte direto para ferramentas de corte de haste cônica como brocas, alargadores e machos; e



- deslocar a contraponta lateralmente para tornear peças de pequena conicidade.



As partes principais do cabeçote móvel são: base, corpo, mangote, trava do mangote e volante.



Base - desliza sobre o barramento e serve de apoio ao corpo.

Corpo - é onde se encontra todo o mecanismo do cabeçote móvel e pode ser deslocado lateralmente, a fim de permitir o alinhamento ou desalinhamento da contraponta.




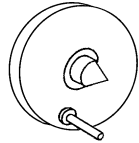

Mangote - é uma luva cilíndrica com um cone morse num lado e uma porca no outro; a ponta com o cone morse serve para prender a contraponta, a broca e o mandril; o outro lado é conjugado a um parafuso, que ao ser girado pelo volante, realiza o movimento de avanço e recuo.

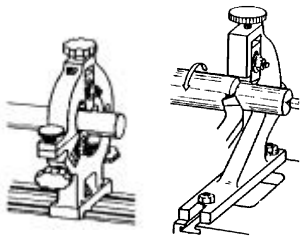

Trava do mangote - serve para fixá-lo, impedindo que se movimente durante o trabalho.

Volante - serve para fazer avançar ou recuar o mangote.

## Acessórios do torno

O torno tem vários tipos de acessórios que servem para auxiliar na execução de muitas operações de torneamento.

Denominação	Figura	Função
Placa de 3 castanhas		fixar peças cilíndricas
Placa de 4 castanhas independentes		fixar peças cilíndricas para torneiar excêntricos e fixar peças quadradas
Placa lisa		fixar peças de formas irregulares
Placa arrastadora		fornecer movimento giratório à peça fixada entre pontas
Ponta		suportar a peça por meio dos furos de centro

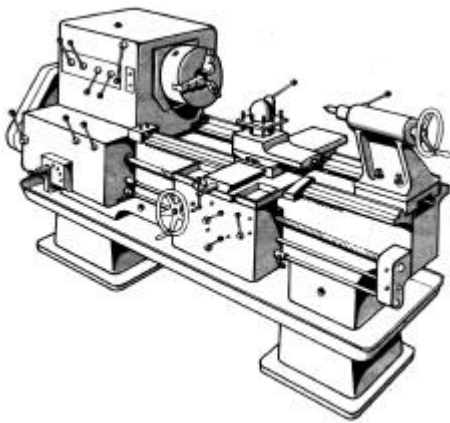
Luneta fixa e móvel		servir de mancal na usinagem de eixos longos e de pequeno diâmetro
Bucha cônica		adequar o cone da haste cônica das brocas ou mandris com encaixe cônico do mangote e eixo-árvore

## Tipos de torno

Existem dois tipos básicos de torno: horizontal, também chamado universal, e vertical. Esses dois tipos dão origem a outros, com particularidades providas por mecanismos e ferramentas especiais.

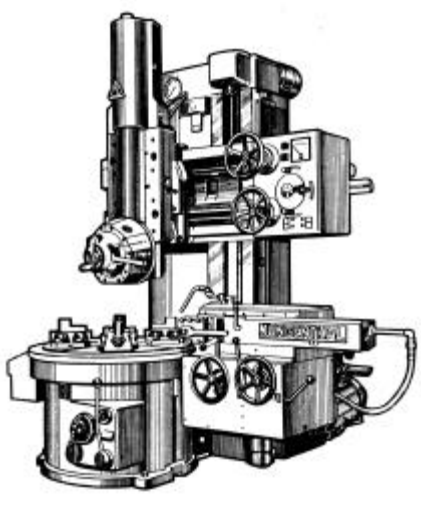
### Torno horizontal

O torno horizontal é utilizado na maioria das operações de torneamento; os mecanismos estão alojados no interior da estrutura do cabeçote e da coluna correspondente.



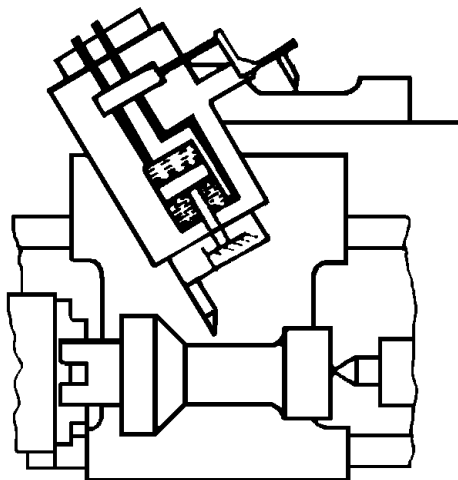
## Torno vertical

O torno vertical possui o eixo de rotação na posição vertical e é utilizado no torneamento de peças de grande dimensão, tais como flanges, polias e rodas dentadas, que em razão de seu peso, podem ser mais facilmente montadas sobre uma plataforma horizontal.



## Torno copiador

No torno copiador, os movimentos que definem a geometria da peça são comandados por mecanismos copiadores de um modelo ou chapelona. No copiador hidráulico, um apalpador em contato com o modelo transmite o movimento por meio de um amplificador hidráulico que movimenta o carro porta-ferramentas.



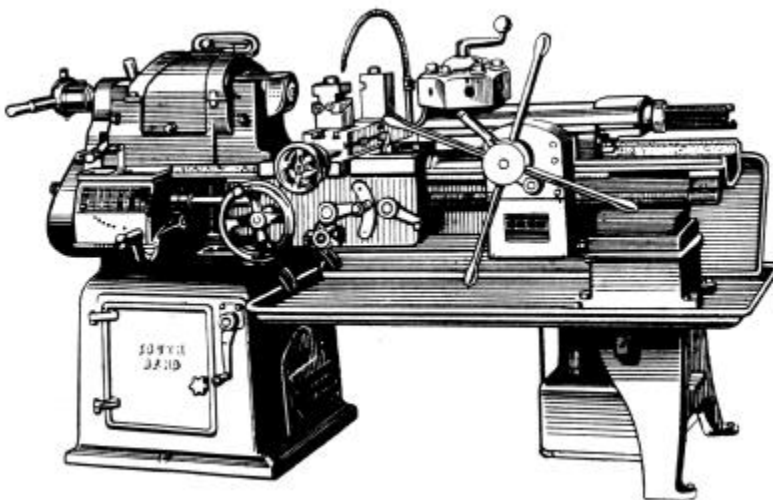
## Torno CNC

Tipo de torno comandado por um computador que controla os movimentos da máquina; esse computador leva o nome de comando numérico computadorizado ou controle numérico computadorizado, abreviadamente CNC. Uma das vantagens do comando numérico é a possibilidade de mudar rapidamente a sequência de operações que a máquina deve realizar. Essa mudança é feita por meio de um programa, isto é, uma lista de instruções escritas numa linguagem que a máquina pode entender.



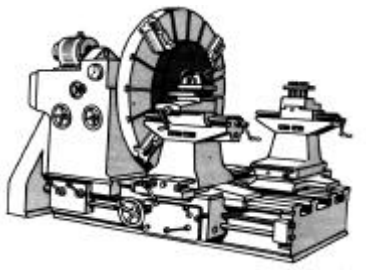
## Torno revólver

A característica principal do torno revólver é o emprego de várias ferramentas, convenientemente dispostas e preparadas, para executar as operações de forma ordenada e sucessiva. As ferramentas adicionais são fixadas no dispositivo chamado torre-revólver e devem ser montadas de forma seqüencial e racional.



## Torno de placa

Também chamado de torno de platô, é amplamente utilizado nos trabalhos de caldeiraria pesada. Executa torneamento de peças de grande diâmetro, tais como polias, volantes e flanges.



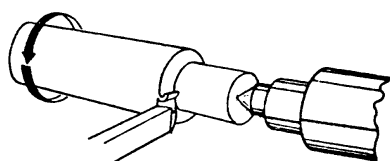
## Operações do torno

O torneamento é um processo de usinagem que se baseia no movimento da peça ao redor de seu próprio eixo, com a retirada progressiva de cavaco. O cavaco é cortado por uma ferramenta de um só gume cortante, com dureza superior à do material a ser cortado.

O torneamento exige três movimentos relativos entre a peça e a ferramenta: corte, avanço e penetração. Variando os movimentos, a posição e o formato da ferramenta, é possível realizar grande variedade de operações, tais como: faceamento, torneamento cilíndrico, furação, torneamento cônico, interno, externo, sangramento, corte e recartilhamento.

