

Professores: Armindo Werlang Filho  
Janete Viegas Viera  
Gladimir Pinto da Silva  
Faili Cintia Tomsen Veiga

Ano 2011

# Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. HISTÓRICO .....</b>	<b>4</b>
<b>3. CONCEITO E EMPREGO .....</b>	<b>7</b>
3.1 CONCEITO.....	8
3.2 EMPREGO .....	8
<b>4. CLASSIFICAÇÃO .....</b>	<b>9</b>
4.1 TORNO SIMPLES.....	9
4.2 TORNO DE ROSCAR.....	9
a) <i>Tornos simples de roscar</i> .....	9
b) <i>Tornos aperfeiçoados de roscar</i> .....	10
c) <i>Tornos revólveres</i> .....	12
d) <i>Tornos especiais</i> .....	14
<b>5. DEFINIÇÃO DE USINAGEM .....</b>	<b>16</b>
<b>6. CLASSIFICAÇÃO DOS PROCESSOS DE USINAGEM.....</b>	<b>16</b>
<b>7. USINAGEM.....</b>	<b>18</b>
<b>8. TORNEAMENTO .....</b>	<b>26</b>
8.1 TORNEAMENTO RETILÍNEO .....	27
8.2 TORNEAMENTO CURVILÍNEO.....	28
<b>9. GRANDEZAS FÍSICAS NO PROCESSO DE CORTE .....</b>	<b>30</b>
9.1 MOVIMENTOS NO PROCESSO DE USINAGEM.....	30
9.1.1 <i>Movimentos que causam diretamente a saída do cavaco</i> .....	30
9.1.2 <i>Movimentos que não tomam parte direta na formação do cavaco</i> .....	30
9.2 PRINCIPAIS PARÂMETROS DE CORTE PARA O PROCESSO DE TORNEAMENTO .....	31
9.2.1 <i>Avanço (A)</i> .....	31
9.2.2 <i>Profundidade de corte (P)</i> .....	32
9.2.3 <i>Área de corte (S)</i> .....	33
9.2.4 <i>Tabela de tensão de ruptura (Tr)</i> .....	34
9.2.5 <i>Pressão específica de corte (Ks)</i> .....	35
9.2.6 <i>Força de corte (Fc)</i> .....	36
9.2.7 <i>Velocidade de corte (Vc)</i> .....	36
9.2.8 <i>Potência de corte (Pc)</i> .....	41
9.2.9 <i>Tempo de fabricação</i> .....	44
9.3 COMPOSIÇÃO DAS FORÇAS DE CORTE .....	47
9.4 SECÇÃO DO CAVACO .....	49
<b>10. NOMENCLATURA DO TORNO MECÂNICO E ACESSÓRIOS.....</b>	<b>50</b>
10.1 O TORNO MECÂNICO .....	50
10.2 PRINCIPAIS PARTES DE UM TORNO UNIVERSAL .....	50
10.2.1 <i>Cabeçote Fixo</i> .....	54
10.2.2 <i>Cabeçote móvel</i> .....	56
10.2.3 <i>Carros</i> .....	57
10.2.4 <i>Placas</i> .....	58

10.2.4.4 Placas lisas.....	62
10.2.5 Lunetas.....	62
10.2.5 Ponta e contra-ponta do torno.....	65
10.3 OPERAÇÕES BÁSICAS DE TORNEAMENTO.....	67
10.3.1 As ferramentas de corte e suas respectivas operações.....	70
10.4 ALGUMAS OPERAÇÕES DE TORNEAMENTO.....	71
10.4.1 Faceamento.....	71
10.4.2 Execução de furo de centro.....	72
10.4.3 Desbaste longitudinal.....	73
10.4.4 Torneamento cônico com inclinação do carro orientável.....	74
10.4.5 Recartilhamento.....	75
10.4.6 Abrir Canal e Sangrar.....	77
10.4.7 – Rosqueamento externo.....	77
<b>11. PRINCIPAIS FLUIDOS DE CORTE.....</b>	<b>80</b>
11.1 FLUIDOS DE CORTE.....	80
11.2 - PROCESSOS DE RESFRIAMENTO.....	81
11.3 - OBJETIVOS DO RESFRIAMENTO.....	82
11.4 INSTRUÇÕES PARA O USO DE REFRIGERANTES E LUBRIFICANTES NA USINAGEM DAS PEÇAS.....	82

# 1. INTRODUÇÃO

Os processos de fabricação que envolve mudança de forma podem ser classificados em duas categorias: fabricação com remoção de material e fabricação sem remoção de material. Enquanto a segunda categoria é composta por processos de fabricação como soldagem, conformação e fundição, a primeira categoria é composta basicamente pelos processos de usinagem.

A grande utilização dos processos de usinagem se deve principalmente à variedade de geometrias possíveis de ser usinadas, com alto grau de precisão dimensional e acabamento superficial, e ao fato de não haver alteração nas propriedades do material. Estas características fazem com que, na grande maioria dos casos, os processos de usinagem não possam ser substituídos por nenhum outro processo de fabricação, sendo muitas vezes usados com o intuito de prover uma melhora do acabamento superficial ou tolerância dimensional do produto manufaturado por outros processos.

Apesar das vantagens da usinagem, esta possui desvantagens em relação a outros processos de fabricação como, por exemplo, a baixa velocidade de produção quando comparada a estes. Esta desvantagem faz com que qualquer aprimoramento no sentido de aumentar a produção de um processo de usinagem represente um ganho significativo. A segunda desvantagem dos processos de usinagem diz respeito aos altos custos envolvidos. Estes custos se devem ao uso de maquinário e ferramental caro e à necessidade de mão de obra especializada. O nível de conhecimento requerido na programação e operação nas modernas máquinas de comando numérico faz necessários operadores com certo grau de especialização. Além disso, grande parte da matéria prima usada nestes processos é transformada em resíduo.

Usinagem é um termo que abrange processos de fabricação por geração de superfícies por meio de remoção de material, conferindo dimensão e forma à peça. Uma definição bastante ampla do termo “usinagem” foi apresentada por Ferraresi, que diz que “como operações de usinagem entendemos aquelas que, ao conferir à peça a forma, ou as dimensões ou o acabamento, ou qualquer combinação destes três itens, produzem cavaco”.

As operações de usinagem dividem-se em processos de usinagem convencional e não-convencional (jato abrasivo, plasma, laser, ultra-som, eletro erosão, feixe de elétrons, etc.). Dentre os processos de usinagem convencional se destacam, devido ao uso mais amplamente difundido, o torneamento, o fresamento e a furação.

Neste contexto se insere este trabalho, cujo principal objetivo é explanar sobre o torno mecânico, mostrando seu histórico, operações fundamentais, classificação, principais componentes, acessórios, instalação e ferramentas usadas.

## **2. HISTÓRICO**

A máquina-ferramenta, também chamada de máquina operatriz no Brasil, é uma máquina utilizada na fabricação de peças metálicas, plásticas, etc. de revolução, por meio da movimentação mecânica de um conjunto de ferramentas.

O torno mecânico é a máquina ferramenta mais antiga e dele derivaram todas as outras inventadas pelo homem. Inicialmente, os movimentos de rotação da máquina eram gerados por pedais. A ferramenta para tornear ficava na mão do operador que dava forma ao produto. Daí a importância de sua habilidade no processo de fabricação. Quando a ferramenta foi fixada à máquina, o operador ficou mais livre para trabalhar. Pode-se dizer que nesse momento nasceu a máquina-ferramenta.

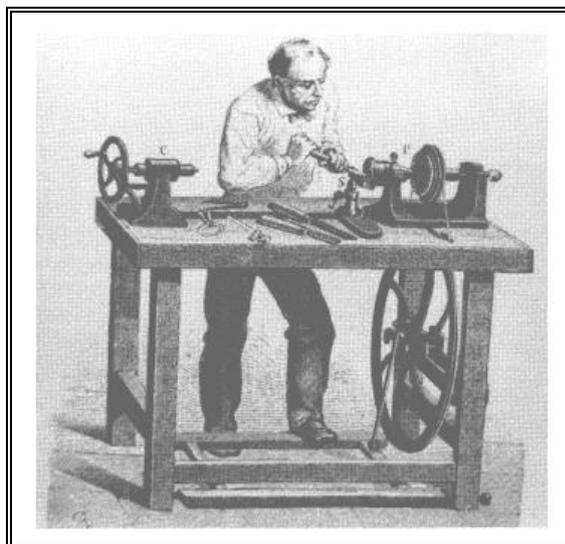


Figura 1: Máquina-ferramenta.

O torno desde antigamente é utilizado como meio de fabricar rodas, partes de bombas d'água, cadeiras, mesas, e utensílios domésticos. Sabe-se que antigas civilizações, a exemplo dos egípcios, assírios e romanos, já utilizavam antigos tornos como um meio fácil de fazer objetos com formas redondas.

Os Tornos de Vara foram muito utilizados durante a idade média e continuaram a ser utilizados até o século XIX por alguns artesãos. Nesse sistema de torno a peça a ser trabalhada era amarrada com uma corda presa numa vara sobre a cabeça do artesão e sua outra extremidade era amarrada a um pedal. O pedal quando pressionado puxava a corda fazendo a peça girar, a vara por sua vez fazia o retorno. Por ser fácil de montar esse tipo de torno permitia que os artesãos se deslocassem facilmente para lugares onde houvesse a matéria prima necessária para eles trabalharem.

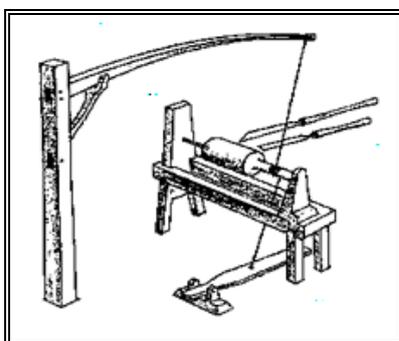


Figura 2: Torno de Vara usado na Idade Média.

A necessidade de uma velocidade contínua de rotação fez com que fossem criados os Tornos de Fuso. Esses tornos necessitavam de duas ou mais pessoas, dependendo do tamanho do fuso, para serem utilizados. Enquanto um servo girava a roda, o artesão utilizava suas ferramentas para dar forma ao material. Esse torno permitia que objetos maiores e com materiais mais duros fossem trabalhados.

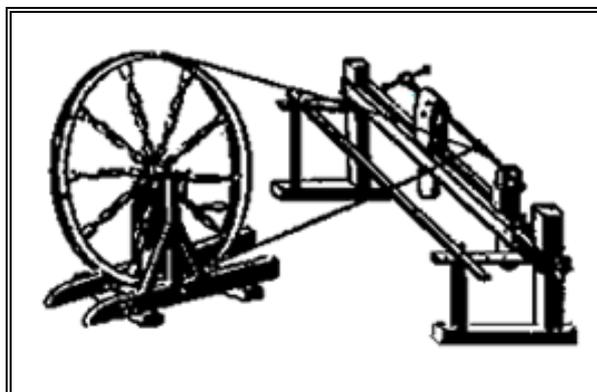


Figura 3: Torno de Fuso, usado a partir de 1600.

Com a invenção da máquina a vapor por James Watt, os meios de produção como teares e afins foram adaptados à nova realidade. O também inglês Henry Moudslay adaptou a nova maravilha a um torno criando o primeiro torno a vapor. Essa invenção não só diminuía a necessidade de mão de obra, uma vez que os tornos podiam ser operados por uma pessoa apenas, como também fez com que a mão de obra se tornasse menos especializada. À medida que a manufatura tornava-se mais mecânica e menos humana as caras habilidades dos artesãos eram substituídas por mão de obra barata. Isso deu condições para que Whitworth em 1860 mantivesse uma fábrica com 700 funcionários e 600 máquinas ferramenta. Moudslay e Whitworth ainda foram responsáveis por várias outras mudanças nos tornos da época, como o suporte para ferramenta e o avanço transversal. Essas inovações são mais bem observadas na ilustração abaixo:

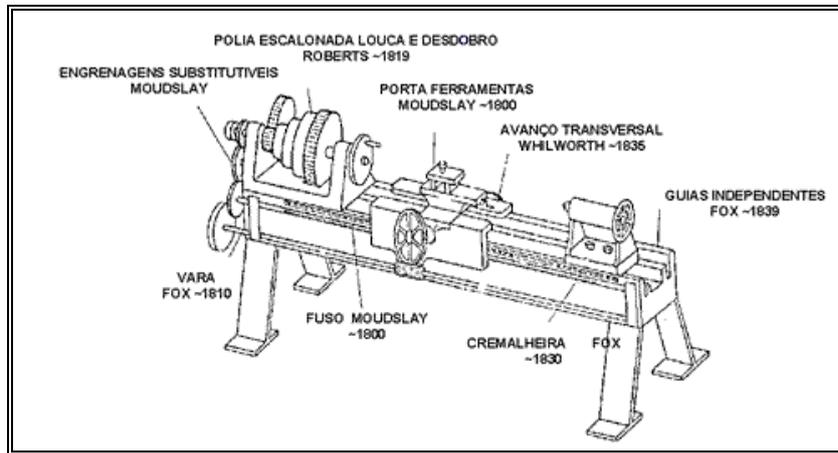


Figura 4: Inovações no torno, por Moudslay e Whitworth.

Em 1906, o torno já tem incorporadas todas as modificações feitas por Moudslay e Whitworth. A correia motriz é movimentada por um conjunto de polias de diferentes diâmetros, o que possibilitava uma variada gama de velocidades de rotação. Sua propulsão era obtida através de um eixo acionado por um motor, o que fixava a máquina a um local específico.

Em 1925, surge o Torno Paralelo: o problema de ter de fixar o torno é resolvido pela substituição do mesmo por um motor elétrico nos pés da máquina. A variação de velocidades vinha de uma caixa de engrenagem, e desengates foram postos nas sapatas para simplificar alcances de rotação longos e repetitivos. Apesar de apresentar dificuldades para o trabalho em série devido a seu sistema de troca de ferramentas, é o mais usado atualmente.

Em 1960, para satisfazer a exigência de grande rigidez criou-se uma estrutura completamente fechada; criou-se o Torno Automático. A máquina é equipada com um engate copiador que transmite o tipo de trabalho do gabarito por meio de uma agulha.

Em 1978, é inventado o torno de CNC (Comando Numérico Computadorizado), que, apesar de não apresentar nenhuma grande mudança na sua mecânica, substituiu os mecanismos usados para mover o cursor por microprocessadores. O uso de um painel permite que vários movimentos sejam programados e armazenados permitindo a rápida troca de programa.

### 3. CONCEITO E EMPREGO

### 3.1 Conceito

Torno mecânico é a máquina-ferramenta, destinada a trabalhar uma peça animada de movimento de rotação, por meio de uma ferramenta de corte (fig. 5). Esta ferramenta pode trabalhar deslocando-se paralela ou perpendicularmente ao eixo da peça.

No primeiro caso a operação é denominada torneiar e no segundo caso facear. As curvas geradas pelos movimentos combinados da peça e da ferramenta são: uma hélice, quando se torneia, e uma espiral, quando se faceia.

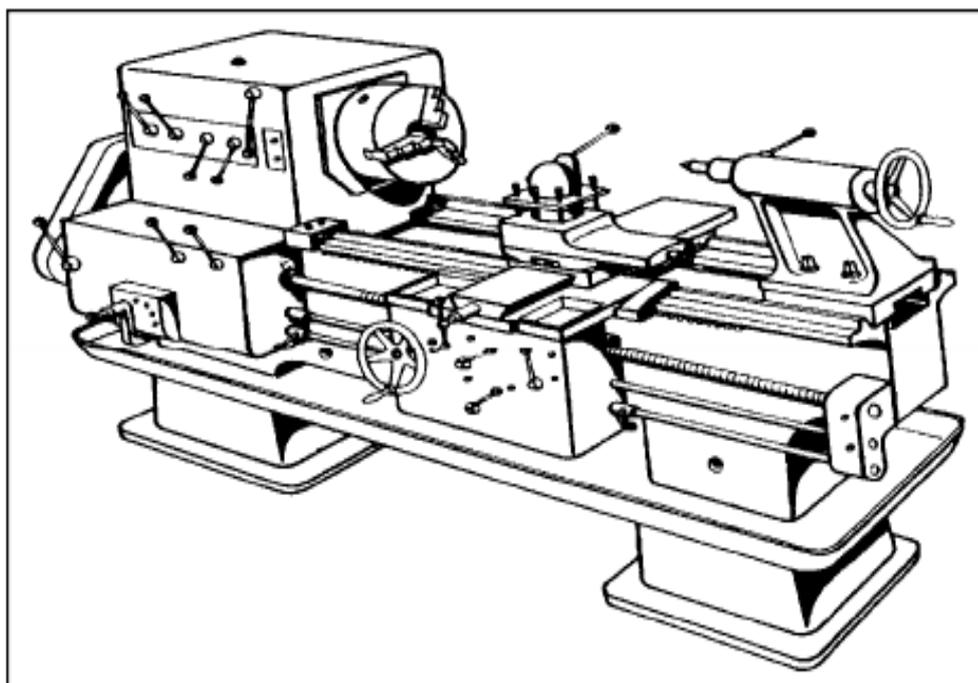


Figura 5: Torno de Universal

### 3.2 Emprego

O torno executa qualquer espécie de superfície de revolução uma vez que a peça que se trabalha tem o movimento principal de rotação, enquanto a ferramenta possui o movimento de avanço e translação.