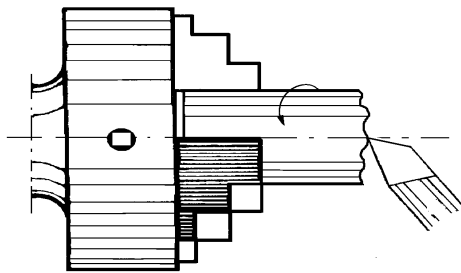
### Torneamento cilíndrico externo

O torneamento cilíndrico consiste em dar um formato cilíndrico a um material em rotação submetido à ação de uma ferramenta de corte. Essa operação é uma das mais executadas no torno e tem a finalidade de produzir eixos e buchas ou preparar material para outras operações.



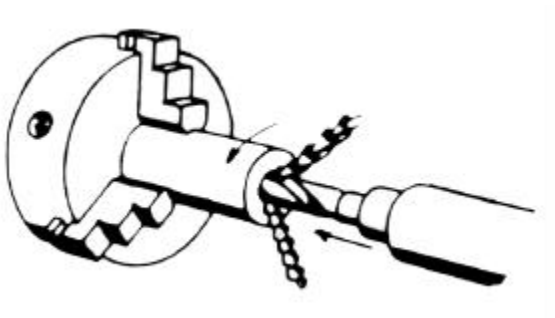
## Faceamento

Faceamento é a operação que permite fazer no material uma superfície plana perpendicular ao eixo do torno, de modo a obter uma face de referência para as medidas que derivam dessa face. A operação de facear é realizada do centro para a periferia da peça. Também é possível facear partindo da periferia para o centro da peça, desde que se use uma ferramenta adequada.

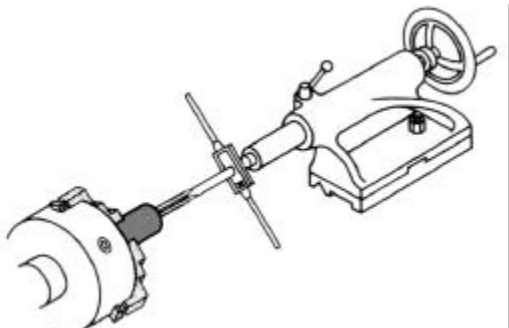


## Furação

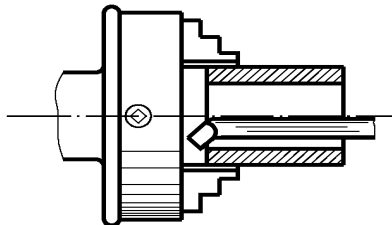
A furação permite abrir furos de centro em materiais que precisam ser trabalhados entre duas pontas ou entre placa e ponta. Também é um passo prévio para fazer furo com broca comum.



Usa-se a furação no torno para fazer furo cilíndrico por deslocamento de uma broca montada no cabeçote. É um furo de preparação do material para operações posteriores de alargamento, torneamento e roscamento internos.



A furação no torno também serve para fazer uma superfície cilíndrica interna, passante ou não, pela ação da ferramenta deslocada paralelamente ao torno. Essa operação também é conhecida por broqueamento e permite obter furos cilíndricos com diâmetro exato em buchas, polias, engrenagens e outras peças.

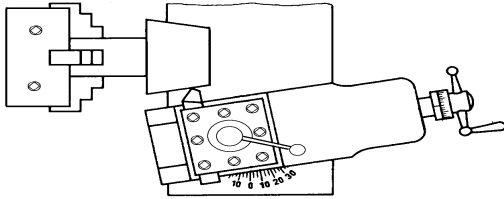


### Torneamento cônico externo

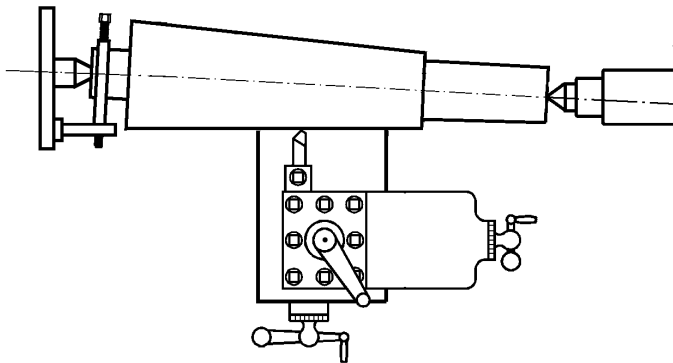
Operação muito comum, o torneamento cônico externo admite duas técnicas: com inclinação do carro superior e com desalinhamento da contraponta.



O torneamento com inclinação do carro superior é usado para torner peças cônicas de pequeno comprimento. O torneamento cônico com deslocamento do carro superior consiste em inclinar o carro superior de modo a fazer ferramenta avançar manualmente ao longo da linha que produz o corte no ângulo de inclinação desejado.



O torneamento com desalinhamento da contraponta é usado para peças de grande comprimento com conicidade de até  $10^\circ$ , aproximadamente. Consiste em deslocar transversalmente o cabeçote móvel por meio de parafuso de regulação, de modo que a peça forme um ângulo em relação às guias do barramento. Ao avançar paralelamente às guias, a ferramenta corta um cone com o ângulo escolhido.

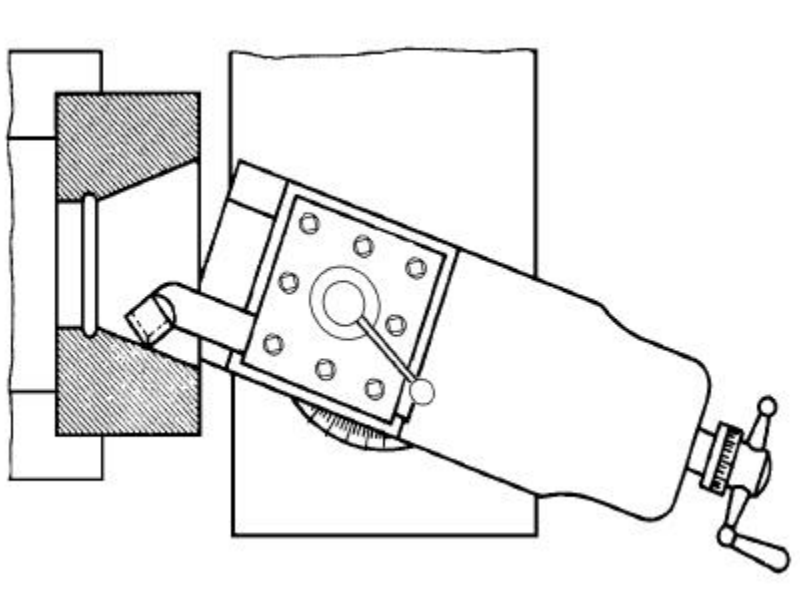


### Torneamento cônico interno

Neste tipo de torneamento, o ângulo de deslocamento do carro superior é igual ao ângulo de inclinação do cone que se pretende fabricar. A ferramenta é a mesma utilizada no broqueamento e o controle de conicidade é feito com um calibrador cônico.

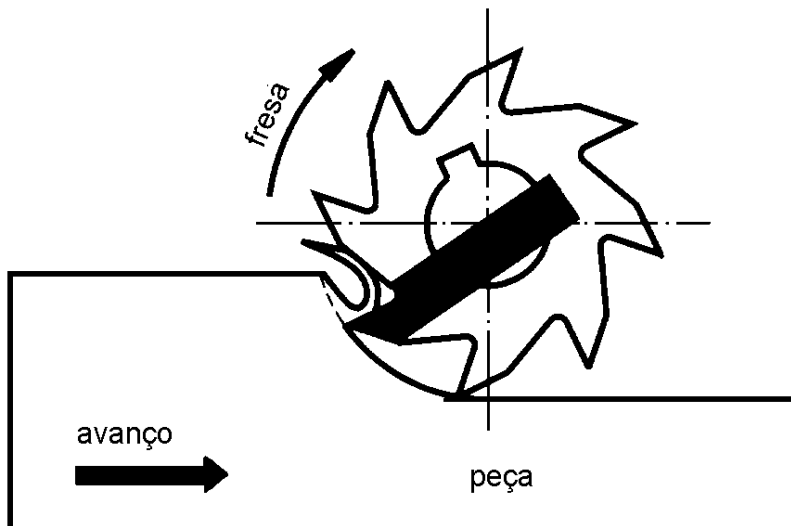
Quando se constrói um cone interior para ser acoplado a um cone exterior, deve-se fabricar primeiro o cone exterior, usando-o depois como calibrador para controlar a conicidade da peça com cone interno.

A principal aplicação do torneamento cônico é na produção de pontas de tornos, buchas de redução, válvulas e pinos cônicos.



# Fresadoras

A fresagem é uma operação de usinagem na qual o material é removido por meio de uma ferramenta giratória chamada de fresa e que apresenta múltiplas arestas cortantes. Cada aresta remove uma pequena quantidade de material a cada volta do eixo no qual a ferramenta é fixada.

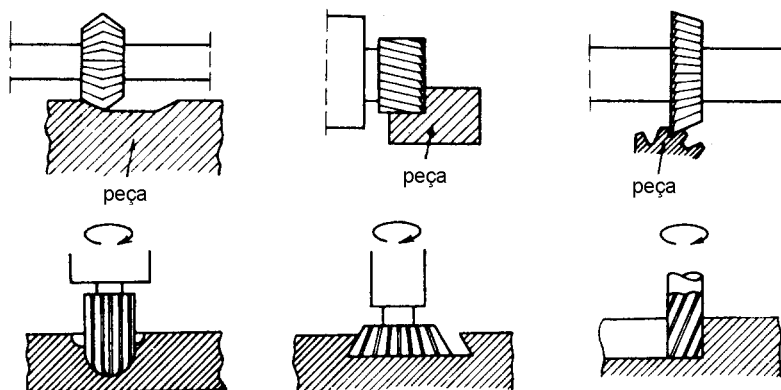


A máquina que realiza essa operação chama-se fresadora.

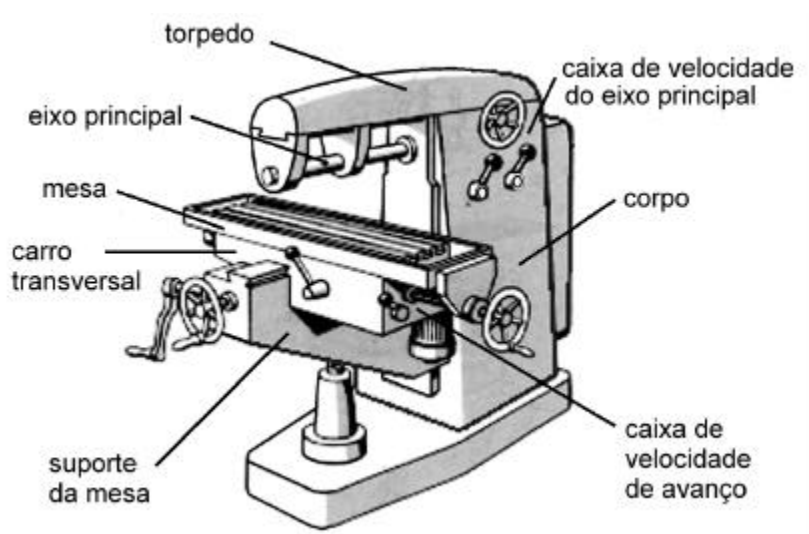
## Fresadora

A fresadora é uma máquina-ferramenta de movimento contínuo que realiza a usinagem de materiais por meio de uma ferramenta de corte chamada de fresa.

A fresadora permite realizar operações de fresagem de superfícies planas, côncavas, convexas e combinadas.



A fresadora é constituída das seguintes partes principais: corpo, eixo principal, mesa, carro transversal, suporte da mesa, caixa de velocidade do eixo principal, caixa de velocidade de avanço, torpedo.



O **corpo** é uma espécie de carcaça de ferro fundido, de base reforçada e geralmente de formato retangular na qual a máquina fica apoiada. Ele sustenta os demais órgãos da fresadora.

A **mesa** serve de apoio para as peças que vão ser usinadas e que podem ser montadas diretamente sobre elas, ou por meio de acessórios de fixação. Assim, a mesa é dotada de ranhuras que permitem alojar os elementos de fixação.

O **carro transversal** é uma estrutura de ferro fundido de formato retangular sobre a qual desliza e gira a mesa em plano horizontal. Na base inferior, o carro transversal está acoplado ao suporte da mesa por meio de guias. Com o auxílio de porca e fuso, ele desliza sobre o suporte e esse movimento pode ser realizado manual ou automaticamente por meio da caixa de avanços. Ele pode ser imobilizado por meio de um dispositivo adequado.

O **suporte da mesa** serve de base de apoio para a mesa e seus mecanismos de acionamento. É uma peça de ferro fundido que desliza verticalmente no corpo da máquina por meio de guias, e acionada por um parafuso e uma porca fixa. Quando necessário, pode ser imobilizado por meio de dispositivos de fixação.

A **caixa de velocidade do eixo principal** é formada por uma série de engrenagens que podem ser acopladas com diferentes relações de transmissão, fornecendo ao eixo principal grande variedade de rotações de trabalho. Está alojada na parte superior do corpo da máquina. Seu acionamento é independente do da caixa de avanços. Isso permite determinar as melhores condições de corte.

A **caixa de velocidade de avanço** possui uma série de engrenagens montadas na parte central do corpo da fresadora. Em geral, recebe o movimento diretamente do acionamento principal da máquina. As diversas velocidades de avanço são obtidas por meio do acoplamento de engrenagens que deslizam axialmente. Em algumas fresadoras, a caixa de velocidade de avanço está colocada no suporte da mesa com um motor especial e independente do acionamento principal da máquina.

O acoplamento com o fuso da mesa ou do suporte da mesa é feito por um eixo extensível com articulação tipo “cardan”.

## Características da fresadora

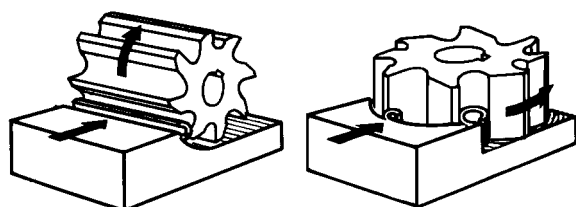
Para a usinagem de materiais na fresadora, utiliza-se a fresa, uma ferramenta de corte de múltiplas arestas que é montada no eixo porta-fresas.

Isso permite que a fresadora realize uma grande variedade de trabalhos em superfícies situadas em planos paralelos, perpendiculares ou formando ângulos diversos. Permite também, construir ranhuras circulares e elípticas, além de fresar formatos esféricos, côncavos e convexos, com rapidez e exatidão de medidas.

## Funcionamento

Na fresadora, distinguem-se dois movimentos essenciais:

- o movimento de corte (da ferramenta de rotação contínua);
- o movimento de avanço da peça, que é fixada a uma mesa que se movimenta segundo três eixos ortogonais, ou é dotada de movimento giratório por meio de fixação em placas giratórias da mesa divisora e divisores.



O acionamento principal da máquina é produzido por um motor alojado na parte posterior do corpo da máquina. Esse motor transmite o movimento para o eixo principal por meio do sistema de engrenagens da caixa de velocidades.

O movimento de avanço automático é produzido pela caixa de avanços, através de um eixo “cardan” que se articula com um mecanismo-sistema de coroa e parafuso sem fim.

O deslocamento vertical do suporte da mesa, o transversal do carro e o longitudinal da mesa podem ser realizados manual-

mente por meio de manivelas acopladas a mecanismos de porca e fuso.

O eixo principal é prolongado com o auxílio do eixo porta-fresas no qual as ferramentas são montadas. Quando o eixo porta-fresas é longo, fica apoiado em mancais montados no torpedão da máquina.

### Condições de uso

Para que o rendimento do trabalho seja o melhor possível, a fresadora deve ser mantida em bom estado de conservação.

Isso é conseguido observando-se as orientações do manual do fabricante principalmente no que se refere à limpeza, à lubrificação adequada nas superfícies de rotação e deslizamento; não submetendo a máquina a esforços superiores a sua capacidade, e também tendo cuidado na montagem dos mecanismos, mantendo-os sempre bem acoplados.

### Tipos de fresadoras

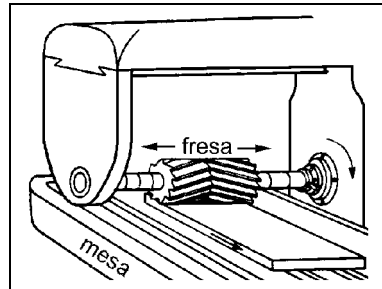
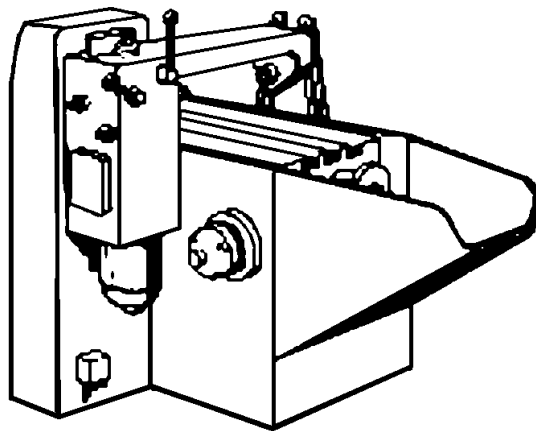
As máquinas fresadoras são geralmente classificadas de acordo com a posição do eixo-árvore em relação à mesa de trabalho e de acordo com o tipo de trabalho que realizam. Assim, de acordo com a posição do eixo-árvore, elas podem ser:

- horizontal;
- vertical;
- mista.