O trabalho abrange obras como eixos, polias, pinos e toda espécie de peças roscadas. Além de torneiar superfície cilíndricas externas e internas, o torno poderá usinar superfícies planas no topo das peças (facear), abrir rasgos ou entalhes de qualquer forma, ressaltos, superfícies cônicas, esféricas e perfiladas.

Qualquer tipo de peça roscada, interna ou externa, pode ser executada no torno. Além dessas operações primárias ou comuns, o torno pode ser usado para furar, alargar, recartilhar, enrolar molas, etc.

O torno também pode ser empregado para polir peças usando-se lima fina, lixa ou esmeril.

## 4. CLASSIFICAÇÃO

A fim de atender às numerosas necessidades, a técnica moderna põe a nossa disposição uma grande variedade de tornos que diferem entre si pelas dimensões, características, formas construtivas, etc.

A classificação mais simples é a seguinte: torno simples e torno de roscar.

### 4.1 Torno Simples

Neste torno pode-se tornejar, facear, broquear e sangrar, porém não se pode abrir rosca (fig. 6).

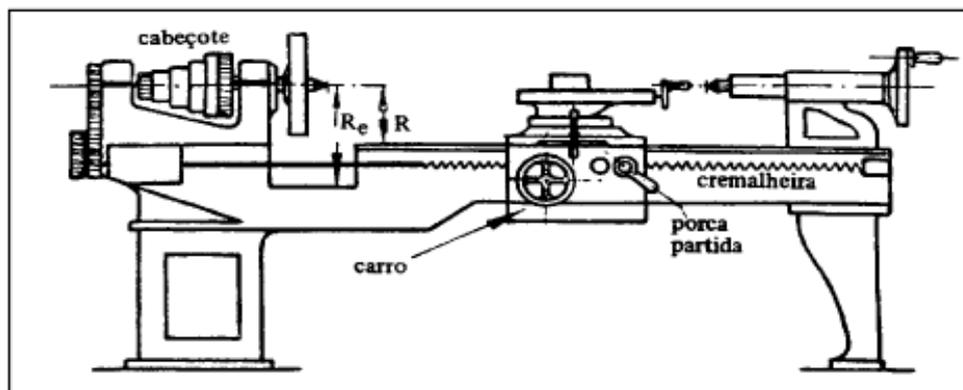


Figura 6: Torno Simples

### 4.2 Torno de Roscar

Classificam-se em quatro (4) grupos: simples de roscar; aperfeiçoado de roscar; revólveres e especiais.

#### a) Tornos simples de roscar

São os de manejo mais simples, e é necessário calcular as engrenagens, para cada passo de rosca que se deseja abrir.

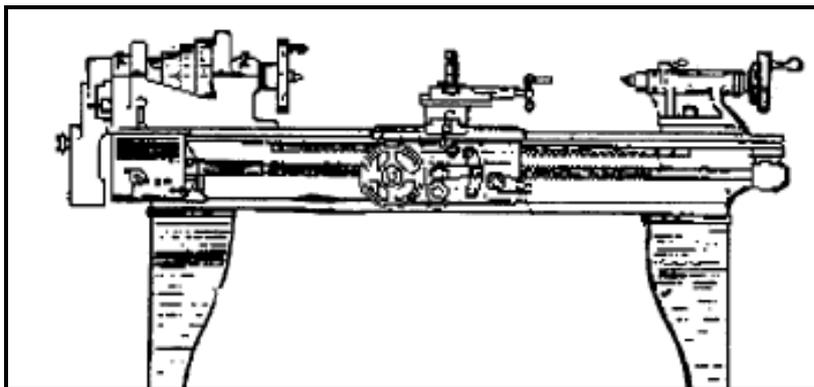


Figura 7: Torno Simples de Roscar

### b) Tornos aperfeiçoados de rosca

Estes tornos possuem um cabeçote fixo com caixa de mudança de marchas por meio de engrenagens denominadas monopolias. A caixa de engrenagens tipo “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, Conforme a figura 8.

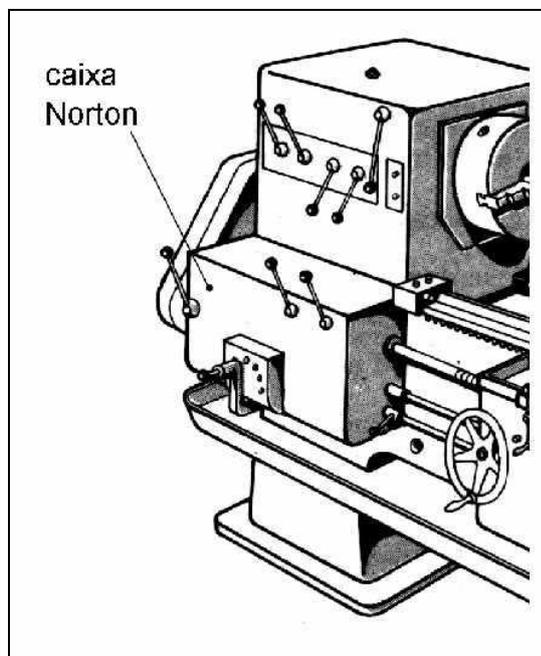


Figura 8: Torno com a caixa Norton

É usada para abrir roscas dando de imediato o número de fios por polegadas ou milímetros, por meio de uma alavanca que corre ao longo da abertura da caixa.

Realiza-se esta operação fazendo a ligação das rodas dentadas para o passo que se deseja obter, de acordo com uma tabela colocada ao lado da referida caixa e o eixo de ligação do comando automático do carro, e por meio de um dispositivo denominado fuso (fig. 9).

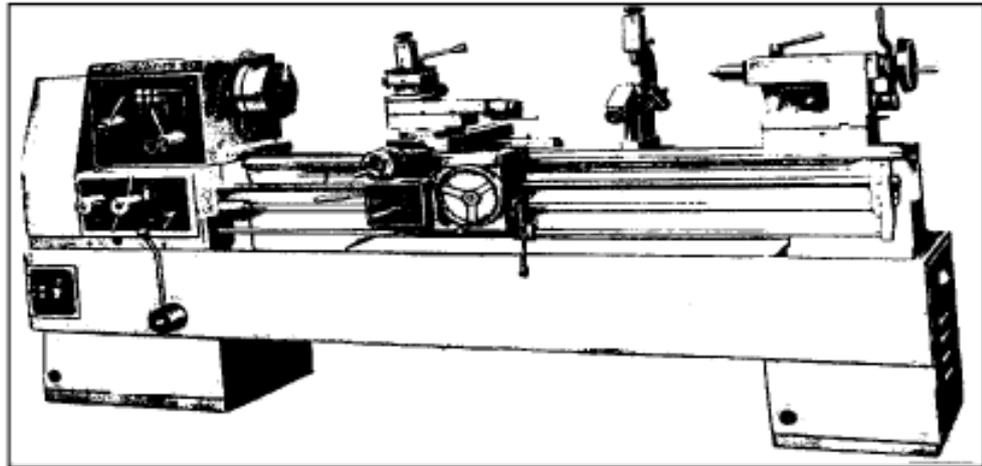


Figura 9: Torno aperfeiçoado de roscar horizontal

Os tornos classificam-se em:

- Torno horizontal (fig. 10),
- Torno vertical (fig. 11).

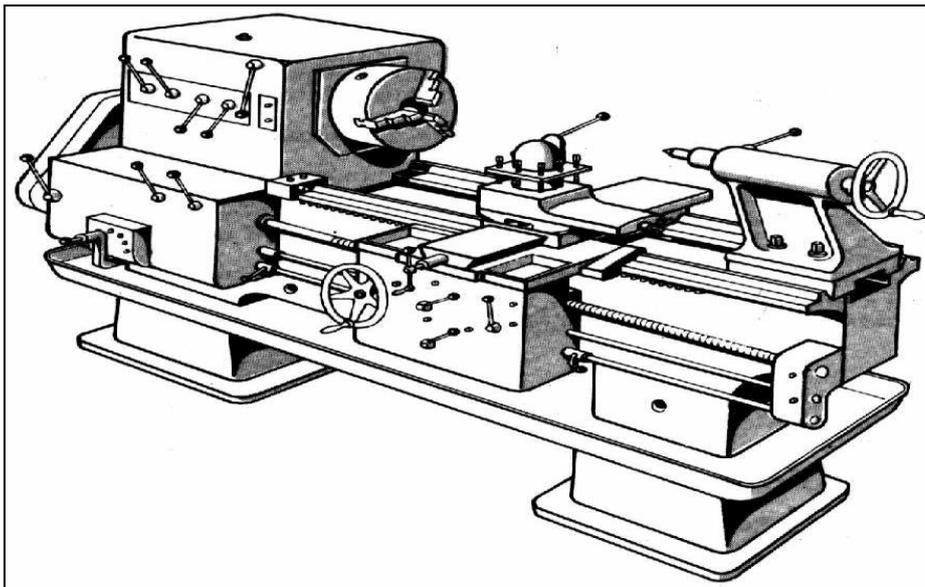


Figura 10: Torno horizontal

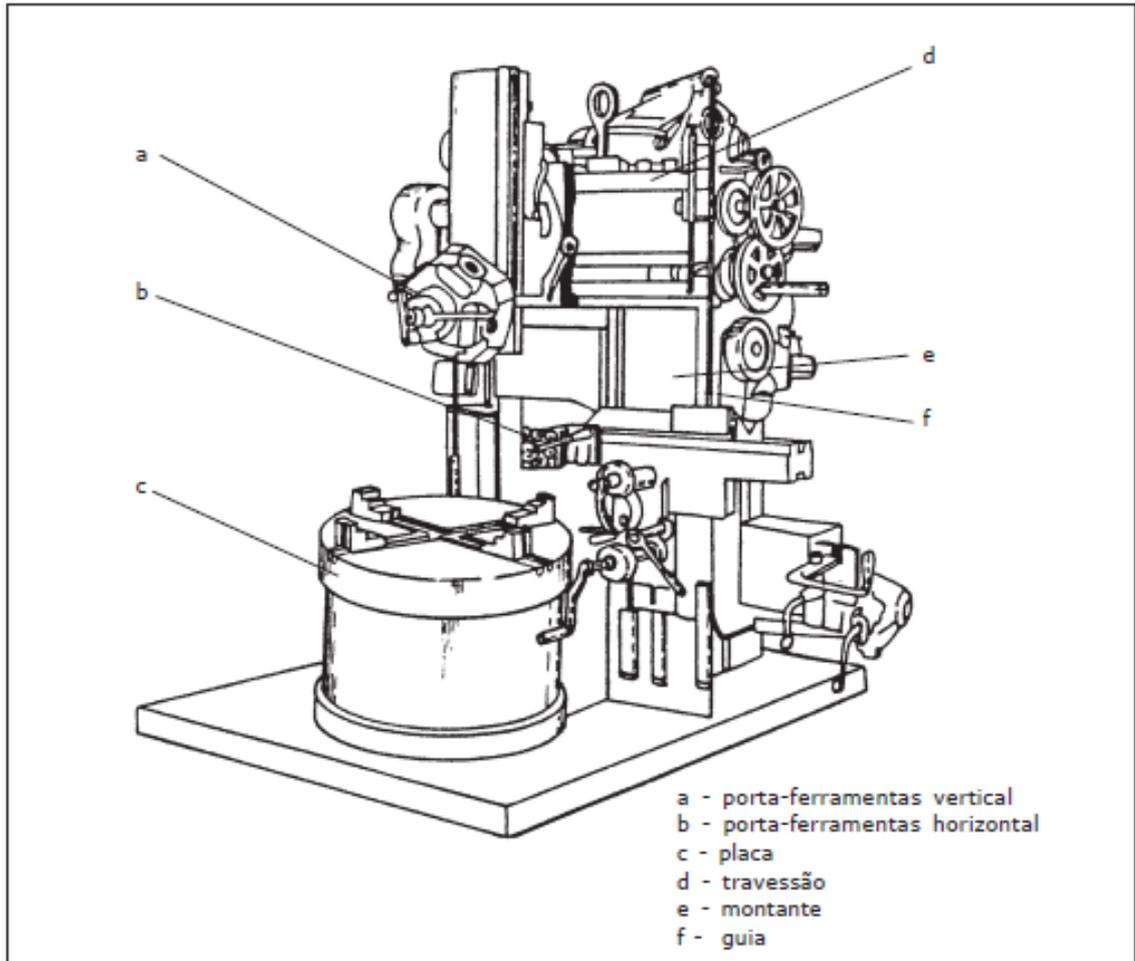


Figura 11: Torno vertical

### c) Tornos revólveres

Apresentam a característica fundamental, que é o emprego de várias ferramentas convenientemente dispostas e preparadas para realizar as operações em forma ordenada e sucessiva, e que obriga o emprego de dispositivos especiais, entre os quais o porta-ferramentas múltiplo, a torre-revólver, etc. É utilizado na confecção de peças em série (fig. 12).

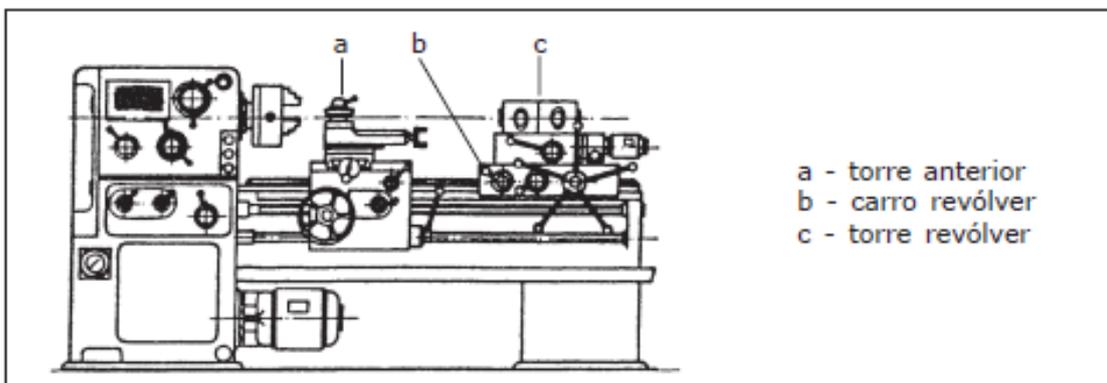


Figura 12: Torno revólver

Essas ferramentas devem ser montadas da forma seqüencial e racionalizada para que se alcance o objetivo visado, conforme na figura 13.

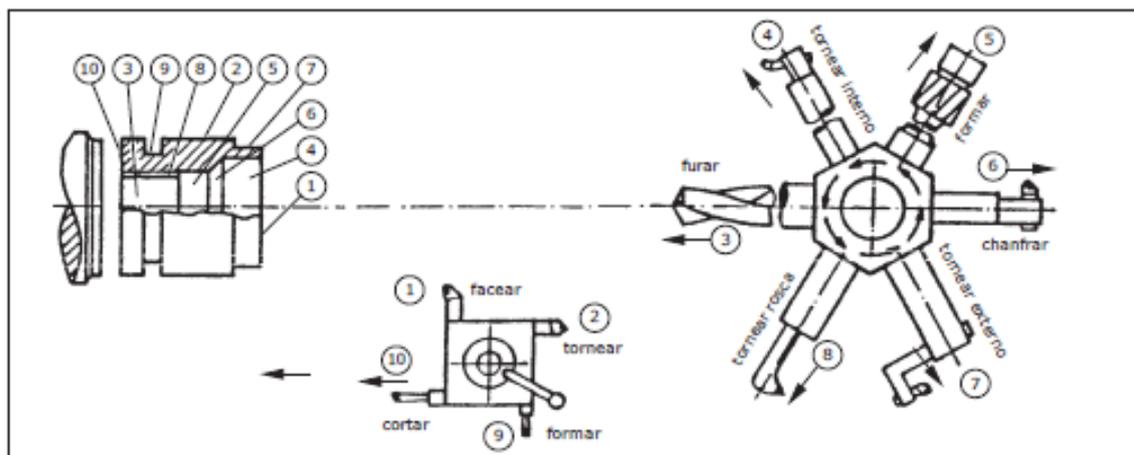


Figura 13: Ferramentas do torno revólver

Os tornos revólveres classificam-se em:

- Torno revólver horizontal;
- Torno revólver vertical.

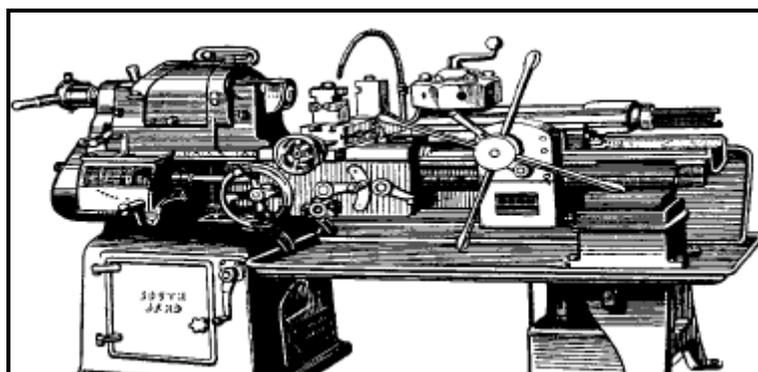


Figura 10: Torno revólver horizontal

Os tornos revólveres horizontal e vertical podem ser: Tornos semi-automáticos.