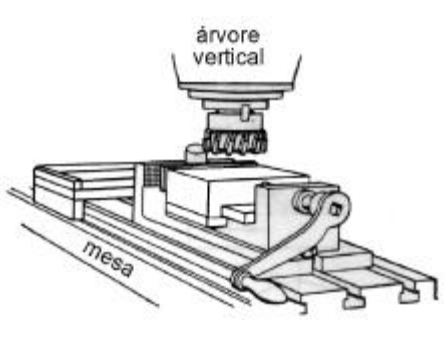
De acordo com o trabalho que realizam, elas podem ser:

- copiadora;
- geradora de engrenagens;
- pantográfica;
- universal.

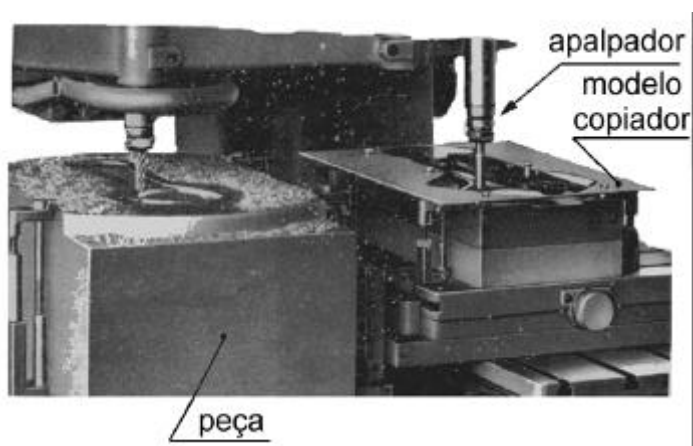
A fresadora é **horizontal** quando seu eixo-árvore é paralelo à mesa da máquina.



Se o eixo-árvore é perpendicular à mesa da máquina, a fresadora é **vertical**.



A fresadora **copiadora** trabalha com uma mesa e dois cabeçotes: o cabeçote apalpador e o de usinagem. Essa fresadora realiza o trabalho de usinagem a partir da cópia de um modelo dado.





A fresadora **geradora de engrenagens** permite a usinagem em alta produção de engrenagens. Os processos de geração de engrenagens por meio desse tipo de máquina-ferramenta são de três tipos condicionados ao tipo da máquina. Eles são:

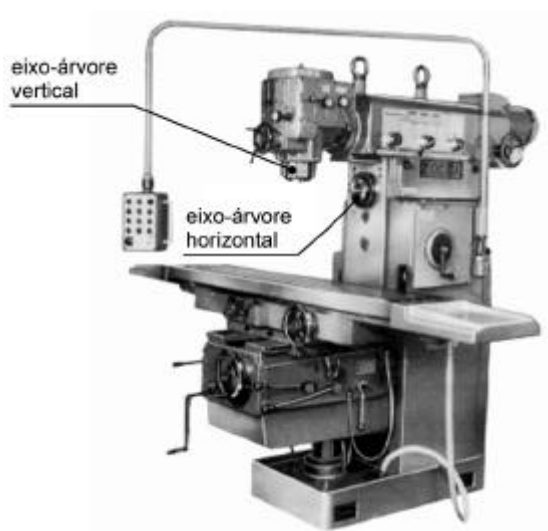
- Processo Renânia, no qual o movimento giratório sincronizado entre a ferramenta (denominada de “caracol”) e a peça possibilita maior produção com perfil exato da evolvente;
- Processo Fellows e Maag, nos quais o movimento principal de corte da ferramenta é linear (parecido com o da plaina vertical) e o movimento da peça é giratório. Nesses processos, a produção é menor, mas possibilita a usinagem de engrenagens escalonadas e internas.

A fresadora **pantográfica** também permite a usinagem a partir da cópia de um modelo. A diferença está no fato de que a transmissão do movimento é coordenada manualmente pelo operador. Isso permite trabalhar detalhes como canais e pequenos raios, mais difíceis de serem obtidos em uma fresadora copiadora. A fresadora pantográfica pode ser de dois tipos: bidimensional e tridimensional.



## Fresadora Universal

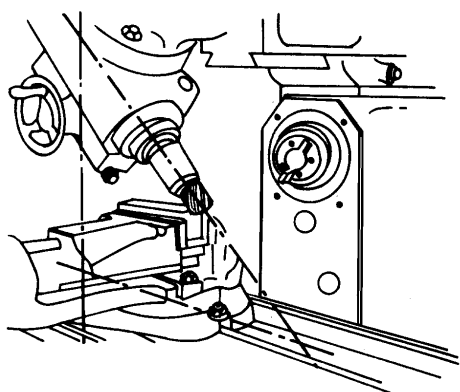
Além das características comuns a todas as fresadoras, a fresadora universal apresenta dois eixos-árvore: um horizontal e outro vertical.



O eixo horizontal está localizado no corpo da máquina. O eixo vertical situa-se no cabeçote localizado na parte superior da máquina.

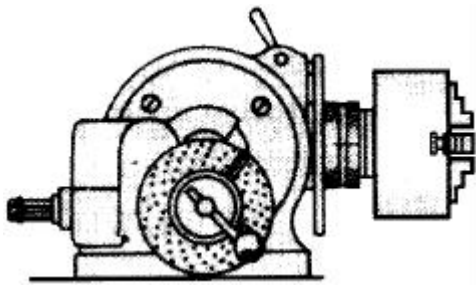
Alguns desses cabeçotes têm dupla articulação. Isso permite a inclinação do eixo porta-fresa no ângulo desejado em relação à superfície da mesa.

Desse modo, a fresa pode ocupar qualquer posição no espaço e trabalhar em qualquer ângulo, produzindo peças de perfis e formatos variados, mediante o emprego da fresa adequada.



A mesa da fresadora universal é montada sobre uma base que permite girá-la no plano horizontal até um ângulo de inclinação de  $45^\circ$  nos dois sentidos.

A essa mesa pode ser adaptado um aparelho divisor universal que permite a fresagem de engrenagens cilíndricas ou cônicas de dentes retos ou helicoidais.



A fresadora universal apresenta também:

- dispositivo para aplainamento vertical, com movimento retilíneo alternativo;
- dispositivo para fresar cremalheiras;
- mesa divisora (platô giratório) a  $360^\circ$  para fresagens especiais.

# Retificadora

Retificadora é uma máquina operatriz empregada na usinagem por abrasão de materiais ou peças em estado natural ou tratados termicamente, que utiliza uma ferramenta chamada rebolo.

A retificadora permite dar às superfícies das peças uma usinagem com baixa rugosidade e com dimensões mais rigorosas em relação a outras máquinas, como plaina, limadora, torno, fresadora; isso ocorre devido às múltiplas arestas de corte de que é composto o rebolo; além disso, é possível montar rebolos de distintos tipos e formas no eixo correspondente.

## Componentes

A retificadora se compõe basicamente de quatro partes: base, mesa de trabalho ou porta-peça, cabeçote porta-rebolo e sistema de movimento.

### Base

A base da retificadora é fundida, sólida e bem proporcionada, com grande superfície de apoio. É a parte que se apóia sobre o piso e serve de sustentação aos demais órgãos da máquina. As guias de deslizamento excedem o comprimento de trabalho, impedindo a flexão da mesa, e podem ser prismáticas, planas ou os dois tipos combinados e são perfeitamente ajustadas a mão; sua lubrificação pode ser automática ou não.

### Mesa de trabalho ou porta-peça

Serve de apoio a peças a serem trabalhadas, diretamente montadas sobre ela ou por meio de acessórios de fixação. É construída de ferro fundido e possui uma superfície plana finamente acabada com ranhuras para a colocação dos parafusos de fixação. Em sua parte inferior estão fixados uma cremalheira para receber o movimento manual e os suportes para fixação do sistema de movimento automático. Na frente apresenta uma ranhura longitudinal onde se alojam os topos móveis para limitar o curso da mesa.

### Cabeçote porta-rebolo

É uma das partes mais importantes da máquina, pois serve de suporte do eixo porta-rebolo, o qual é movimentado pelo motor. É fabricado de ferro fundido. O eixo pode ser assentado sobre buchas de bronze ou sobre rolamentos e possui um sistema de lubrificação que pode ser forçado ou de banho de óleo. Na parte onde estão as guias de deslizamento também se encontram a porca para o sistema de movimento manual e os suportes para fixação do sistema de movimento automático.

### Sistema de movimento

Os sistemas de movimento podem ser manual, semi-automático e automático.

No sistema manual, os movimentos da mesa e do cabeçote porta-rebolo são comandados por parafusos e porcas e/ou engrenagem e cremalheira.

No sistema semi-automático, os movimentos são comandados por sistema hidráulico e mecânico combinados.

No sistema automático, os movimentos são comandados por sistema hidráulico e elétrico.

## Características

As características mais comuns da retificadora são:

- dimensão da mesa
- curso máximo longitudinal
- curso máximo transversal
- velocidade do cabeçote porta-rebolo
- dimensão do rebolo
- potência do motor
- dimensão e peso da máquina

## Acessórios

Os acessórios da retificadora são:

- jogo de chaves de serviço
- equipamento para balancear rebolo
- porta-diamante para dressar o rebolo
- flange porta-rebolo
- extrator para polias e flanges
- placa magnética
- placa arrastadora
- cabeçote contraponta
- ponta e contraponta
- lunetas
- arrastadores
- placa de três castanhas
- jogo de pinças

## Uso e manutenção

Em razão de ser uma máquina idealizada para realizar trabalhos que exigem exatidão, a fabricação da retificadora é feita com muito cuidado, fato que motiva um custo elevado; portanto, se deduz a necessidade de conservá-la em ótimas condições de uso. Para isto, é preciso:

- manter seu mecanismo bem acoplado;
- lubrificar as superfícies de rotação e deslizamento;
- revisar periodicamente o filtro da bomba com circuito hidráulico;

- renovar o fluido de corte quando este não se encontra em condições normais, procurando mantê-lo em bom estado de limpeza;
- renovar o óleo do cabeçote porta-rebolo e o óleo do sistema hidráulico quando atingirem o tempo limite previsto pelo fabricante;
- fazer o aquecimento prévio do sistema hidráulico antes de iniciar qualquer trabalho.

A retificadora pode ser classificada segundo o sistema de movimento e segundo a operação que realiza. Com respeito ao sistema de movimento, pode ser classificada em retificadora com movimento manual, com movimento semi-automático e com movimento automático.

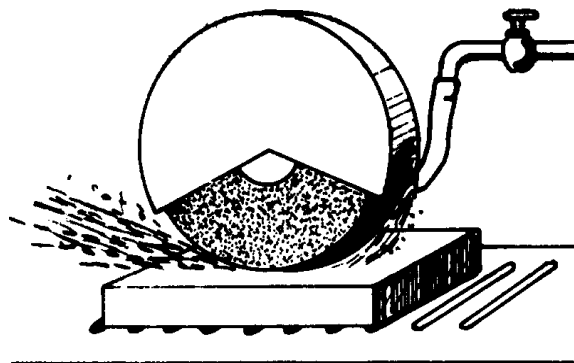
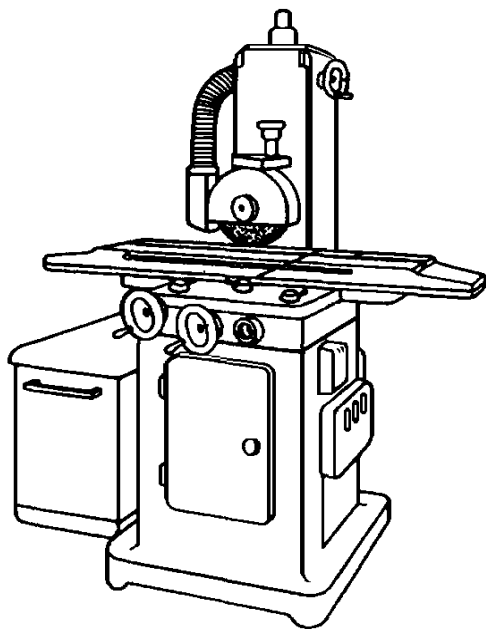
Quanto às operações que realiza, pode ser plana, cilíndrica e sem centro ou "centerless".

## Retificadora plana

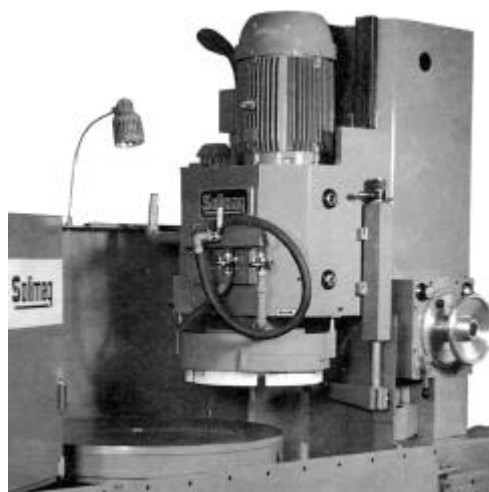
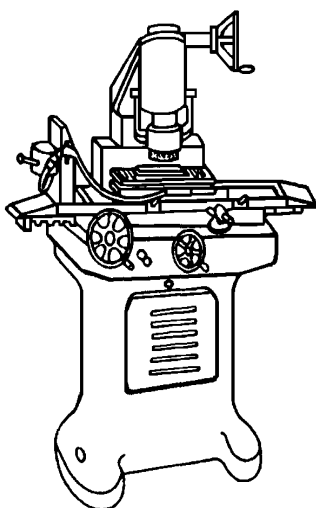
A retificadora plana ou máquina de retificar plano, como geralmente é conhecida, permite retificar todos os tipos de superfície plana de uma peça, seja superfície paralela, perpendicular ou oblíqua.

A posição do eixo porta-rebolo em relação à superfície da mesa determina os processos de retificar e os dois tipos de retificadora plana: a tangencial de eixo horizontal e a de topo de eixo vertical.

Na **retificadora plana tangencial**, o eixo porta-rebolo se encontra paralelo à superfície da mesa, sendo a periferia do rebolo a superfície de corte; este tipo utiliza um rebolo cilíndrico do tipo reto plano.



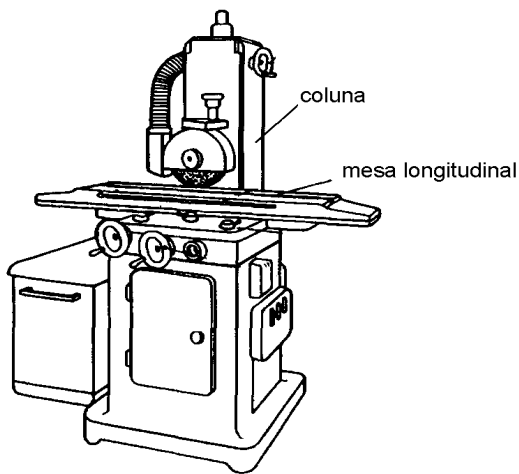
Na **retificadora plana vertical**, o eixo porta-rebolo se encontra perpendicular à superfície da mesa; o rebolo utilizado é do tipo copo ou de segmentos, cuja superfície de corte é a parte plana, em forma de coroa circular.



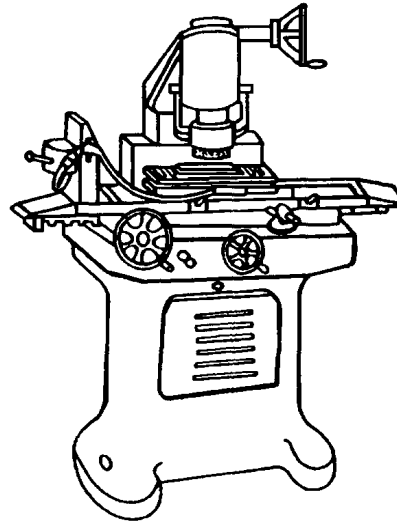
Tanto na retificadora plana tangencial quanto na vertical, o movimento da mesa pode ser alternado (vaivém) ou circular; no



caso de movimento alternado, a mesa é retangular; quando o movimento é circular, a mesa também é circular.



Retificadora plana tangencial



Retificadora plana vertical

## Partes

Além das partes básicas, a retificadora apresenta coluna e mesa longitudinal.

A **coluna** é de ferro fundido, convenientemente nervurada e montada sobre guias transversais ou fixada rigidamente à base. Possui também guias em posição vertical para o ajuste e deslocamento do cabeçote porta-rebolo.