Nesses tornos há necessidade do operário substituir uma peça acabada por outra em estado bruto, no final da série de operações realizadas sucessivamente de forma automática.

A diferença fundamental entre eles e os automáticos é a seguinte:

Os tornos automáticos produzem peças partindo da matéria-prima, como barras, vergalhões, etc., com o avanço automático depois de cada ciclo de operações; os tornos semi-automáticos são apropriados especialmente para usinar peças de origem fundida, forjadas ou estampadas, as quais exigem uma colocação manual nos dispositivos de montagem que as fixam.

## Tornos automáticos

São máquinas nas quais todas as operações são realizadas sucessiva e automaticamente.

### d) Tornos especiais

A grande produção de peças em série tem desenvolvido os tornos de um modo extraordinário. Existem vários tipos de máquinas que realizam operações incríveis. Existem tornos que têm até quatro esperas num total de quinze ferramentas, cada uma com movimento diferente e independente. Todos esses tornos trabalham com grande velocidade usando ferramentas especiais.

O torno de placa ou platô é amplamente utilizado nas empresas que executam trabalhos de mecânica e caldeiraria pesada. É adotada para torneamento de peças de grande diâmetro, como polias, volantes, flanges etc. Por exemplo, usinam rodas para vagões que são notáveis pelo seu grande diâmetro e que são torneadas fixadas nos próprios eixos.

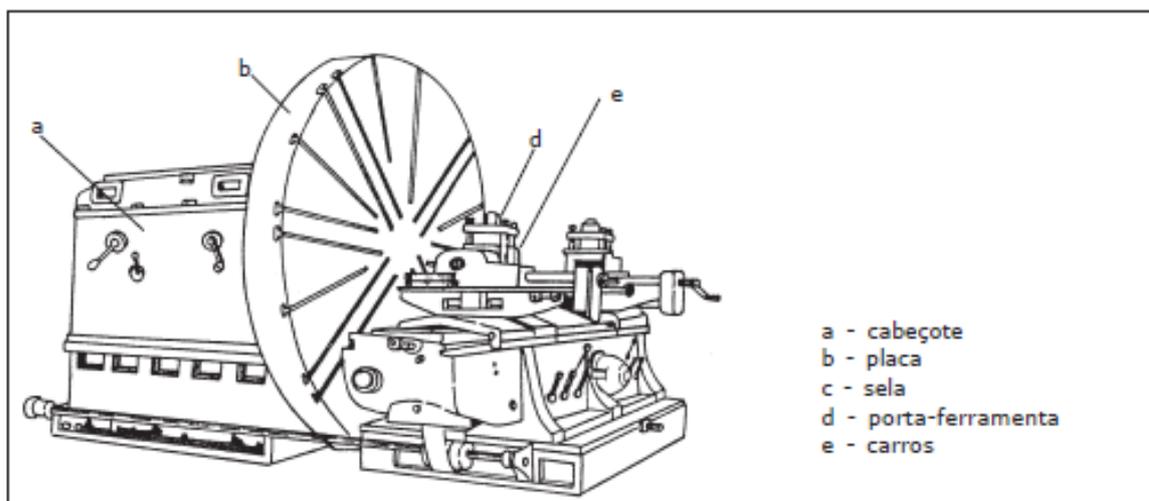


Figura 11: Torno de placa ou platô

No copiador hidráulico, um apalpador, em contato com o modelo, transmite o movimento através de um amplificador hidráulico que movimenta o carro porta-ferramentas, os movimentos que definem a geometria da peça são comandados por mecanismos que copiam o contorno de um modelo ou chapelona. Tem grande aplicabilidade e não deve ser utilizado em produções de peças pequenas, por ser antieconômico muito utilizados na fabricação de grandes séries de peças, são comandados por meio de cames, excêntricos e fim de curso.

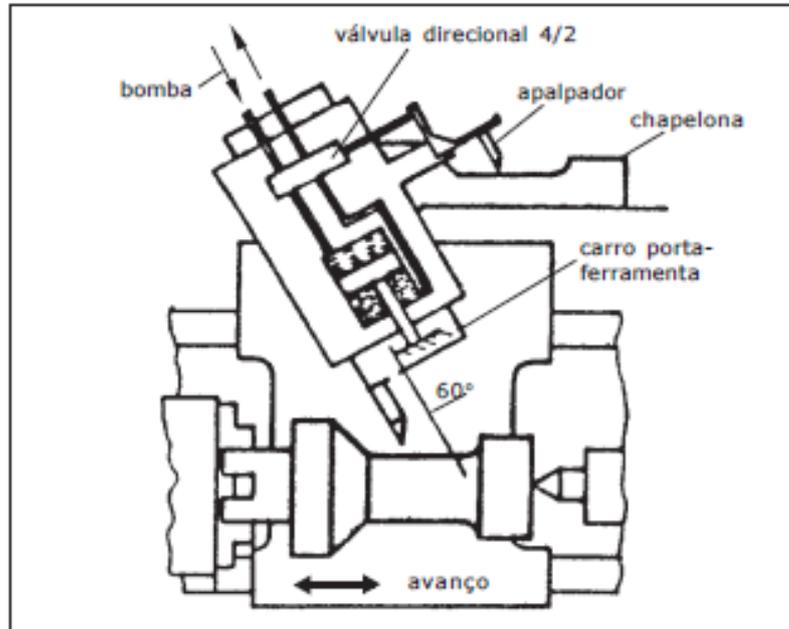


Figura 12: Torno copiador

Extraordinário também é o torno programador; sua capacidade de produção é muito grande, mas o seu alto tempo de preparação e ajuste, para início de nova série de peças, faz com que ele não seja viável para médios e pequenos lotes, daí o surgimento das máquinas CNC (comando numérico computadorizado) (Figura 13).

Pois atualmente, o estado da arte já contempla tornos de última geração, os chamados tornos CNC (Comando Numérico Computadorizado), onde são programadas e executadas peças em série.



Figura 13: Torno CNC

## 5. DEFINIÇÃO DE USINAGEM

- **DEFINIÇÃO** de usinagem, segundo a DIN 8580, aplica-se a todos os processos de fabricação onde ocorre a remoção de material sob a forma de cavaco.
- **CAVACO** é uma porção de material da peça retirada pela ferramenta, caracterizando-se por apresentar forma irregular.

O estudo da usinagem é baseado na mecânica (Atrito, Deformação), na Termodinâmica (Calor) e nas características dos materiais.

**“A maior parte de todos os produtos industrializados em alguma de suas etapas de produção, direta ou indiretamente sofre algum processo de usinagem”.**

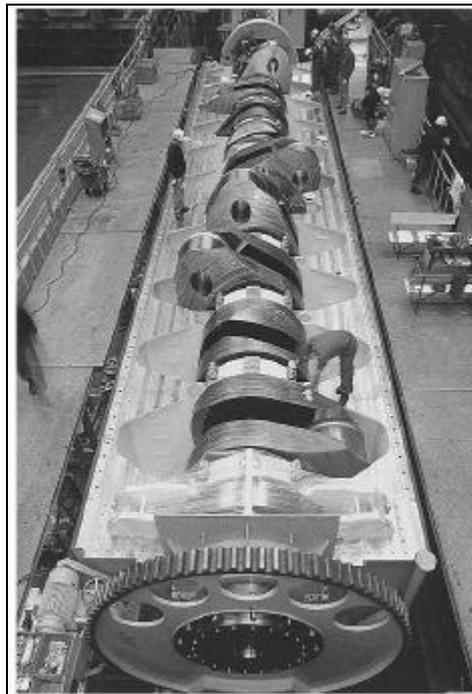


Figura 14: Exemplo de componentes de grande porte usinados

## 6. CLASSIFICAÇÃO DOS PROCESSOS DE USINAGEM

Todos os conjuntos mecânicos que nos cercam são formados por uma porção de peças: eixos, anéis, discos, rodas, engrenagens, juntas, suportes, parafusos, carcaças... Para que essas peças sirvam às necessidades para as quais

foram fabricadas, elas devem ter exatidão de medidas e um determinado acabamento em sua superfície.

Os processos de fabricação são possíveis fabricar essas peças de dois modos: **sem** a produção de cavacos, como nos processos metalúrgicos (fundição, laminação, trefilação etc.), e **com a** produção de cavacos, o que caracteriza todos os processos de usinagem.

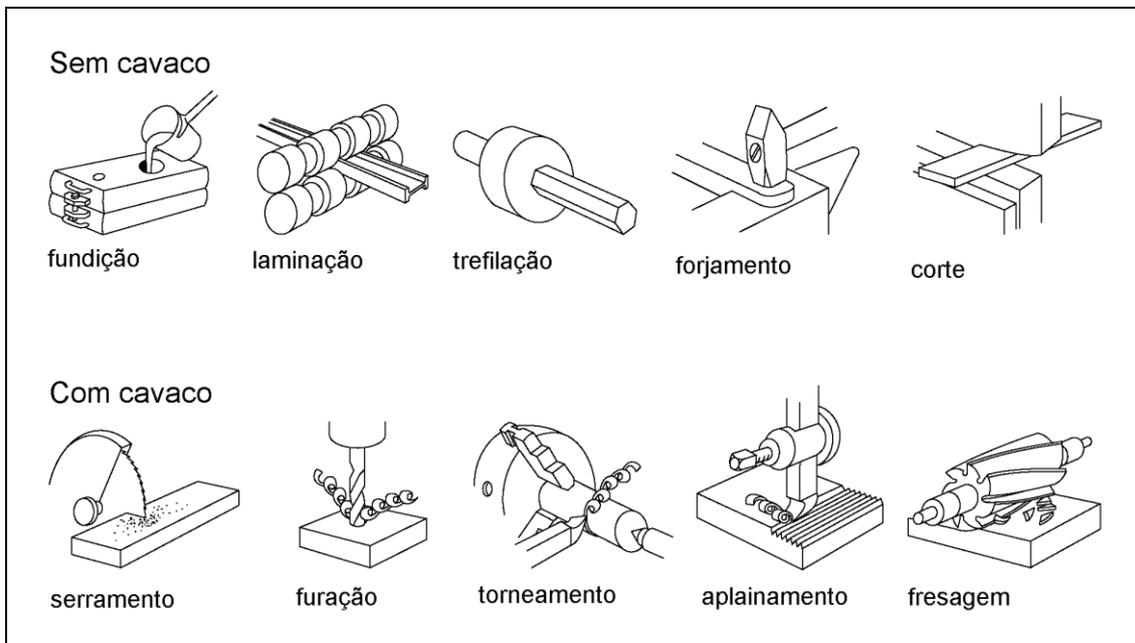


Figura 15: Processos de fabricação

Na maioria dos casos, as peças metálicas fabricadas por fundição ou forjamento necessitam de alguma operação posterior de usinagem. O que acontece é que essas peças geralmente apresentam superfícies grosseiras que precisam de melhor acabamento. Além disso, elas também deixam de apresentar saliências, reentrâncias, furos com rosca e outras características que só podem ser obtidas por meio da produção de cavacos, ou seja, da usinagem. Isso inclui ainda as peças que, por questões de produtividade e custos, não podem ser produzidas por processos de fabricação convencionais.

Os processos de usinagem são classificados da seguinte forma:

- Usinagem com Ferramenta de Geometria Definida

- Tornear
- Fresar
- Furar
- Roscar
- Alargar
- Brochar
- Serrar
- Plainar, outros

- Usinagem com Ferramentas de Geometria não Definida

- Retificar
- Brunir
- Lapidar
- Lixar
- Polir
- Jatear
- Tamborear, outros

- Usinagem por Processos Não Convencionais

- Remoção térmica
- Remoção Química
- Remoção Eletroquímica
- Remoção por ultra-som
- Remoção por jato d'água, outros

## 7. USINAGEM

**Conceituando:** É todo o processo pelo qual a forma de uma peça é modificada pela remoção progressiva de cavacos ou aparas de material metálico ou não-metálico.

**Ela permite:**

- acabamento de superfície de peças fundidas ou conformadas, fornecendo melhor aspecto e dimensões com maior grau de exatidão;
- possibilidade de abertura de furos, roscas, rebaixos etc.;
- custo mais baixo porque possibilita a produção de grandes quantidades de peças;
- fabricação de somente uma peça com qualquer formato a partir de um bloco de material metálico, ou não-metálico.

Do ponto de vista da estrutura do material, a usinagem é basicamente um processo de cisalhamento, ou seja, ruptura por aplicação de pressão, que ocorre na estrutura cristalina do metal.

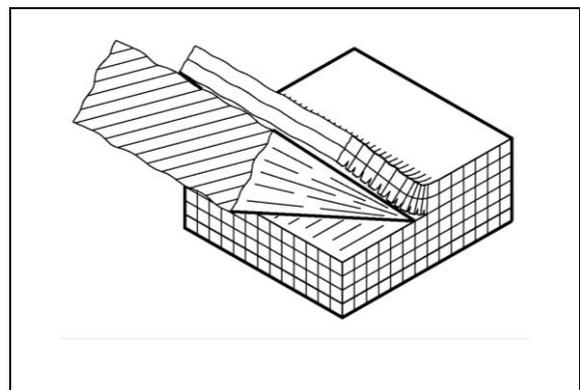


Figura 16: Processo de cisalhamento

A usinagem é uma enorme família de operações, tais como: *torneamento*, *aplainamento*, *furação*, *mandrilamento*, *fresamento*, *serramento*, *brochamento*,

roscamento, retificação, brunimento, lapidação, polimento, afiação, limagem, rasqueteamento.

As operações citadas acima podem ser feitas tanto manualmente como com o auxílio das máquinas operatrizes ou das máquinas-ferramenta. Por exemplo, usinagem manual é a operação de limar. Tornear, por sua vez, só se faz com uma máquina-ferramenta denominada torno.

Com ferramentas manuais como a talhadeira, a serra ou a lima, quer seja com ferramentas usadas em um torno, uma fresadora ou uma furadeira, o corte dos materiais é sempre executado pelo que chamamos de princípio fundamental, um dos mais antigos e elementares que existe: a **cunha**.

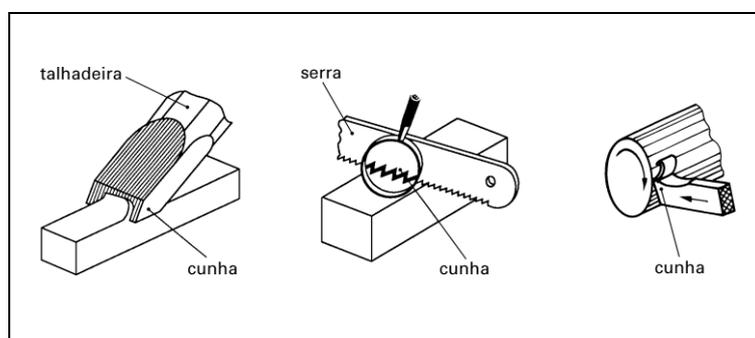


Figura 17: Exemplo de cunhas

A característica mais importante da cunha é o seu **ângulo de cunha** ou **ângulo de gume (c)**. Quanto **menor** ele for, **mais facilidade** a cunha terá para cortar. Assim, uma cunha mais aguda facilita a penetração da aresta cortante no material, e produz cavacos pequenos, o que é bom para o acabamento da superfície.

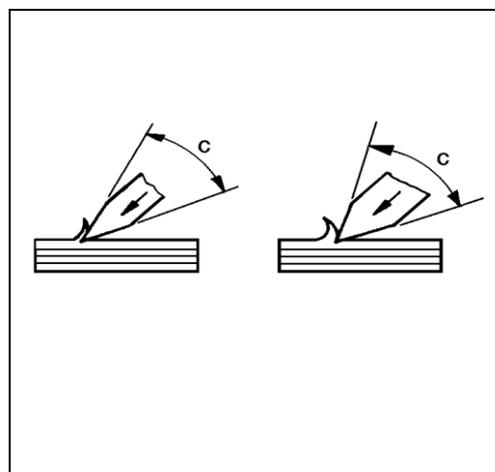
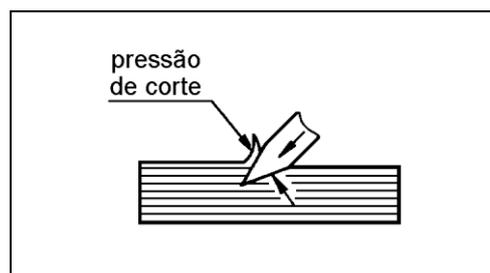


Figura 18: Exemplo de ângulos

Por outro lado, uma ferramenta com um ângulo muito agudo terá a resistência de sua aresta cortante diminuída. Isso pode danificá-la por causa da pressão feita para



executar o corte.