A **mesa longitudinal** é uma parte apresentada pela maioria das máquinas, e que permite o deslocamento longitudinal. É de ferro fundido e na sua parte superior possui guias para o deslocamento da mesa de trabalho e em sua parte inferior tem guias perfeitamente ajustadas para permitir seu deslizamento.

## Características

Além das características comuns, a retificadora plana também apresenta velocidade longitudinal da mesa, velocidade do avanço transversal, que pode ser contínuo ou passo a passo, e deslocamento vertical do cabeçote porta-rebolo.

## Acessórios

A retificadora plana apresenta os seguintes acessórios:

- dispositivo para dresser rebolo em ângulo;
- mesa inclinável;
- morsa de máquina;
- morsa universal;
- mesa de seno;
- equipamento para balancear rebolo;
- desmagnetizador.

## Funcionamento

Um motor aciona a bomba de circuito hidráulico, que dá o movimento longitudinal à mesa de trabalho e ao avanço contínuo ou passo a passo da mesa transversal.

No movimento transversal, o controle da velocidade é efetuado por meio de uma válvula que, aberta progressivamente, aumenta a velocidade da mesa transversal.

O avanço transversal contínuo se consegue acionando a válvula do movimento transversal. O avanço passo a passo é sincronizado com o movimento longitudinal da mesa. Em algumas máquinas, o avanço transversal é dado pelo cabeçote porta-rebolo, sincronizado com o movimento longitudinal da mesa.

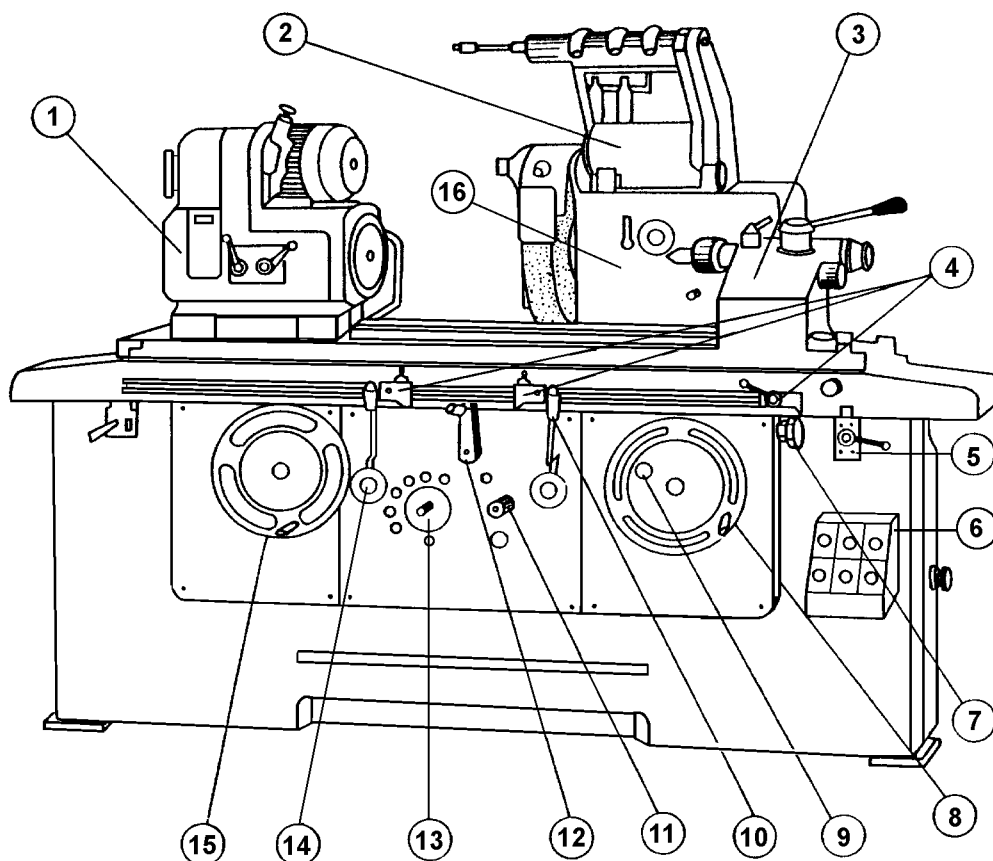
O eixo porta-rebolo recebe o movimento de rotação por meio de um motor, acoplado diretamente ou por transmissão de correias.

Algumas máquinas possuem deslocamento rápido vertical do cabeçote porta-rebolo, obtido por meio de um motor que aciona um fuso sem-fim e coroa.

Todas as retificadoras planas possuem uma bomba para o fluido de corte, movida por um motor independente dos demais; a passagem do fluido é regulada por meio de um registro que se encontra em lugar acessível ao operador.

## Retificadora cilíndrica

Retificadora cilíndrica é a máquina utilizada na retificação de todas as superfícies cilíndricas externas e internas, bem como superfícies cônicas externas e internas, permitindo também em alguns casos a retificação de superfícies planas.

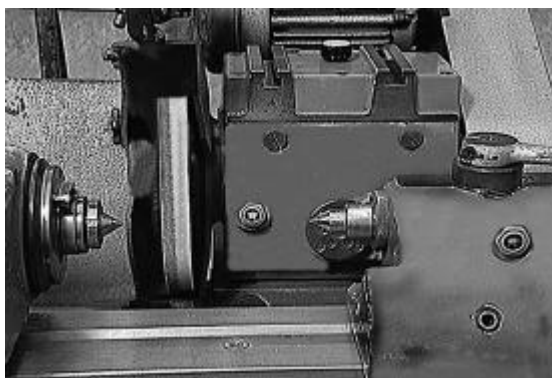


- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| 1) cabeçote porta-peça               | 10) movimento do cabeçote porta-rebolo                         |
| 2) cabeçote para retificação interna | 11) controle da velocidade da mesa                             |
| 3) contraponto ou contra-cabeçote    | 12) inversão do movimento da mesa                              |
| 4) limitadores                       | 13) válvula de regulação do avanço do<br>cabeçote porta-rebolo |
| 5) apoio do tope lateral             | 14) chave de comando geral                                     |
| 6) painel de comando                 | 15) movimento manual da mesa                                   |
| 7) avanço micrométrico transversal   | 16) cabeçote porta-rebolo                                      |
| 8) volante do avanço transversal     |  |
| 9) fixação do anel graduado          |  |

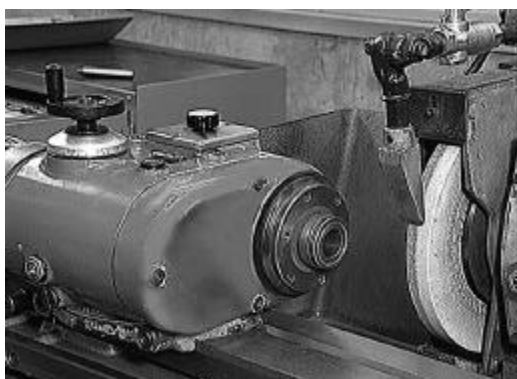
## Partes

Além das partes básicas, a retificadora cilíndrica apresenta cabeçote porta-rebolo, cabeçote porta-peça, cabeçote contraponta, cabeçote para retificação interna, mesa de trabalho e mesa da máquina.

O **cabeçote porta-rebolo** é o conjunto da retificadora onde são montados o eixo porta-rebolo e o motor que aciona este eixo. A transmissão da rotação do motor para o eixo porta-rebolo é normalmente realizada por polia e correia plana. Este conjunto está montado sobre uma base giratória que permite a inclinação do cabeçote porta-rebolo para a realização de retificação em ângulo. No cabeçote porta-rebolo também são encontrados o difusor de saída de fluido de corte e o registro, que são partes do sistema de refrigeração, e a tampa da caixa do rebolo.



O **cabeçote porta-peça** é responsável pela fixação da peça a ser retificada; os dispositivos de fixação da peça estão montados no eixo principal. O cabeçote porta-peça é constituído por base, corpo, eixo principal, caixa de mudança de rotações e motor.



A base é de ferro fundido e fixa o cabeçote à mesa de trabalho; é giratória e apresenta uma escala em graus, que permite a inclinação do cabeçote porta-peça para retificação cônica.

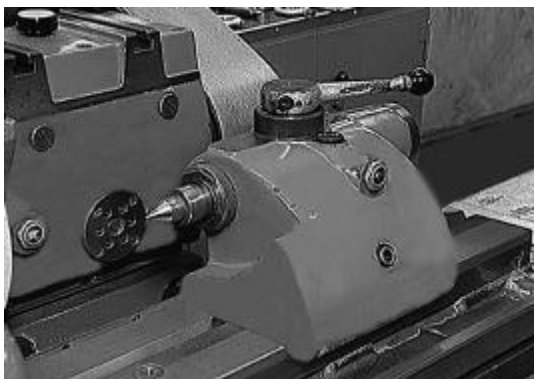
O corpo é de ferro fundido e tem no seu interior o eixo principal e a caixa de mudança de rotações.

O eixo principal é vazado e de aço termicamente tratado e retificado; em seu extremo direito, onde se montam os acessórios de fixação, existe um cone normalizado, que permite a montagem das pontas.

A caixa de mudança de rotações é uma caixa de ferro fundido, dentro da qual estão montadas polias e correias que modificam a rotação recebida do motor e a transmitem ao eixo principal.

O motor é trifásico e tem a função de gerar movimento de rotação para o eixo principal.

O **cabeçote contraponta** é o elemento que serve de suporte para a contraponta destinada a apoiar um dos extremos da peça a ser retificada. É de ferro fundido e possui um mangote de aço com mola regulável; a função desta mola é regular a pressão da contraponta na peça.

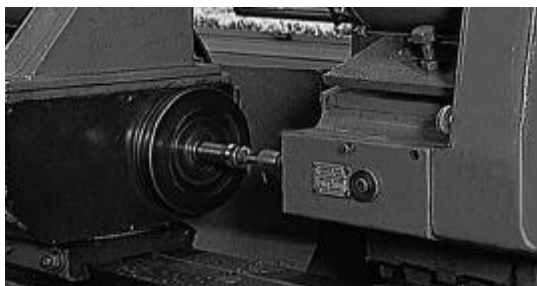


O **cabeçote para retificação interna** é constituído de base, corpo, eixo de retificação interna e motor. Todo este conjunto está montado sobre o corpo do cabeçote porta-rebolo.

A base é de ferro fundido e sua parte superior é plana para a fixação do motor; a parte inferior possui um sistema de guias para posicioná-lo sobre o cabeçote porta-rebolo e a parte frontal aloja o eixo de retificação interna.

O corpo é de ferro fundido e em sua parte inferior se encontra alojado o eixo principal; o outro extremo se articula com o alojamento da base.

O eixo de retificação interna é de aço tratado termicamente e retificado; é montado sobre rolamentos. Num dos extremos se encontra a polia que recebe movimento do motor e no outro o alojamento para o mandril porta-rebolo.



A **mesa de trabalho** é a parte da máquina na qual se fixam o cabeçote porta-peça, o cabeçote contraponta, lunetas e suportes para dressar rebolos. É de ferro fundido e está fixada na mesa da máquina por meio de sapatas existentes em seus dois extremos rebaixados; o eixo em seu centro permite inclinação horizontal angular. As superfícies inferior e superior são retificadas, podendo esta última ter uma ranhura em T para alojar os parafusos de fixação.

A **mesa da máquina** é a parte que suporta a mesa de trabalho com os cabeçotes porta-peça e contraponta. É responsável pelo movimento longitudinal da peça em relação ao eixo porta-rebolo. Na sua parte inferior existem guias prismáticas que ficam apoiadas sobre as guias do corpo da retificadora.



### Características

As características da retificadora cilíndrica são:

- inclinação máxima da mesa em ambos os sentidos;
- inclinação máxima do cabeçote porta-rebolo;
- inclinação máxima do cabeçote porta-peça;
- rotações do cabeçote para retificação interna;
- velocidade longitudinal da mesa;
- avanço automático do cabeçote porta-rebolo.

### Acessórios

Os acessórios especiais da retificadora cilíndrica são:

- pinças para rebolos com haste montada;
- placa universal de três castanhas;
- placa de castanhas independentes;
- pinças para fixação de peças;
- mandris porta-rebolo;
- placa de arraste;
- arrastadores;
- ponta e contraponta.

### Funcionamento

Um motor aciona a bomba hidráulica que dá o movimento longitudinal à mesa e ao avanço do cabeçote porta-rebolo; esse avanço pode ser somente hidráulico, somente mecânico ou hidráulico e mecânico.

No movimento longitudinal, o controle de velocidade se efetua por meio de uma válvula que, aberta progressivamente, aumenta a velocidade.

O avanço do porta-rebolo se obtém pela regulação de um fuso micrométrico adaptado ao mecanismo de avanço do cabeçote porta-rebolo.

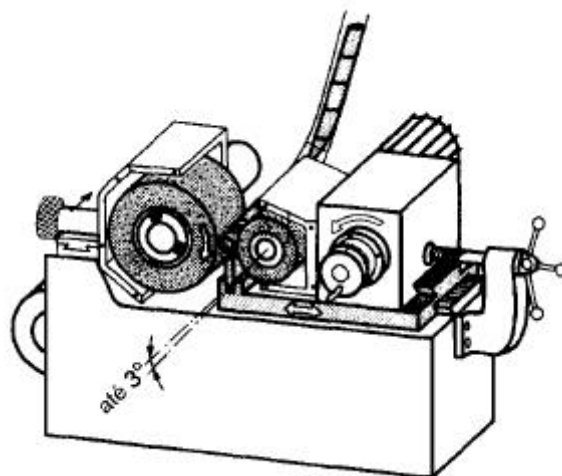
O eixo do cabeçote porta-rebolo recebe movimento de rotação por meio de um motor; este movimento é transmitido por polias e correia.

No cabeçote porta-peça, um motor gera o movimento de rotação; esse movimento é transmitido ao eixo principal por meio de polias e correia, de modo que a peça montada no eixo também recebe o movimento de rotação.

O cabeçote para retificação interna possui um motor que gera o movimento de rotação, transmitido ao eixo principal por meio de uma correia plana. A bomba para o fluido de corte é acionada por um motor independente dos demais, regulando-se a saída do fluido por meio de um registro colocado em lugar acessível ao operador.

## Retificadora sem centro

A retificadora sem centro ou “centerless” é um tipo de retificadora muito usado em produção em série de peças cilíndricas e delgadas. A peça é conduzida pelo rebolo e pelo rebolo de arraste. O rebolo de arraste gira devagar e serve para imprimir movimento à peça e para produzir o avanço longitudinal; por essa razão, o rebolo de arraste possui uma inclinação de 3 a 5 graus, responsável pelo avanço da peça.





# Furadeiras

Furadeira é uma máquina-ferramenta que permite executar operações como furar, roscar com machos, rebaixar, escarear e alargar furos. Essas operações são executadas pelo movimento de rotação e avanço das ferramentas fixadas no eixo principal da máquina.

O movimento de rotação é transmitido por um sistema de engrenagens ou de polias, impulsionados por um motor elétrico. O avanço é transmitido por um sistema de engrenagem (pinhão e cremalheira) que pode ser manual ou automático.

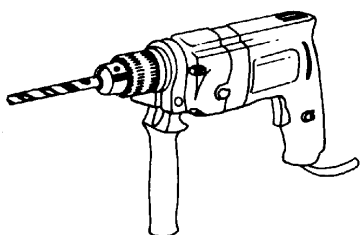
## Tipos de furadeira

A escolha da furadeira está relacionada ao tipo de trabalho que será realizado. Assim, temos:

- furadeira portátil;
- furadeira de bases magnética;
- furadeira de coluna;
- furadeira radial;
- furadeira múltipla;
- furadeira de fusos múltiplos.

## Furadeira portátil

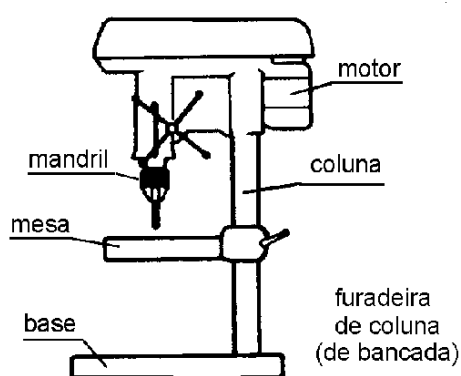
A furadeira portátil é usada em montagens, na execução de furos de fixação de pinos, cavilhas e parafusos em peças muito grandes como turbinas e carrocerias, quando há necessidade de trabalhar no próprio local devido ao difícil acesso de uma furadeira maior.



Essa furadeira também é usada em serviços de manutenção para a extração de elementos de máquinas tais como parafusos e prisioneiros. Pode ser elétrica e também pneumática.