Figura 19: Pressão de corte

Qualquer material oferece certa **resistência ao corte**. Essa resistência será tanto maior quanto maiores forem a **dureza** e a **tenacidade** do material a ser cortado. Por isso, quando se constrói e se usa uma ferramenta de corte, deve-se considerar a resistência que o material oferecerá ao corte.

**Dureza:** é a capacidade de um material resistente ao desgaste mecânico.

**Tenacidade:** é a capacidade de um material de resistir à quebra.

Por exemplo, a cunha de um formão pode ser bastante aguda porque a madeira oferece pouca resistência ao corte.

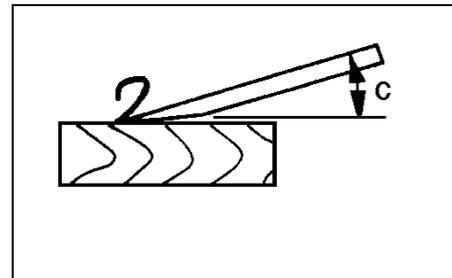


Figura 20: Cunha de um formão

Por outro lado, a cunha de uma talhadeira tem um ângulo mais aberto para poder penetrar no metal sem se quebrar ou se desgastar rapidamente.

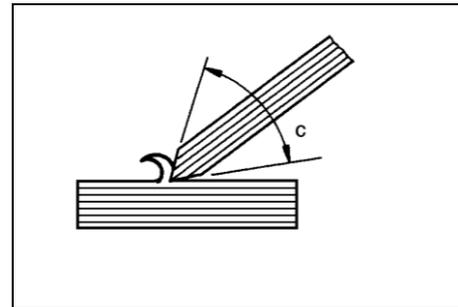


Figura 21: Cunha de um formão

Isso significa que a cunha da ferramenta deve ter um ângulo capaz de vencer a resistência do material a ser cortado, sem que sua aresta cortante seja prejudicada.

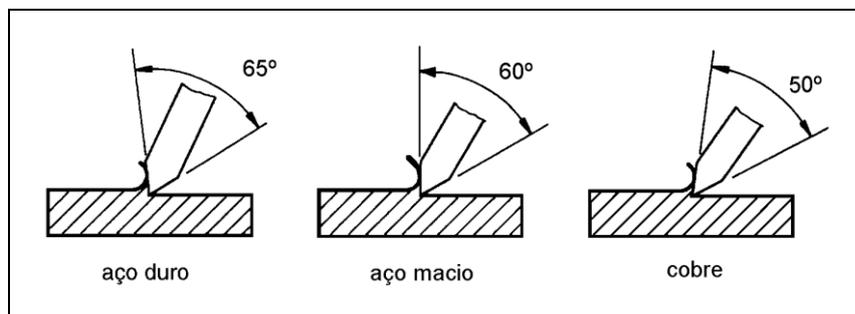


Figura 22: Ângulos das ferramentas

Porém, não basta que a cunha tenha um ângulo adequado ao material a ser cortado. Sua posição em relação à superfície que vai ser cortada também influencia decisivamente nas condições do corte.

Por exemplo, a ferramenta de plaina representada no desenho ao lado possui uma cunha adequada para cortar o material. Todavia, há uma grande área de atrito entre o topo da ferramenta e a superfície da peça.

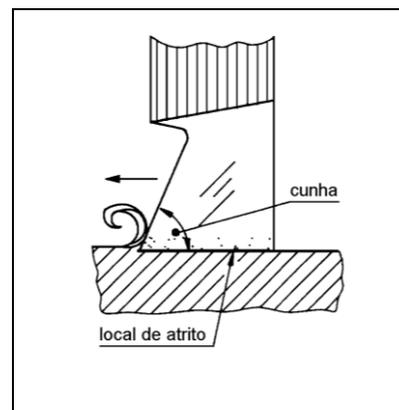


Figura 23: Ferramenta de plaina

Para solucionar esse problema, é necessário criar um **ângulo de folga** ou **ângulo de incidência (f)** que elimina a área de atrito entre o topo da ferramenta e o material da peça.

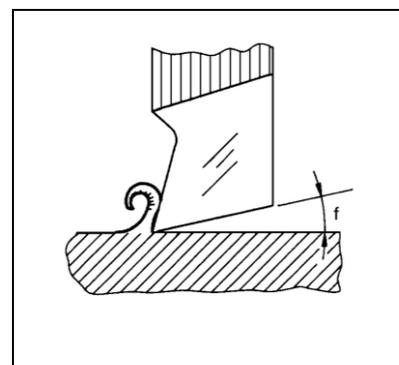


Figura 24: Ferramenta com ângulo de incidência

Além do **ângulo de cunha (c)** e do **ângulo de folga (f)**, existe ainda um outro muito importante relacionado à posição da cunha. É o **ângulo de saída (s)** ou **ângulo de ataque**.

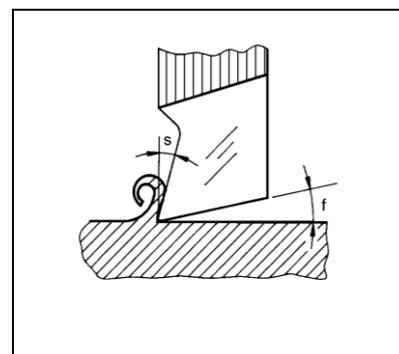


Figura 25: Ângulos de saída

Do ângulo de saída depende um maior ou menor atrito da superfície de ataque da ferramenta. A consequência disso é o maior ou o menor aquecimento da ponta da ferramenta. O ângulo de saída pode ser positivo, nulo ou negativo.

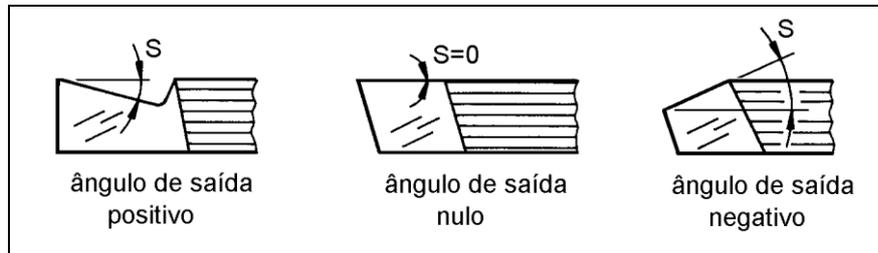


Figura 26: Tipos de ângulos de saída

Os ângulos de cunha, de folga e de saída foram denominados respectivamente de **c**, **f** e **s**. Esses ângulos podem ser representados respectivamente pelas letras gregas  $\beta$  (lê-se beta),  $\alpha$  (lê-se alfa) e  $\gamma$  (lê-se gama).

Para materiais que oferecem pouca resistência ao corte, o ângulo de cunha (**c**) deve ser mais agudo e o ângulo de saída (**s**) deve ser **maior**.

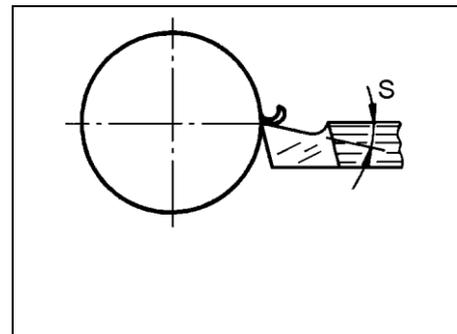


Figura 27: Ângulos de saída

Para materiais mais duros a cunha deve ser mais aberta e o ângulo de saída (**s**) deve ser menor.

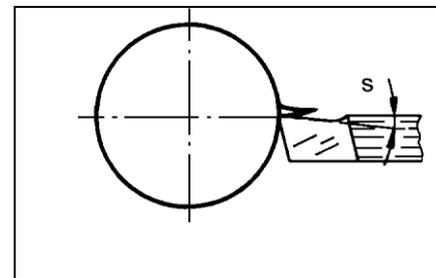


Figura 28: Ângulos de saída (s)

Para alguns tipos de materiais plásticos e metálicos com irregularidades na superfície, adota-se um ângulo de saída **negativo** para as operações de usinagem.

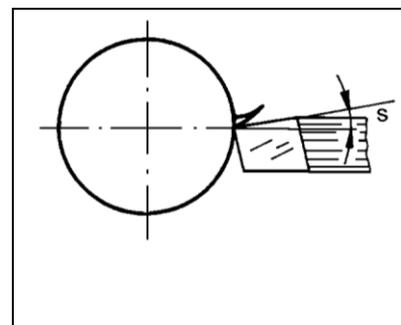


Figura 29: Ângulos de saída negativo

Todos esses dados sobre os ângulos representam o que chamamos de **geometria de corte**. Para cada operação de corte existem já calculados, os valores corretos para os ângulos da ferramenta a fim de se obter seu máximo rendimento. Esses dados são encontrados nos manuais de fabricantes de ferramentas.

A geometria de corte é realmente uma informação muito importante que o profissional de mecânica, principalmente o da área operacional, deve dominar.

Para trabalhar em metal com o auxílio de uma máquina-ferramenta que apresentar algumas características importantes.

A ferramenta deve ser **mais dura** nas temperaturas de trabalho que o metal que estiver sendo usinado. Essa característica se torna cada vez mais importante à medida que a velocidade aumenta, pois com o aumento da velocidade de corte, a temperatura na zona de corte também aumenta, acelerando o processo de desgaste da ferramenta. A essa propriedade chamamos de **dureza a quente**.

A ferramenta deve ser feita de com um material que, quando comparado ao material a ser usinado, deve apresentar características que mantenham seu desgaste no nível mínimo. Considerando-se que existe um aquecimento tanto da ferramenta quanto do material usinado, por causa do atrito, o material da ferramenta deve ser resistente ao **encruamento** e à **microssoldagem**.

**Encruamento:** é o endurecimento do metal após ter sofrido deformação plástica resultante de conformação mecânica.

**Microssoldagem:** é a adesão de pequenas partículas de material usinado ao gume cortante da ferramenta.

A ferramenta deve ser dura, mas não a ponto de se tornar quebradiça e de perder resistência mecânica. Ela deve ser de um material compatível, em termos de custo, com o trabalho a ser realizado. Qualquer aumento de custo com novos materiais deve ser amplamente compensado por ganhos de qualidade, produtividade e competitividade.

Do ponto de vista do manuseio, a ferramenta deve ter o mínimo atrito possível com a apara, dentro da escala de velocidade de operação. Isso é

importante porque influi tanto no desgaste da ferramenta quanto no acabamento de superfície da peça usinada.

Para que as ferramentas tenham essas características e o desempenho esperado, elas precisam ser fabricadas com o material adequado, que deve estar relacionado:

- à natureza do produto a ser usinado em função do grau de exatidão e custos;
- ao volume da produção;
- ao tipo de operação: corte intermitente ou contínuo, desbastamento ou acabamento, velocidade alta ou baixa etc.;
- aos detalhes de construção da ferramenta: ângulos de corte, e de saída, métodos de fixação, dureza etc.;
- ao estado da máquina-ferramenta;
- às características do trabalho.

Levando isso em consideração, as ferramentas podem ser fabricadas dos seguintes materiais:

- 1. Aço-carbono:** usado em ferramentas pequenas para trabalhos em baixas velocidades de corte e baixas temperaturas (até 200°C), porque a temperabilidade é baixa, assim como a dureza a quente.
- 2. Aços-ligas médios:** são usados na fabricação de brocas, machos, tarraxas e alargadores e não têm desempenho satisfatório para torneamento ou fresagem de alta velocidade de corte porque sua resistência a quente (até 400°C) é semelhante à do aço-carbono. Eles são diferentes dos aços-carbonos porque contêm cromo e molibdênio, que melhoram a temperabilidade. Apresentam também teores de tungstênio, o que melhora a resistência ao desgaste.
- 3. Aços rápidos:** apesar do nome, as ferramentas fabricadas com esse material são indicadas para operações de baixa e média velocidade de corte. Esses aços apresentam dureza a quente (até 600°C) e resistência ao desgaste. Para isso recebem elementos de liga como o tungstênio, o molibdênio, o cobalto e o vanádio.

4. **Ligas não-ferrosas:** têm elevado teor de cobalto, são quebradiças e não são tão duras quanto os aços especiais para ferramentas quando em temperatura ambiente. Porém, mantêm a dureza em temperaturas elevadas e são usadas quando se necessita de grande resistência ao desgaste. Um exemplo desse material é a estelite, que opera muito bem até 900°C e apresenta bom rendimento na usinagem de ferro fundido.
5. **Metal duro (ou carboneto sinterizado):** compreende uma família de diversas composições de carbonetos metálicos (de tungstênio, de titânio, de tântalo, ou uma combinação dos três) aglomerados com cobalto e produzidos por processo de sinterização. Esse material é muito duro e, portanto, quebradiço. Por isso, a ferramenta precisa estar bem presa, devendo-se evitar choques e vibrações durante seu manuseio. O metal duro está presente na ferramenta em forma de pastilhas que são soldadas ou grampeadas ao corpo da ferramenta que, por sua vez, é feito de metal de baixa liga. Essas ferramentas são empregadas para velocidades de corte elevadas e usadas para usinar ferro fundido, ligas abrasivas não-ferrosas e materiais de elevada dureza como o aço temperado. Opera bem em temperaturas até 1300°C.

Para você ter idéia de como são essas ferramentas, algumas delas estão exemplificadas na ilustração a seguir.



Figura 30: Ferramentas de metal duro

Ainda existem outros materiais usados na fabricação de ferramentas para usinagem, porém de menor utilização por causa de altos custos e do emprego em operações de alto nível tecnológico. Esses materiais são: cerâmica de corte, como a alumina sinterizada e o corindo, e materiais diamantados, como o diamante policristalínico (PCD) e o boro policristalínico (PCB).

## 8. TORNEAMENTO

A NBR 6175:1971 classifica torneamento como o processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de superfícies de revolução com auxílio de uma ou mais ferramentas monocortantes. Para tanto, a peça gira em torno do eixo principal de rotação da máquina e a ferramenta se desloca simultaneamente segundo uma trajetória coplanar com o referido eixo.

O processo que se baseia em três movimentos relativos (Figura 16) entre a peça e a ferramenta. São eles:

**1. Movimento de corte:** é o movimento principal que permite cortar o material. O movimento é rotativo e realizado pela peça.

**2. Movimento de avanço:** é o movimento que desloca a ferramenta ao longo da superfície da peça.

**3. Movimento de penetração:** é o movimento que determina a profundidade de corte ao se empurrar a ferramenta em direção ao interior da peça e assim regular a profundidade do passe e a espessura do cavaco.

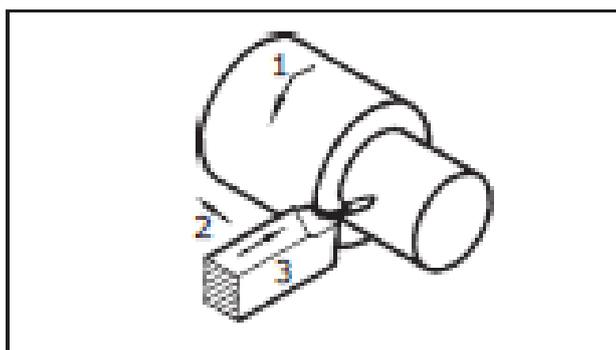


Figura 31: Movimentos empregados no torneamento

O torneamento é uma operação de usinagem que permite trabalhar peças cilíndricas movidas por um movimento uniforme de rotação em torno de um eixo fixo. Para tanto, a peça gira em torno do eixo principal de rotação da máquina e a ferramenta se desloca simultaneamente segundo uma trajetória coplanar com o

eixo referido. Quanto à forma da trajetória, o torneamento pode ser retilíneo ou curvilíneo.

O torneamento, como todos os demais trabalhos executados com máquinas-ferramenta, acontece mediante a retirada progressiva do cavaco da peça a ser trabalhada. O cavaco é cortado por uma ferramenta de um só gume cortante, que deve ter uma dureza superior à do material a ser cortado.

No torneamento, a ferramenta penetra na peça, cujo movimento rotativo uniforme ao redor do eixo A permite o corte contínuo e regular do material. A força necessária para retirar o cavaco é feita sobre a peça, enquanto a ferramenta, firmemente presa ao porta-ferramenta, contrabalança a reação desta força.

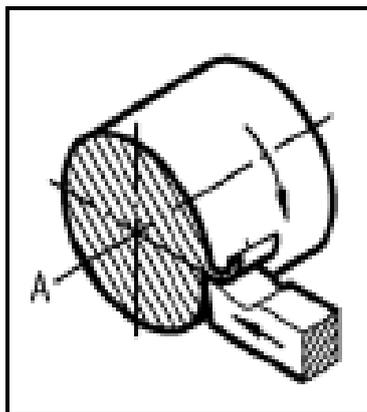


Figura 32: Retirada de cavaco da peça sendo usinada

## 8.1 Torneamento retilíneo

Processo de torneamento no qual a ferramenta se desloca segundo uma trajetória retilínea. O torneamento retilíneo pode ser:

**a) Torneamento cilíndrico** – Processo de torneamento no qual a ferramenta se desloca segundo uma trajetória paralela ao eixo principal de rotação da máquina. Pode ser externo (Figura 34 -a) ou interno (Figura 34 -b). Quando o torneamento cilíndrico visa obter na peça um entalhe circular, na face perpendicular ao eixo principal de rotação da máquina, o torneamento é denominado sangramento axial (Figura 34 -c).