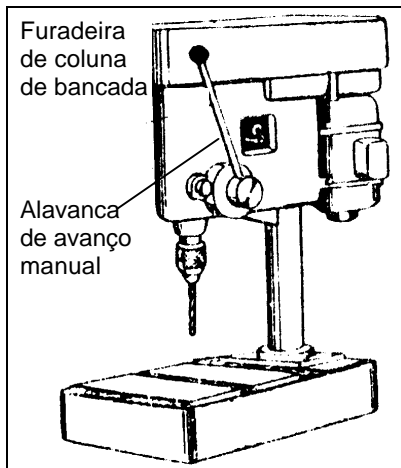
## Furadeira de coluna

A furadeira de coluna tem esse nome porque seu suporte principal é uma coluna na qual estão montados o sistema de transmissão de movimento, a mesa e a base. A coluna permite deslocar e girar o sistema de transmissão e a mesa, segundo o tamanho das peças.

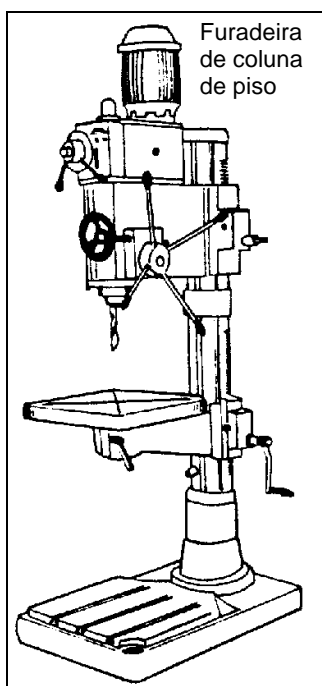


A furadeira de coluna pode ser de bancada e de piso.

Furadeira de bancada (também chamada de sensitiva, porque o avanço da ferramenta é dado pela força do operador) - tem motores de pequena potência e é empregada para fazer furos de até 15 mm de diâmetro. A transmissão do movimento é feita por meio de sistema de polias e correias.

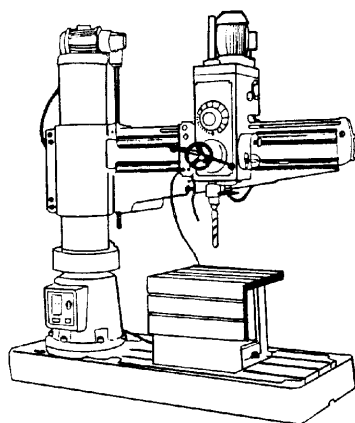


Furadeira de piso - geralmente usada para a furação de peças grandes com diâmetros maiores do que os das furadeiras de bancada. Possui uma mesa giratória que permite maior aproveitamento em peças com formatos irregulares. Apresenta, também, mecanismo para avanço automático do eixo árvore. Normalmente a transmissão de movimento é feita por engrenagens.



## Furadeira radial

A furadeira radial é empregada para abrir furos em peças pesadas volumosas e difíceis de alinhar. Possui um potente braço horizontal que pode ser abaixado e levantado e é capaz de girar em torno da coluna. Esse braço contém o eixo porta-ferramenta que também pode ser deslocado horizontalmente ao longo do braço, permitindo furar em várias posições sem mover a peça. O avanço da ferramenta também é automático.

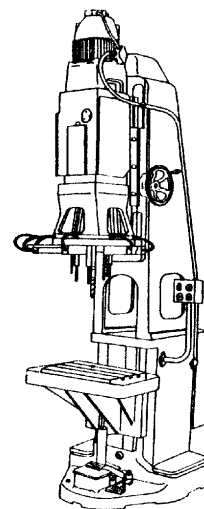


## Furadeira múltipla

A furadeira múltipla possui vários fusos alinhados para executar operações sucessivas ou simultâneas em uma única peça ou em diversas peças ao mesmo tempo. É usada em operações seriadas nas quais é preciso fazer furos de diversas medidas.

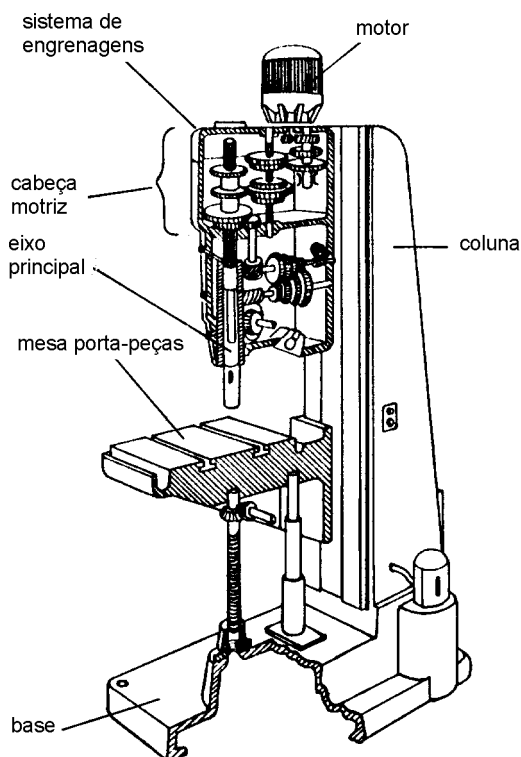
## Furadeira de fusos múltiplos

A furadeira de fusos múltiplos é aquela na qual os fusos trabalham juntos, em feixes. Cada um dos fusos pode ter uma ferramenta diferente de modo que é possível fazer furos diferentes ao mesmo tempo na mesma peça. Em alguns modelos, a mesa gira sobre seu eixo central. É usada em usinagem de uma só peça com vários furos, como blocos de motores, por exemplo, e produzida em grandes quantidade de peças seriadas.



## Componentes da furadeira de coluna

As principais partes de uma furadeira de coluna são: motor, cabeçote motriz, coluna, árvore ou eixo principal, mesa porta-peças e base.



O motor fornece energia que impulsiona o sistema de engrenagens ou de polias.

O cabeçote motriz é a parte da máquina na qual se localiza o sistema de engrenagens ou polias e a árvore (ou eixo principal). O sistema de engrenagens ou polias é responsável pela transformação e seleção de rotações transmitidos à árvore ou eixo principal.

A árvore (ou eixo principal), montada na cabeça motriz, é o elemento responsável pela fixação da ferramenta diretamente em seu eixo ou por meio de um acessório chamado de mandril. É essa árvore que transmite o movimento transformado pelo sistema de engrenagens ou polias à ferramenta e permite que esta execute a operação desejada.

A coluna é o suporte da cabeça motriz. Dispõe de guias verticais sobre as quais deslizam a cabeça motriz e a mesa porta-peça.

A mesa porta-peça é a parte da máquina onde a peça é fixada. Ela pode ter movimentos verticais, giratórios e de inclinação.

A base é o plano de apoio da máquina para a fixação no piso ou na bancada. Pode ser utilizada como mesa porta-peça quando a peça é de grandes dimensões.

O movimento de avanço de uma broca ou de qualquer outra ferramenta fixada no eixo principal da furadeira de coluna pode ser executado manual ou automaticamente.

As furadeiras com avanço manual são as mais comuns. Nessas furadeiras, o avanço é controlado pelo operador, quando se executa trabalhos que não exigem grande precisão.

As furadeiras de coluna de piso, radiais, múltiplas e de fusos múltiplos têm avanço automático. Isso permite a execução de furos com melhor acabamento. Elas são usadas principalmente na fabricação de motores e máquinas.

### Manuseio da furadeira

Para obter um bom resultado nas operações com a furadeira, a ferramenta deve estar firmemente presa à máquina a fim de que gire perfeitamente centralizada. A peça, por sua vez, deve estar igualmente presa com firmeza à mesa da máquina.

Se o furo a ser executado for muito grande, deve-se fazer uma pré furação com brocas menores.

Uma broca de haste cônica não deve jamais ser presa a um mandril que é indicado para ferramentas de haste cilíndrica paralela.

Para retirar a ferramenta deve-se usar unicamente a ferramenta adequada.

## Referências bibliográficas

SENAI-SP. **Metalmecânica - Teoria Caminhão Betoneira. V. 1.**

Por Regina Célia Roland Novaes e Selma Ziedas. São Paulo, 1997.

SENAI-SP. **Metalmecânica - Teoria Caminhão Betoneira. V. 2.**

Por Abílio José Weber e Adriano Ruiz Secco. São Paulo, 1997.

FRM/SENAI-SP. **Telecurso 2000 – Profissionalizante – Higiene**

**e Segurança no Trabalho.** Por José Luiz Campo Coelho e outros. São Paulo, 1997.

FRM/SENAI-SP. **Telecurso 2000 – Profissionalizante – Manu-**

**tenção.** Por Abílio José Weber e outros. São Paulo, 1997.

FRM/SENAI-SP. **Telecurso 2000 – Profissionalizante – Metro-**

**logia.** Por Adriano Ruiz Secco e Edmur Vieira. São Paulo, 1997.