**b) Torneamento cônico** – Processo de torneamento no qual a ferramenta se desloca segundo uma trajetória retilínea, inclinada em relação ao eixo principal de rotação da máquina. Pode ser externo (Figura 34 -d) ou interno (Figura 34 -e);

**c) Torneamento radial** - Processo de torneamento no qual a ferramenta se desloca segundo uma trajetória retilínea, perpendicular ao eixo principal de rotação da máquina. Quando o torneamento radial visa a obtenção de uma superfície plana, o torneamento é denominado torneamento de faceamento (Figura 34 -f). Quando o torneamento radial visa a obtenção de um entalhe circular, o torneamento é denominado sangramento radial (Figura 34 -g).

**d) Perfilamento** – processo de torneamento no qual a ferramenta se desloca segundo uma trajetória retilínea radial (Figura 34 -h) ou axial (Figura 33 -a), visando a obtenção de uma forma definida, determinada pelo perfil da ferramenta.

## 8.2 Torneamento curvilíneo

O torneamento curvilíneo é um processo onde a ferramenta se desloca segundo uma trajetória curvilínea (Figura 33-b). Quanto à finalidade, as operações de torneamento podem ser classificadas ainda em torneamento de desbaste e torneamento de acabamento. Entende-se por acabamento, a operação de usinagem destinada a obter na peça as dimensões finais, o acabamento superficial especificado, ou ambos. O desbaste é a operação de usinagem, que precede o acabamento, visando obter na peça a forma e dimensões próximas das finais

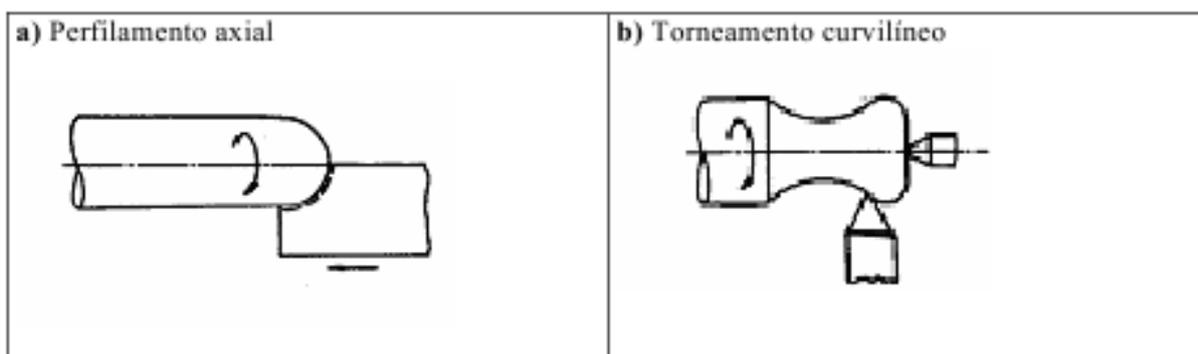


Figura 33: Tipos de Torneamentos

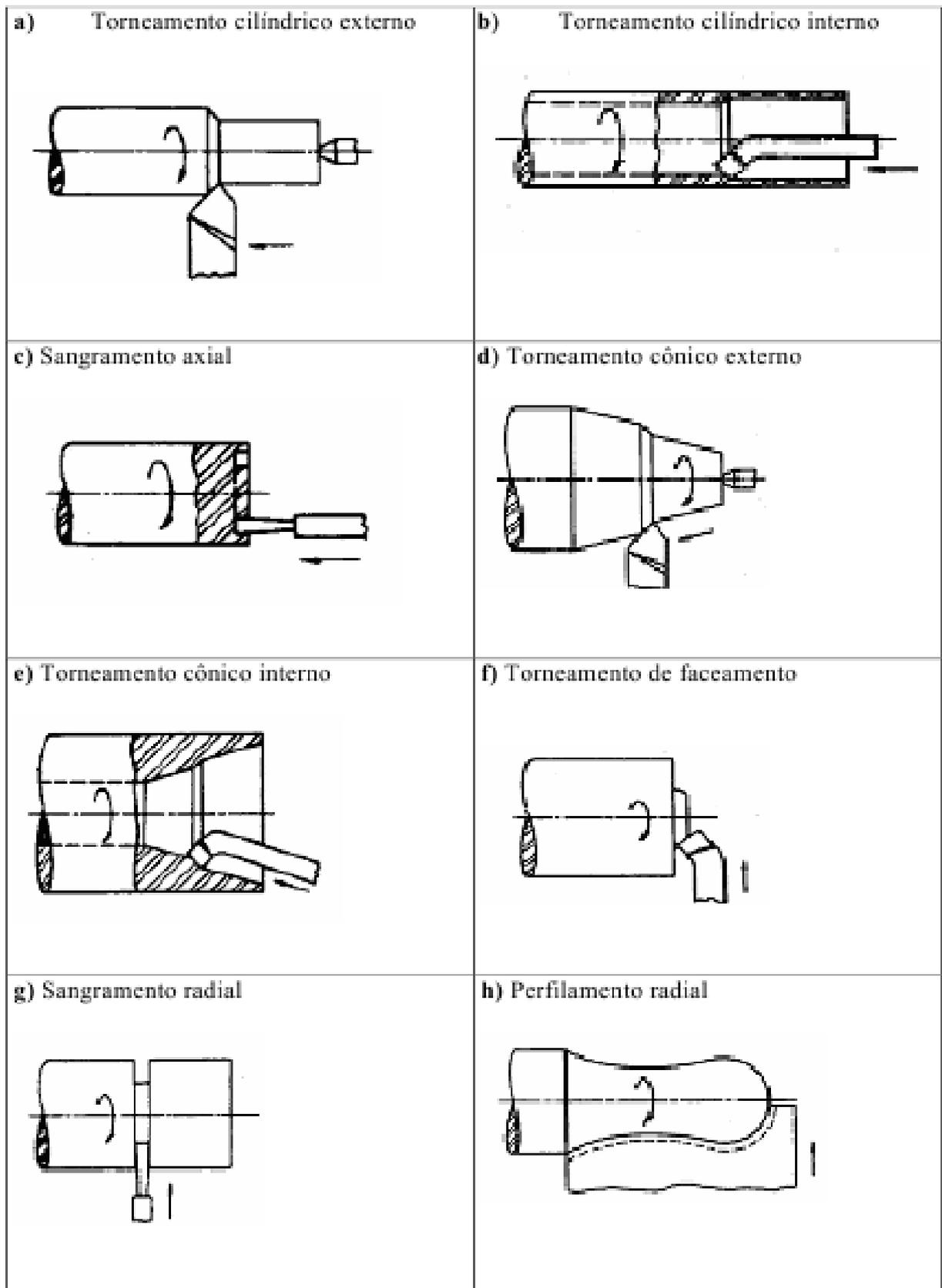


Figura 34: Tipos de Torneamentos

## 9. GRANDEZAS FÍSICAS NO PROCESSO DE CORTE

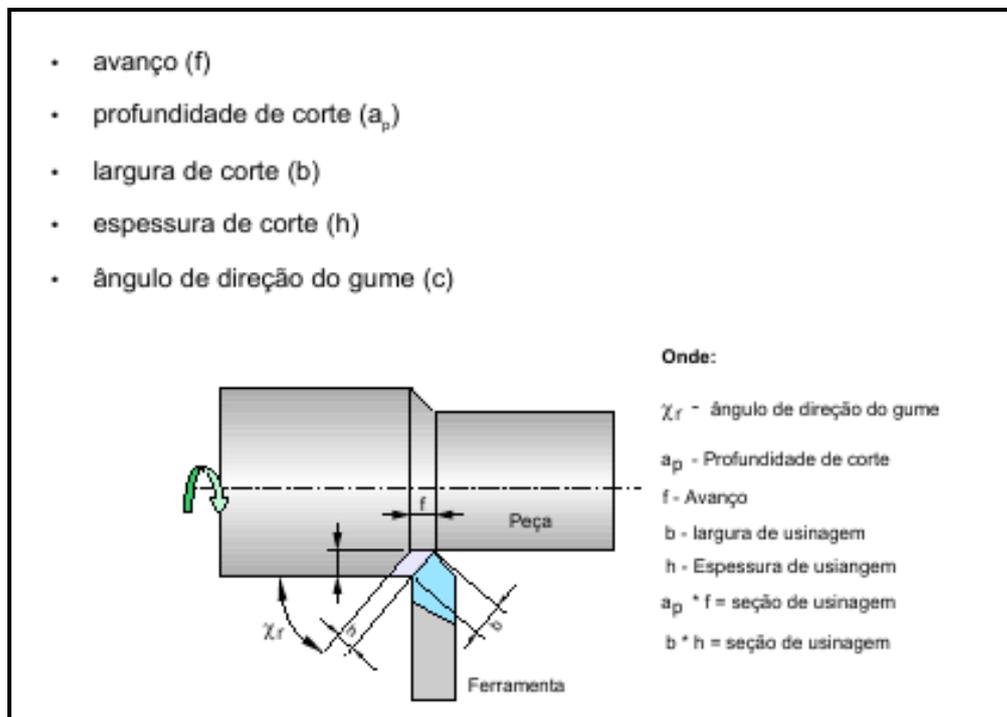
### 9.1 Movimentos no processo de usinagem

#### 9.1.1 Movimentos que causam diretamente a saída do cavaco:

1. **Movimento de corte:** movimento entre a peça e a ferramenta, no qual sem o movimento de avanço, origina uma única retirada do cavaco;
2. **Movimento de avanço:** movimento entre a peça e a ferramenta que juntamente com movimento de corte origina a retirada contínua de cavaco;
3. Movimento de aproximação e penetração: movimento resultante dos movimentos de corte e avanço realizado ao mesmo tempo.

#### 9.1.2 Movimentos que não tomam parte direta na formação do cavaco:

1. Movimento de aproximação;
2. Movimento de ajuste;
3. Movimento de correção;
4. Movimento de recuo.



## 9.2 Principais parâmetros de corte para o processo de torneamento

Parâmetros de corte são grandezas numéricas que definem, na usinagem, os diferentes esforços, velocidades, etc. a serem empregados. Eles nos auxiliam na obtenção de uma perfeita usinabilidade dos materiais, com a utilização racional dos recursos oferecidos por uma determinada máquina-ferramenta.

No quadro 1 abaixo estão os parâmetros de corte utilizados para as operações de torneamento.

Parâmetro	Símbolo
Avanço	A
Profundidade de corte	P
Área de corte	S
Tensão de ruptura	Tr
Pressão específica de corte	Ks
Força de corte	Fc
Velocidade de corte	Vc
Potência de corte	Pc

Quadro 1: Parâmetros de corte

Vejamos, então, cada parâmetro de corte separadamente e suas utilizações nas operações de torneamento.

### 9.2.1 Avanço (A)

No processo de torneamento, esse tipo de movimento é contínuo, mas também pode ser intermitente em seqüência de cortes, como na operação de aplainar.

A espessura do cavaco depende do movimento de avanço e a grandeza, basicamente, das características da ferramenta, e, principalmente, da qualidade exigida da superfície usinada. O movimento de avanço é feito pelo operador, mas pode ser automática também.

O avanço, por definição, é a velocidade de deslocamento de uma ferramenta em cada volta de 360° de uma peça (avanço em mm/rotação), conforme figura 36, ou por unidade de tempo (avanço em mm/minuto), conforme figura 37.

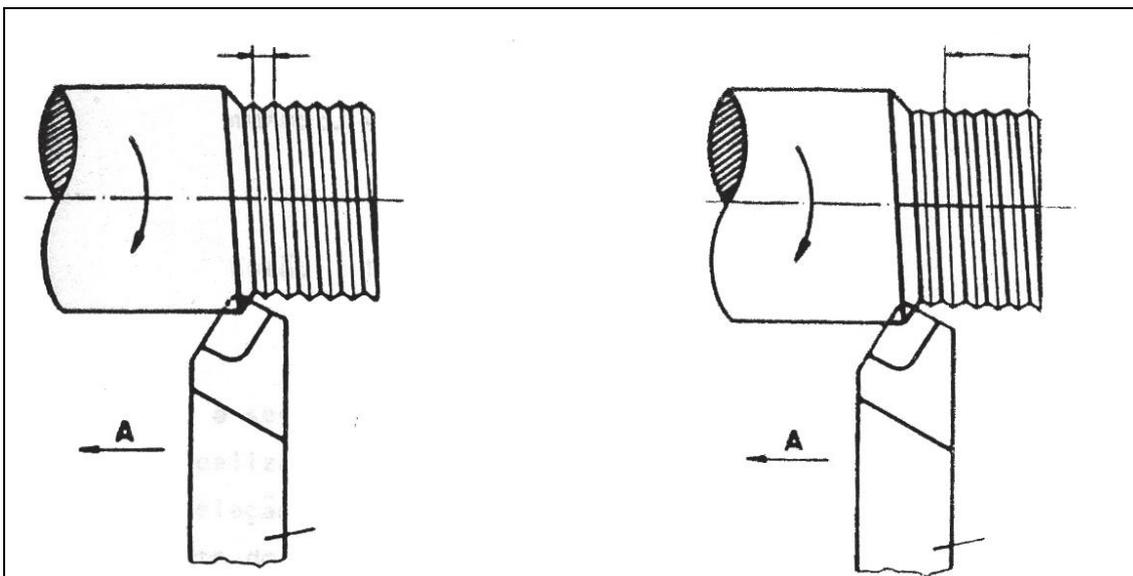


Fig. 36 - Avanço em mm/min  
A = 10mm/min. (A cada minuto de usinagem, a ferramenta se desloca 10mm)

Fig. 37 - Avanço em mm/rotação  
A = 3mm/rot. (A cada volta de 360° da peça, a ferramenta se desloca 3mm)

A escolha do avanço adequado deve ser feita levando-se em consideração o material, a ferramenta e a operação que será executada na usinagem. Os fabricantes de ferramentas trazem em seus catálogos os avanços adequados, já levando em consideração as variáveis acima citadas, testadas em laboratório.

Quando tem-se a unidade de avanço em mm/rot. e se deseja passar para mm/min. (ou vice e versa), utiliza-se a seguinte relação:

$$\text{Avanço (mm/min.)} = \text{Rotação por minutos} \times \text{Avanço (mm/rot.)}$$

Para facilitar o estabelecimento do avanço adequado nas operações de torneamento.

### 9.2.2 Profundidade de corte (P)

O movimento de aproximação e penetração serve para ajustar a profundidade (P) de corte, e, juntamente com o movimento de avanço (A), para determinar a secção do cavaco a ser retirado, como, no exemplo da figura 3. Esse

movimento pode ser realizado manual ou automaticamente e depende da potência da máquina, assim como da qualidade exigida da superfície a ser usinada.

Trata-se da grandeza numérica que define a penetração da ferramenta para a realização de uma determinada operação, possibilitando a remoção de certa quantidade de cavaco (Figura 38).

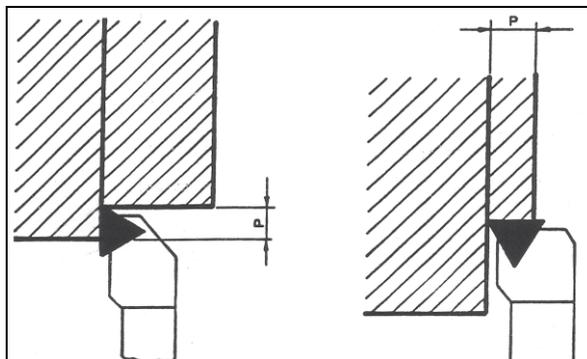


Figura 38: Profundidade de corte (P)s

Veja, na figura 39, uma representação desses três movimentos, acompanhando o sentido das setas  $V_c$  (para indicar o movimento de corte),  $a$  (para indicar o movimento de avanço) e  $p$  (para indicar o movimento de penetração).

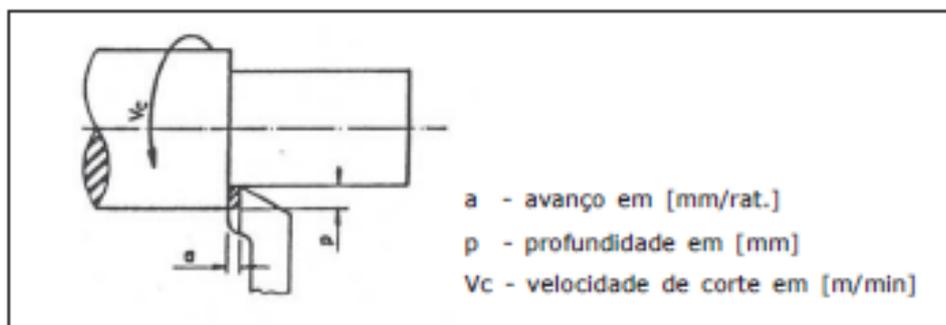


Figura 39: Representação dos três movimentos

### 9.2.3 Área de corte (S)

Constitui a área calculada da secção do cavaco que será retirada, definida como o produto da profundidade de corte (P) com o avanço (A) (Figura 40).

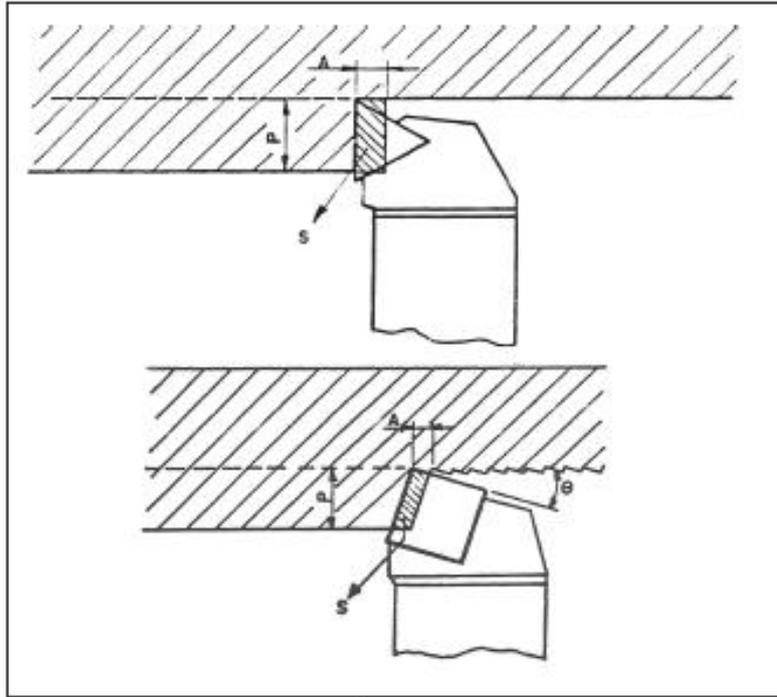


Figura 40: Área de corte (S)

**Onde:**

P = mm

A = mm/rot.

Então:

$$S = P \times A$$

#### 9.2.4 Tabela de tensão de ruptura (Tr)

É a máxima tensão (força) aplicada em um determinado material, antes do seu completo rompimento, tensão esta que é medida em laboratório, com aparelhos especiais. A unidade de tensão de ruptura é o kg/mm<sup>2</sup>.

A tabela 1 com os principais materiais comumente utilizados em usinagem e suas respectivas tensões de ruptura.

Material que será usinado	Tensão de Ruptura (kg/mm <sup>2</sup> )
Alumínio-bronze (fundido)	46 a 56
Alumínio	42
Bronze-manganês	42-49
Bronze-fósforo	35
Inconel	42
Metal (Monel) (Fundido)	53
Nicrome	46
Ferro Fundido Especial	28 a 46
Ferro Maleável (Fundido)	39
Aço sem liga	49
Aço-liga fundido	63-41
Aço-carbono:	
SAE 1010 (laminado ou forjado)	40
SAE 1020 (laminado ou forjado)	46
SAE 1030 (laminado ou forjado)	53
SAE 1040 (laminado ou forjado)	60
SAE 1060 (laminado ou forjado)	74
SAE 1095 (laminado ou forjado)	102
Aço-carbono de corte fácil:	
SAE 1112 (laminado ou forjado)	50
SAE 1120 (laminado ou forjado)	49
Aço-manganês:	
SAE 1315 (laminado ou forjado)	51
SAE 1340 (laminado ou forjado)	77
SAE 1350 (laminado ou forjado)	84
Aço-níquel:	
SAE 2315 (laminado ou forjado)	60
SAE 2330 (laminado ou forjado)	67
SAE 2340 (laminado ou forjado)	77
SAE 2350 (laminado ou forjado)	92
Aço-cromo-níquel:	
SAE 3115 (laminado ou forjado)	53
SAE 3135 (laminado ou forjado)	74
SAE 3145 (laminado ou forjado)	81
SAE 3240 (laminado ou forjado)	102
Aço-molibdênio:	
SAE (laminado ou forjado)	54
SAE 4140 (laminado ou forjado)	92
SAE 4340 (laminado ou forjado)	194
SAE 4615 (laminado ou forjado)	58
SAE 4640 (laminado ou forjado)	84
Aço-cromo:	
SAE 5120 (laminado ou forjado)	70
SAE 5140 (laminado ou forjado)	81
SAE 52100 (laminado ou forjado)	106
Aço-cromo-vanádio:	
SAE 6115 (laminado ou forjado)	58
SAE 6140 (laminado ou forjado)	93
Aço-silício-manganês:	
SAE 9255 (laminado ou forjado)	94
Aço inoxidável	84-159

Tabela 1: Tabela de tensão de ruptura (Tr)

### 9.2.5 Pressão específica de corte (Ks)

É, por definição, a força de corte para a unidade de área da seção de corte (S). Também é uma variável medida em laboratório, obtida mediante várias experiências, onde se verificou que a pressão específica de corte depende dos seguintes fatores: material empregado (resistência); secção de corte; geometria da

ferramenta; afiação da ferramenta; velocidade de corte; fluido de corte e rigidez da ferramenta.

### 9.2.6 Força de corte ( $F_c$ )

A força de corte  $F_c$  (também conhecida por força principal de corte) é, por definição, a projeção da força de usinagem sobre a direção de corte, conforme a figura 41.

Esse parâmetro resulta do produto da pressão específica de corte ( $K_s$ ) com a área de corte ( $S$ ).

A unidade é dada em kgf.

Então:

$$F_c = K_s \times S \text{ ou}$$

$$F_c = K_s \times P \times A$$

(pois  $S = P \times A$ )

Lembrando:

$P$  = profundidade de corte (mm)

$A$  = avanço (mm/rot.)

### 9.2.7 Velocidade de corte ( $V_c$ )

Por definição, a velocidade de corte ( $V_c$ ) é a velocidade circunferencial ou de rotação da peça. Dizemos, então, que em cada rotação da peça a ser torneada, o seu perímetro passa uma vez pela aresta cortante da ferramenta, conforme a figura 42.

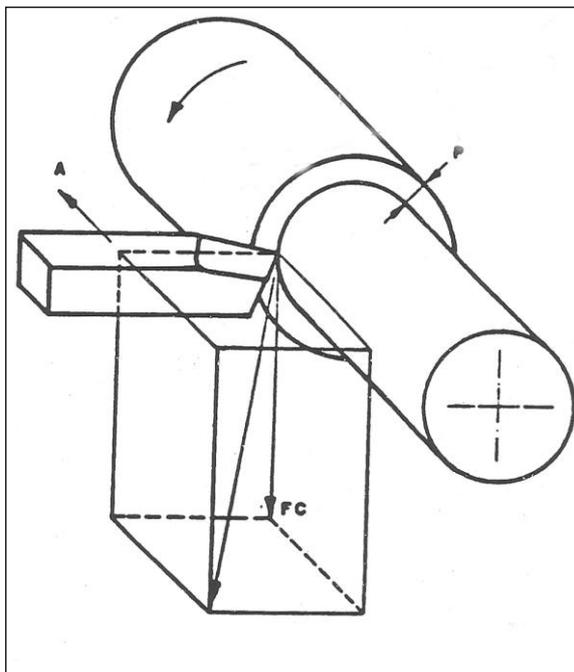


Figura 41: Área de corte ( $S$ )

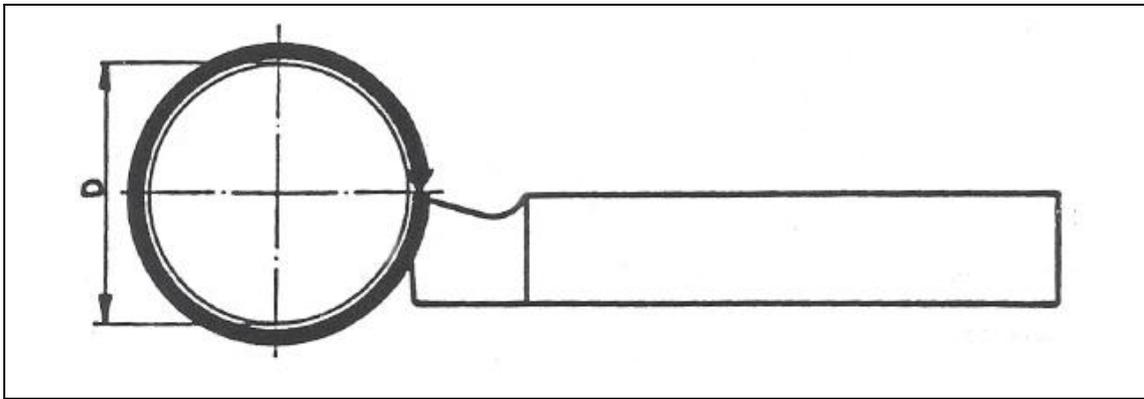


Figura 42: Área de corte (S)

A velocidade de corte é importantíssima no estabelecimento de uma boa usinabilidade do material (quebra de cavaco, grau de rugosidade e vida útil da ferramenta) e varia conforme o tipo de material; classe do inserto; a ferramenta e a operação de usinagem. É uma grandeza numérica diretamente proporcional ao diâmetro da peça e à rotação do eixo-árvore, dada pela fórmula:

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{1000}$$

Onde:

$V_c$  = velocidade de corte (metros/minuto)

$\pi$  = constante = 3,1416

$D$  = diâmetro (mm)

$N$  = rotação do eixo-árvore (rpm)

A maioria dos fabricantes de ferramenta informa, em tabela, a  $V_c$  em função do material e da classe do inserto utilizado. Nesse caso, calcula-se a rotação do eixo-árvore pela fórmula:

$$N = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot D}$$

Exemplo:

Utilizando-se uma  $V_c = 160\text{m/min}$ , qual é a rotação do eixo-árvore para a usinagem de uma peça de 60mm de diâmetro?

$$N = \frac{160 \cdot 1000}{\pi \cdot 60}$$

$N \cong 849 \text{ rpm}$

Tabelas de velocidades de corte destinadas à usinagem seriada de grandes lotes são tabelas completas que levam em conta todos os fatores que permitem trabalhar com parâmetros muito perto dos valores ideais. Podemos contar também com tabelas que levam em conta apenas o fator mais representativo, ou o mais crítico, possibilitando a determinação dos valores de usinagem de maneira mais simples e rápida (Tabela 2).

Materiais	Ferramentas de aço rápido			Ferramentas de carboneto-metálico	
	Desbaste	Acabamento	Roscar Recartilhar	Desbaste	Acabamento
Aço 0,35%C	25	30	10	200	300
Aço 0,45%C	15	20	8	120	160
Aço extraduro	12	16	6	40	60
Ferro fundido maleável	20	25	8	70	85
Ferro fundido gris	15	20	8	65	95
Ferro fundido duro	10	15	6	30	50
Bronze	30	40	10-25	300	380
Latão e cobre	40	50	10-25	350	400
Alumínio	60	90	15-35	500	700
Fibra e ebonite	25	40	10-20	120	150

Tabela 2: Velocidades de corte ( $V_c$ ) para torno (em metros por minuto)

<b>TABELA DE VELOCIDADE DE CORTE (V) PARA O TORNO</b> (EM METROS POR MINUTO)					
MATERIAIS	FERRAMENTAS DE AÇO RÁPIDO			FERRAMENTAS DE CARBONETO-METÁLICO	
	DESBASTE	ACABAMENTO	ROSCAR RECARTILHAR	DESBASTE	ACABAMENTO
AÇO 1020	25	30	10	200	300
AÇO 1045	20	25	8	120	160
AÇO EXTRADURO 1060	15	20	6	40	60
FERRO FUNDIDO MALEÁVEL	20	25	8	70	85
FERRO FUNDIDO GRIS	15	20	8	65	95
FERRO FUNDIDO DURO	10	15	6	30	50
BRONZE	30	40	10-25	300	380
LATÃO E COBRE	40	50	10-25	350	400
ALUMÍNIO	60	90	15-35	500	700
FIBRA E EBONITE	25	40	10-20	120	150

Tabela 3: Velocidades de corte ( $V_c$ ) para torno (em metros por minuto)

Utiliza-se as tabelas relacionando velocidade de corte e diâmetro de material, para a determinação da rotação ideal. Vejamos um tipo na tabela 3.

V m/min	Diâmetro do material em milímetros											
	6	10	20	30	40	50	60	70	80	90	10	120
6	318	191	96	64	48	38	32	27	24	21	19	16
9	477	287	144	96	72	57	48	41	36	32	29	24
12	636	382	191	127	96	76	64	54	48	42	38	32
15	794	477	238	159	119	96	80	68	60	53	48	40
19	1 108	605	303	202	152	121	101	86	76	67	60	50
21	1 114	669	335	223	168	134	112	95	84	74	67	56
24	1 272	764	382	255	191	152	128	109	96	85	76	64
28	1 483	892	446	297	223	178	149	127	112	99	89	75
30	1 588	954	477	318	238	190	159	136	119	106	95	80
36	1 908	1 146	573	382	286	230	191	164	143	127	115	96
40	2 120	1 272	636	424	318	254	212	182	159	141	127	106
45	2 382	1 431	716	477	358	286	239	205	179	159	143	120
50	2 650	1 590	795	530	398	318	265	227	199	177	159	133
54	2 860	1 720	860	573	430	344	287	245	215	191	172	144
60	3 176	1 908	954	636	477	382	318	272	239	212	191	159
65	3 440	1 070	1 035	690	518	414	345	296	259	230	207	173
72	4 600	2 292	1 146	764	573	458	382	327	287	255	229	191
85	4 475	2 710	1 355	903	679	542	452	386	339	301	271	226
120	6 352	3 816	1 908	1 272	945	764	636	544	477	424	382	318
243	12 900	7 750	3 875	2 583	1 938	1 550	1 292	1 105	969	861	775	646

Tabela 4: Rotações por minuto (RPM)

Vamos a um exemplo prático, considerando desbaste e acabamento, tomando as tabelas 2 e 4 e as fórmulas já apresentadas.

Para determinar a N (rpm) necessária para usinar um cilindro de aço 1020, com uma ferramenta de aço rápido, conforme desenho da figura 8, onde o valor de Ø100, “maior”, é para desbaste, enquanto o de Ø95, “menor”, é para acabamento.

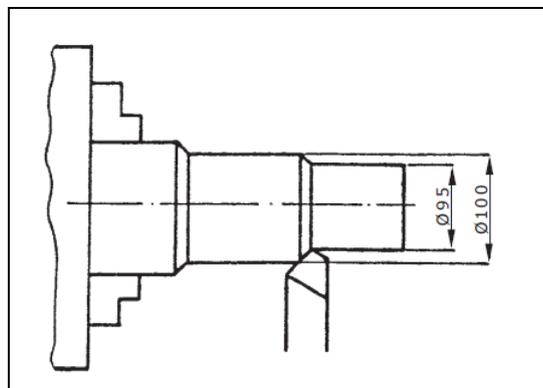


Figura 43: Desbaste e acabamento

Reúnem-se todos os dados necessários:

- Para desbaste  $\left\{ \begin{array}{l} \text{\textcircled{O}} \text{ de desbaste} \\ V_c \text{ de desbaste} \end{array} \right.$

- Para acabamento  $\left\{ \begin{array}{l} \text{\textcircled{O}} \text{ de acabamento} \\ V_c \text{ de acabamento} \end{array} \right.$

- A velocidade de corte obtém-se pela tabela.
- Monta-se a fórmula e substituem-se os valores.

### Solução para desbaste

$D = 100 \text{ mm}$  (Valor obtido na figura 43)

$$V_c = 25 \frac{\text{m}}{\text{min}} \quad (\text{Valor obtido na tabela 3 onde para materiais de aço } 0,35\%C \text{ o desbaste com ferramentas de aço rápido indica } V_c = 25)$$

$$N = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{25 \cdot 1000 \text{ mm}}{\pi \text{ mm} \cdot \text{min} \cdot 100} = 80 \frac{1}{\text{min}}$$

$$n \cong 80 \text{ rpm}$$

### Solução para desbaste

$D = 95 \text{ mm}$  (Valor obtido na figura 43)

$$V_c = 30 \frac{\text{m}}{\text{min}} \quad (\text{Valor obtido na tabela 2})$$

$$N = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot D}$$

$$N = \frac{30 \cdot 1000 \text{ mm}}{95 \cdot \pi \text{ mm} \cdot \text{min}} = 100 \frac{1}{\text{min}}$$

$$n = 100 \text{ rpm}$$

### 9.2.8 Potência de corte ( $P_c$ )

Potência de corte é a grandeza despendida no eixo-árvore para a realização de uma determinada usinagem.

É um parâmetro de corte que nos auxilia a estabelecer o quanto podemos exigir de uma máquina-ferramenta para um máximo rendimento, sem prejuízo dos componentes dessa máquina, obtendo-se assim uma perfeita usinabilidade.

É diretamente proporcional à velocidade de corte ( $V_c$ ) e à força de corte ( $F_c$ ).

$$P_c = \frac{F_c \cdot V_c}{\eta \cdot 60 \cdot 75} \quad \text{onde:} \quad F_c = K_s \times P \times A$$

$$P_c = \frac{K_s \cdot P \cdot A \cdot V_c}{\eta \cdot 4500}$$

onde:  $K_s$  = pressão específica de corte ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ )  
 $P$  = profundidade de corte (mm)  
 $A$  = avanço (mm/rot.)  
 $V_c$  = velocidade de corte (m/min)  
 $\eta$  = rendimento da máquina (%)  
 $P_c$  = potência de corte (CV)

Note que a  $P_c$  (potência de corte) é dada em CV (cavalo-vapor), utilizando-se corretamente os outros parâmetros em suas unidades mencionadas acima.

### **O rendimento ( $\eta$ )**

*Geralmente, em máquinas novas, tem-se um rendimento entre 70% e 80% (0,7 a 0,8). Em máquinas usadas, um rendimento entre 50% e 60% (0,5 a 0,6). O rendimento é uma grandeza que leva em consideração as perdas de potência da máquina por atrito, transmissão, etc.*

Quando se deseja obter a potência de corte ( $P_c$ ) em kw (quilowatt), basta transformar a unidade (da  $P_c$  que é CV) pela relação:

$$1 \text{ CV} = 0,736 \text{ kw}$$

O HP é também uma unidade de potência, e podemos considerar que 1 HP = 1 CV.

Na prática, também é fornecida a potência do motor principal da máquina-ferramenta.

Então, no lugar de calcularmos a  $P_c$  (potência de corte) e compararmos o resultado com a potência do motor, aplicamos a fórmula para o cálculo da profundidade de corte ( $P$ ) permitida de acordo com a potência fornecida pela máquina.

$$P = \frac{P_c \cdot \eta \cdot 4500}{K_S \cdot A \cdot V_C}$$

Visando consolidar o entendimento, vamos a um exemplo para cálculo da profundidade de corte ( $P$ ).

Dados:

- potência da máquina: 35kw
- $K_s = 230 \text{ kg/mm}^2$
- $A = 0,3 \text{ mm/rot.}$
- $V_c = 180 \text{ m/min.}$
- $\eta = 0,8$  (máquina nova)

Observe que não é dado o valor da potência de corte ( $P_c$ ), mas já foi indicado que  $P_c$  pode ser dada em cavalo-vapor (CV) que, por sua vez, pode ser transformada em kw e vice-versa.

Então, primeiramente, vamos obter  $P_c$  a partir de kw.

$$\begin{array}{l} 1 \text{ CV} \text{ _____ } 0,736 \text{ kw} \\ X \text{ _____ } 35 \text{ kw} \end{array}$$

$$X = \frac{35}{0,736} \rightarrow X = 47,55 \text{ CV}$$

Agora, aplicamos todos os valores à fórmula.

$$P = \frac{47,55 \times 0,8 \times 4500}{230 \times 0,3 \times 180}$$

$P = 13,78$

$P = 13 \text{ mm}$

Logo, a máxima profundidade de corte (P) permitida nas condições acima, para uma potência do motor principal da máquina de 35 kw (47,55 CV), é de 13mm.

### **9.2.9 Tempo de fabricação**

O tempo de fabricação abarca desde o começo até a entrega do produto de uma tarefa que não tenha sofrido interrupção anormal em nenhuma de suas etapas.

O tempo de fabricação engloba tempos de características diferentes, dentre os quais consta o tempo de usinagem propriamente dito, tecnicamente chamado tempo de corte ( $T_c$ ).

Senão, vejamos: preparar e desmontar a máquina se faz uma única vez por tarefa; já o corte se repete tantas vezes quantas forem as peças. Fixar, medir, posicionar resultam em tempo de manobra, operações necessárias, mas sem dar progresso na conformação da peça. Também podemos ter desperdícios de tempo ocasionados por quebra de ferramentas, falta de energia etc.

Vamos então, ao estudo de uma variável importante para a determinação do tempo de fabricação: o tempo de corte ( $T_c$ ).

#### **9.2.9.1 Tempo de corte ( $T_c$ )**

Também chamado tempo principal, é aquele em que a peça se transforma tanto por conformação (tirar material) como por deformação.

Nesta unidade só trataremos do cálculo do tempo de corte ( $T_c$ ) em que a unidade usual e adequada é o segundo ou o minuto.

$$T_c = [s; \text{min}]$$

#### **9.2.9.2 Cálculo do tempo de corte ( $T_c$ )**

Antes de vermos o tempo de corte propriamente dito, vamos recordar como se processa o cálculo do tempo em física. O tempo (t) necessário para que um

objeto realize um movimento é o quociente de uma distância S (comprimento) por uma velocidade V.

Se pensarmos no nosso trabalho, especificamente, o tempo para que a ferramenta execute um movimento é  $\frac{S \text{ (comprimento do corte)}}{V \text{ (avanço)}}$

### Exemplo

Um comprimento de 60mm deve ser percorrido por uma ferramenta com a velocidade (avanço) de 20mm/min. Qual o tempo necessário para percorrer essa distância?

### Solução

Fórmula geral  $t = \frac{S}{V}$

$$t = \frac{60\text{mm} \cdot \text{min}}{20\text{mm}} = 3 \text{ min}$$

Vejamos agora, a fórmula do  $T_c$ , considerando tais relações entre comprimento e velocidade.

Normalmente, o avanço (a) é caracterizado por milímetros de deslocamento por volta.

Através da fórmula do tempo, vemos que velocidade de avanço ( $V_a$ ) pode ser determinada pelo produto do avanço (mm) e da rotação (rpm).

$$V_a = a \cdot n \quad \left[ \frac{\text{mm} \cdot 1}{\text{min}} \right]$$

Portanto, a fórmula para o cálculo do tempo de corte pode ser:

$$T_c = \frac{S}{a \cdot n} \quad [\text{min}]$$

Conforme o desenho e a notação da figura 9, e levando em conta o número de passes (i), podemos ter a fórmula completa:

$$T_c = \frac{L \cdot i}{a \cdot N} \quad [\text{min}]$$

Onde:  $L$  = eixo de comprimento  
 $i$  = nº de passes (movimentos)  
 $a$  = avanço  
 $N$  = rotação por minuto

Vejamos um exemplo de aplicação desta fórmula em um processo de torneamento longitudinal.

### Exemplo

#### a) Torneamento longitudinal

Um eixo de comprimento  $L = 1\,350$  mm;  
 $V_c = 14$  m/min; diâmetro  $\varnothing = 95$  mm;  
avanço  $a = 2$  mm, deve ser torneado longitudinalmente com 3 passes.

#### Rotações da máquina:

24 – 33,5 – 48 – 67 – 96 – 132/min

#### Calcule

- rpm
- Tempo de corte  $T_c$

#### Solução

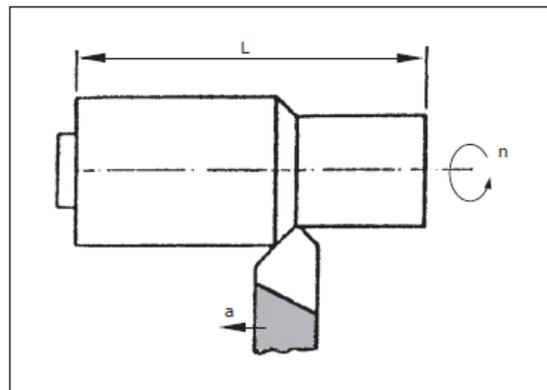


Figura 44: Peça do exemplo

1º passo: calcular  $N = \text{rpm}$

$$a) N = \frac{V_c \cdot 1000}{d \cdot \pi}$$

$$N = \frac{14 \cdot 1000}{95 \text{mm} \cdot \pi \text{min}} = 46,93/\text{min}$$

$$N = 48$$

2º passo: calcular o Tempo de corte

$$b) T_c = \frac{L \cdot i}{a \cdot n}$$

$$T_c = \frac{1350 \text{ mm} \cdot 3}{2 \text{mm} \cdot \frac{48}{\text{min}}} = 42 \text{ min}$$

### b) Torneamento transversal

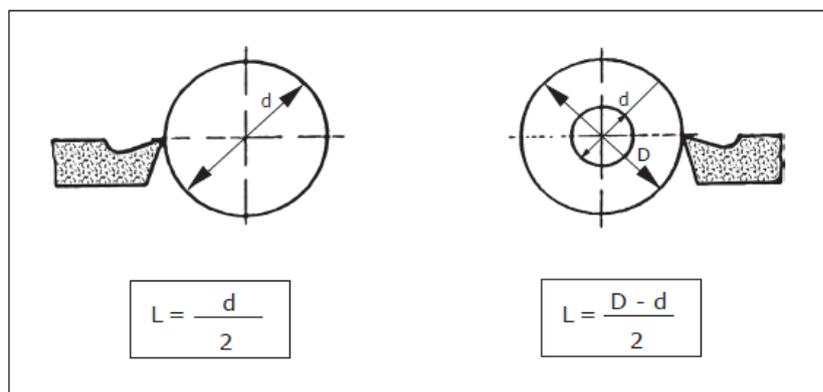


Figura 45: Desbaste e acabamento

O cálculo de  $T_c$  neste tipo de torneamento é o mesmo que para o torneamento longitudinal, sendo que o comprimento  $L$  é calculado em função do diâmetro da peça.

### 9.3 Composição das forças de corte

Durante a formação de cavacos, forças geradas pelo corte atuam tanto na ferramenta quanto na peça. Tais forças devem ser equilibradas, em direção e

sentido, pela peça e pelos dispositivos de fixação da máquina. A figura 46 ilustra a representação espacial dessas forças que podem ser aplicadas a outros processos de usinagem.

$F_c$  = Força de corte – depende do material e dos ângulos da ferramenta.

$F_a$  = Força de avanço.

$F_p$  = Força causada pela penetração.

$F_r$  = Força resultante de  $F_p + F_a$

$F$  = Força total para cortar – é a resultante de  $F_c + F_r$ . Ela influi na fixação da peça e da ferramenta.

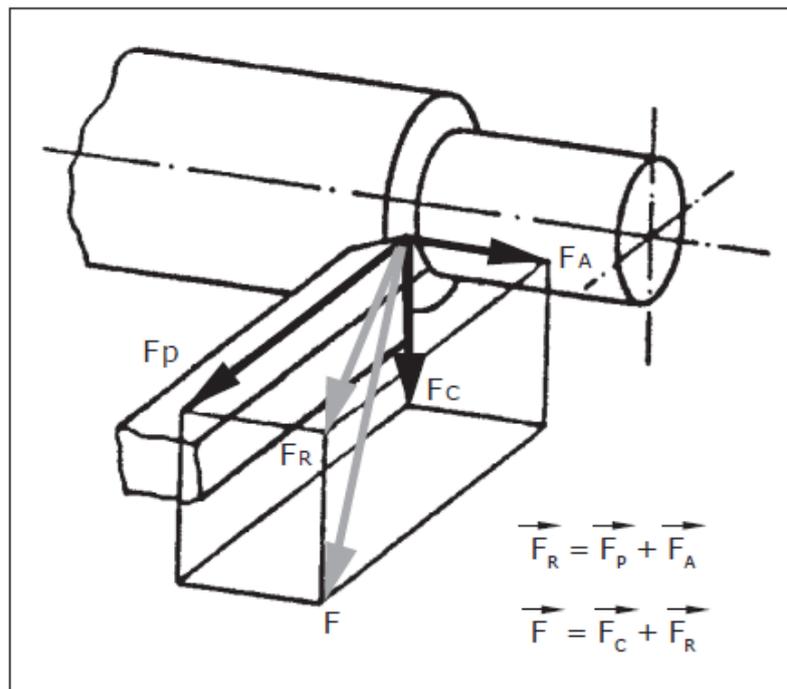


Figura 46: Composição das forças

A força de corte  $F_c$  é básica para cálculos de potência e é calculada em função da secção do cavaco e do material a ser utilizado, aplicando  $K_s$ , força específica, à fórmula. Os valores de  $K_s$  de cada material são determinados e tabelados.

$$F_c = S \cdot K_s$$

$F_c$  = força de corte [N]

$S$  = área da secção do cavaco [mm<sup>2</sup>]

$K_s$  = força específica de corte do material [N/mm<sup>2</sup>]

O processo de usinagem exige um circuito fechado de força entre peça e ferramenta. Por isso, para obter boas superfícies é preciso que este circuito seja o mais rígido possível.

A necessidade de movimentos relativos ferramenta-peça (velocidade de corte, avanço e penetração) preconiza necessidade de máquinas-ferramenta de guiamento robustas que garantam a trajetória desejada e dispositivos de regulagem de folga dos deslocamentos durante a usinagem, entre outros.



*São vários os fatores que influem no acabamento superficial da peça.*

*Veja alguns.*

- 1. Processo de usinagem*
- 2. Aspecto construtivo da máquina*
- 3. Velocidade de corte*
- 4. Ferramenta (material, ângulos, afiação, etc.)*
- 5. Refrigeração e suas propriedades (resfriar, lubrificar, transportar cavacos etc.)*

## 9.4 Secção do cavaco

A secção (área) do cavaco (S) no processo de usinagem é calculada em função da profundidade (P) e do avanço (A)

$$S = A \cdot P$$

em mm<sup>2</sup>

**S = secção (área) do cavaco (mm<sup>2</sup>)**

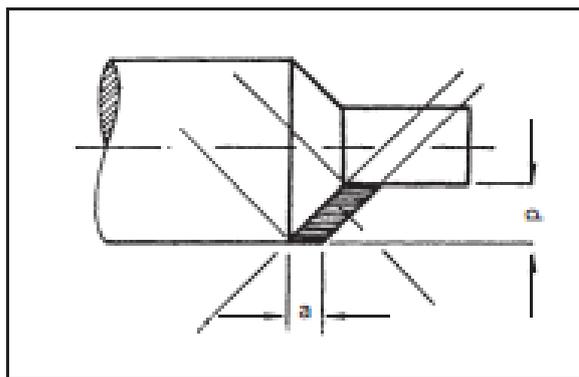


Figura 47: Secção de cavaco

## 10. NOMENCLATURA DO TORNO MECÂNICO E ACESSÓRIOS

### 10.1 O Torno Mecânico

O torneamento é a operação por intermédio da qual um sólido indefinido é feito girar ao redor do eixo da **máquina operatriz** que executa o trabalho de usinagem (o **torno**) ao mesmo tempo em que uma ferramenta de corte lhe retira material periféricamente, de modo a transformá-lo numa peça bem definida, tanto em relação à forma como às dimensões.

### 10.2 Principais partes de um torno universal.

O torno é formado por diversas partes que são unidas por muitos órgãos de ligação. No torno de produção moderna quase todos os órgãos em movimento não estão à vista, mas são protegidos por caixas para preservar o operador de acidentes, segundo as normas contra acidentes e para dar à máquina, um perfil estético funcional.

É obvio que, para compreensão, suas partes sejam abordadas com a exata nomenclatura. Assim, as partes principais são: os pés, o barramento, os carros, a espera, os cabeçotes, o fuso, a vara, as grades, o indicador de quadrantes, o copiador para cones, o esbarro para movimento automático etc.

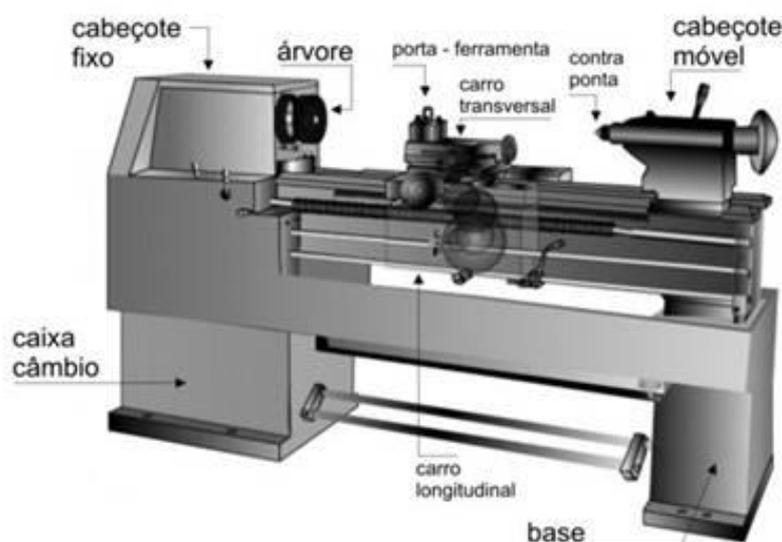


Figura 48: Torno mecânico

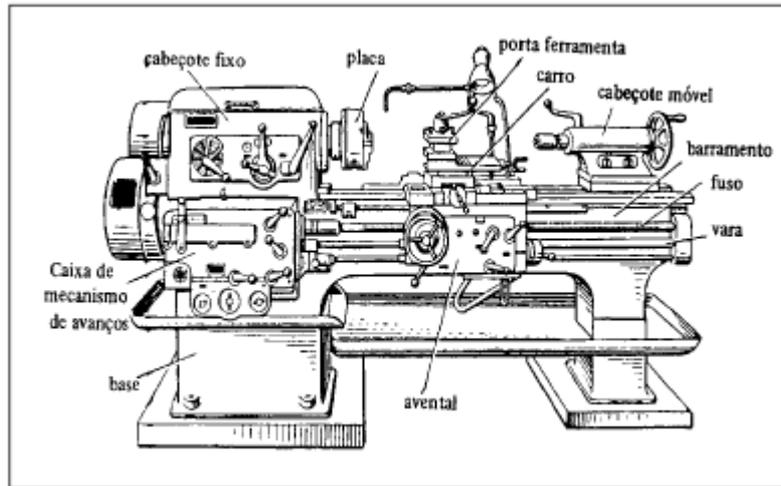


Figura 49: Torno mecânico

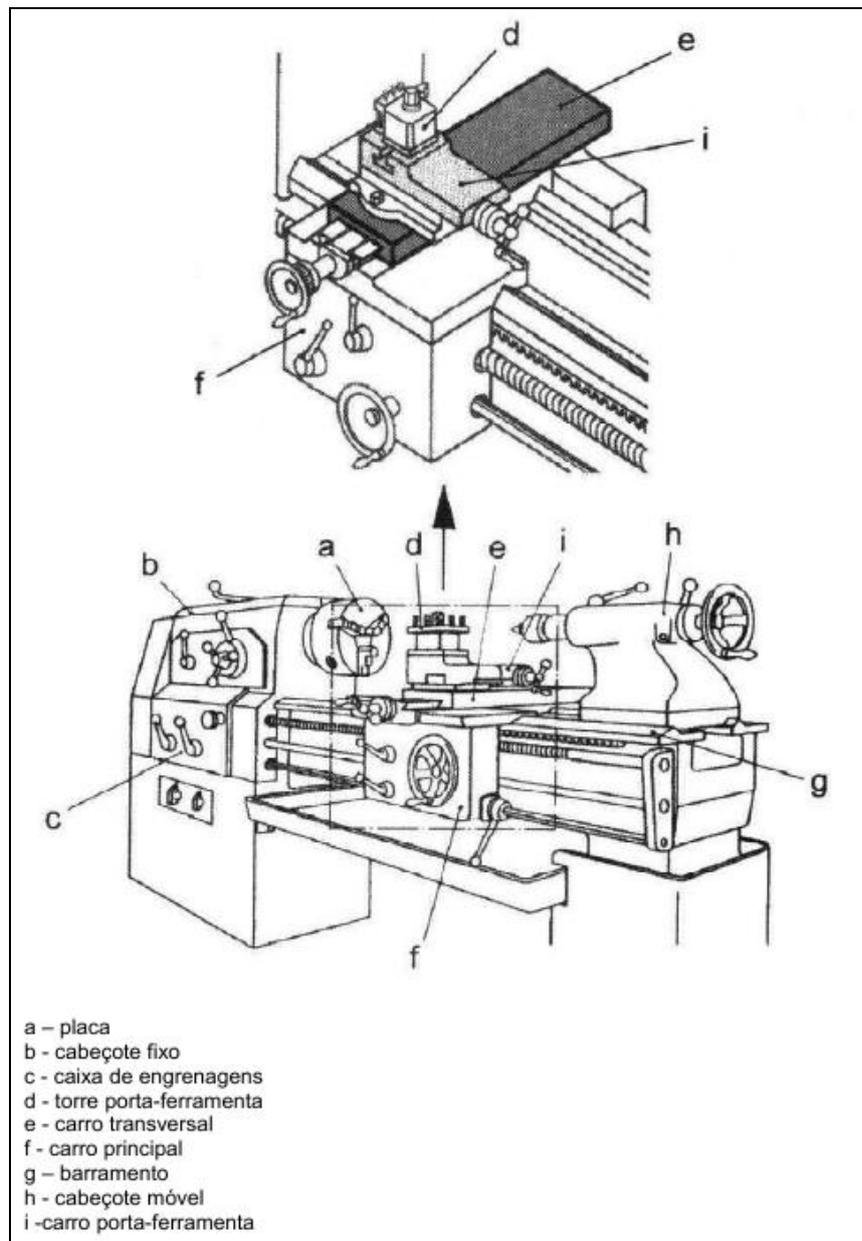


Figura 50: Torno mecânico

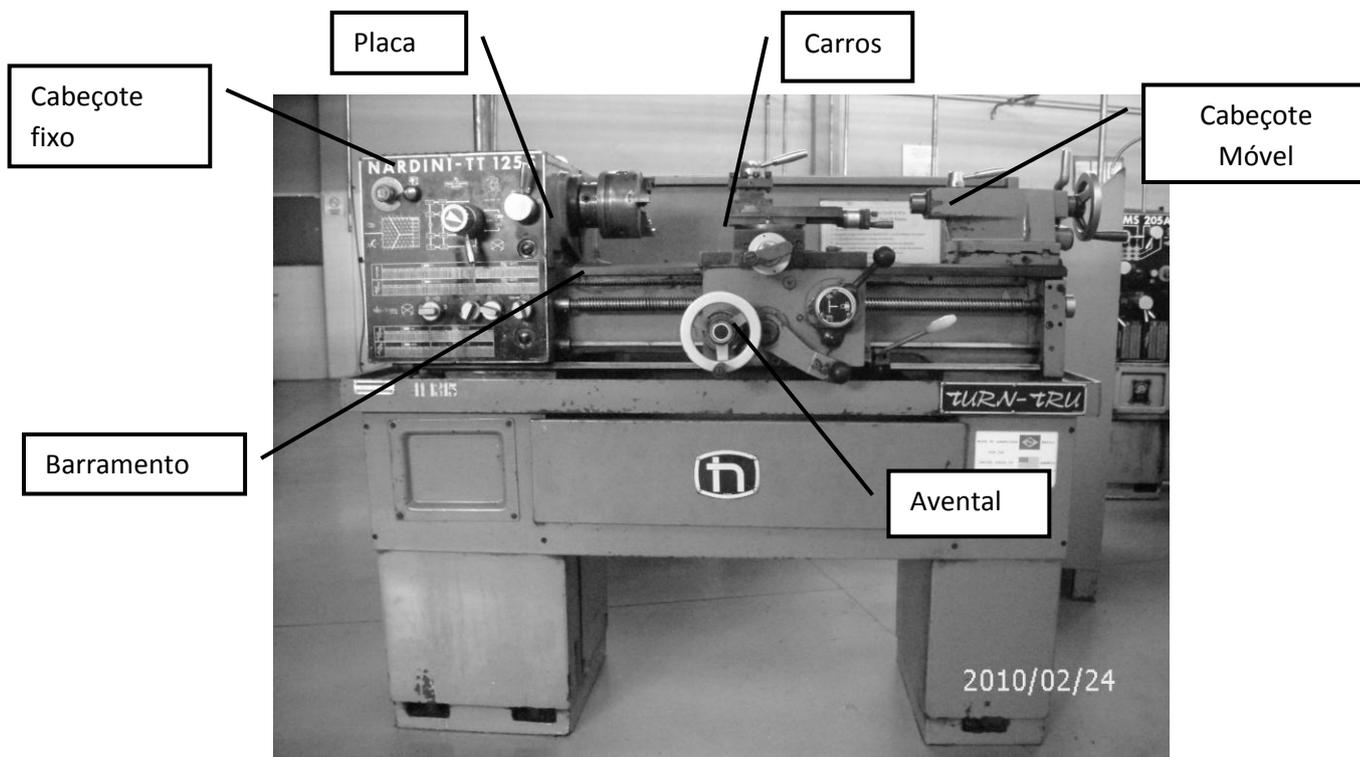


Figura 51: Torno mecânico do Curso Técnico Eletromecânica

### **Avental**

É o painel onde encontram-se o manípulo do carro longitudinal e as alavancas de comando dos movimentos automáticos dos carros longitudinais e transversal.

### **Barramento**

São superfícies planas e paralelas que suportam as partes principais do torno, servindo de guia para o carro e cabeçote móvel no deslizamento longitudinal.

Há dois tipos de barramento: o liso e o prismático.

Na parte superior do barramento existem guias com perfis trapezoidais que, além de resistirem à pressão de trabalho do carro, servem também para o perfeito alinhamento entre os cabeçotes, fixo e móvel.

Na parte inferior do barramento existe a cremalheira para o movimento manual do carro longitudinal.

Alguns tornos possuem no barramento uma abertura chamada “cava”, que serve para aumentar a capacidade do torno no torneamento de peças de grandes diâmetros, sendo para isto necessário a retirada do “calço da cava”.

### **Cabeçote fixo**

É a extremidade esquerda do torno, onde situam-se a placa, a árvore (eixo principal do torno onde se fixa a placa), a caixa de velocidades e a caixa de avanços.

É a parte mais importante do torno; fixado ao barramento, tem como finalidade principal, transmitir movimento de rotação à peça, ao fuso e à vara.

Sua peça principal chama-se “árvore” e é constituída por um eixo oco retificado em toda a sua extensão, tendo as extremidades apoiadas sobre mancais e uma das extremidades, geralmente, roscada onde é colocada a placa.

A árvore, devido a sua forma oca, permite o torneamento de peças de grandes comprimentos, e por possuir a parte frontal cônica, permite adaptação de pontos, hastes de ferramentas, mandris e pinças.

Geralmente no cabeçote fixo existe o mecanismo da dobra, que permite reduzir a velocidade do eixo do cabeçote (árvore) aumentando assim a sua potência.

### **Cabeçote móvel**

É um dispositivo de apoio para peças longas que através de um cone Morse pode fixar um contra-ponto (mancal de apoio para a peça em forma de cone) ou um mandril para fixação de brocas para a realização de furos na peça usinada.

É um conjunto de peças que desliza sobre o barramento, destinado a apoiar peças, principalmente quando entre pontos, por meio de pontos e, em alguns casos, prender e conduzir ferramentas de corte como brocas, alargadores, etc.

É composto de base, corpo, canhão ou mangote com volante e dispositivo de fixação

### **Carros**

Conjunto composto por 3 carros (longitudinal, transversal e orientável) que serve para a fixação e deslocamento da ferramenta em relação a peça.

### **Placa**

Dispositivo para fixação da peça a ser usinada.

### **Pés (base)**

Solidamente fixados no solo da oficina, sustentam todas as peças do torno.

## 10.2.1 Cabeçote Fixo

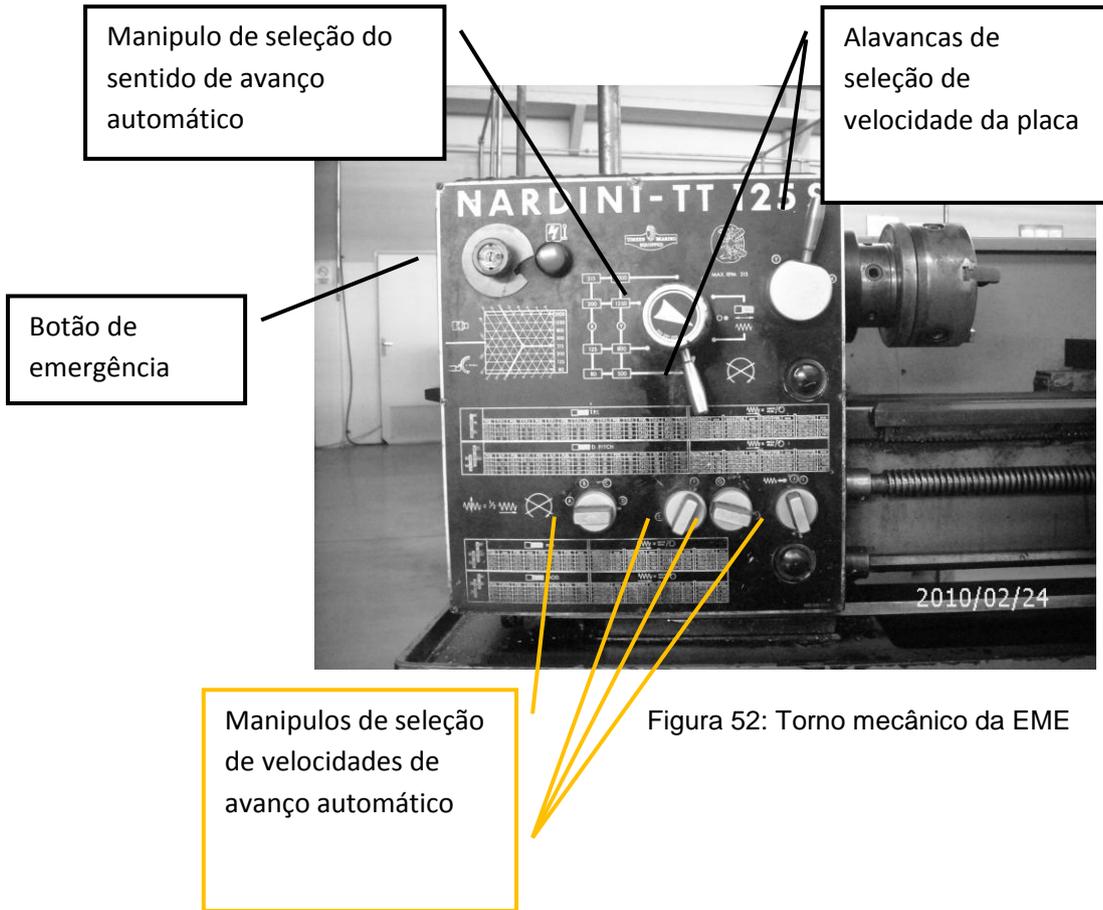


Figura 52: Torno mecânico da EME

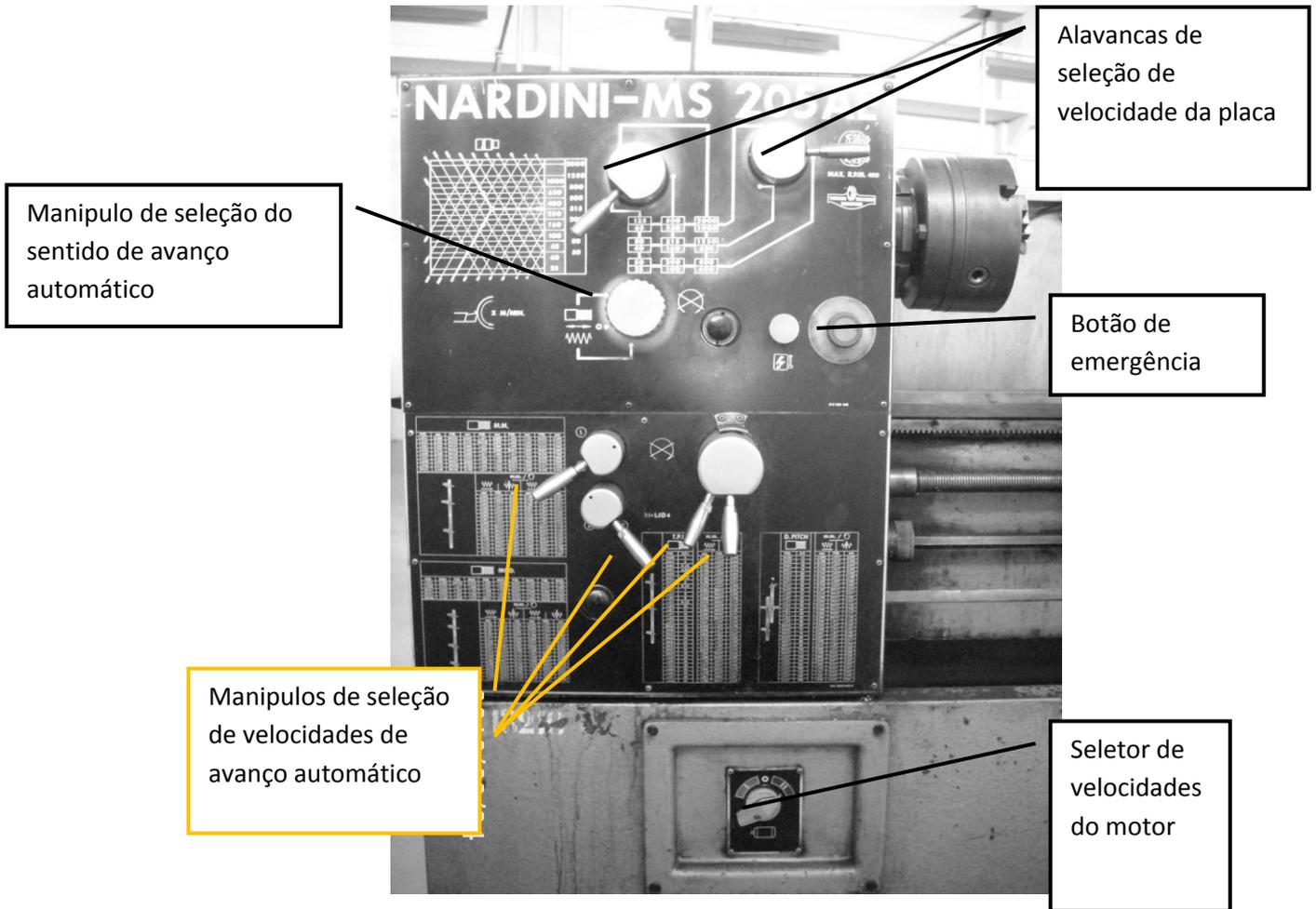


Figura 53: Torno mecânico do Curso Técnico Eletromecânica

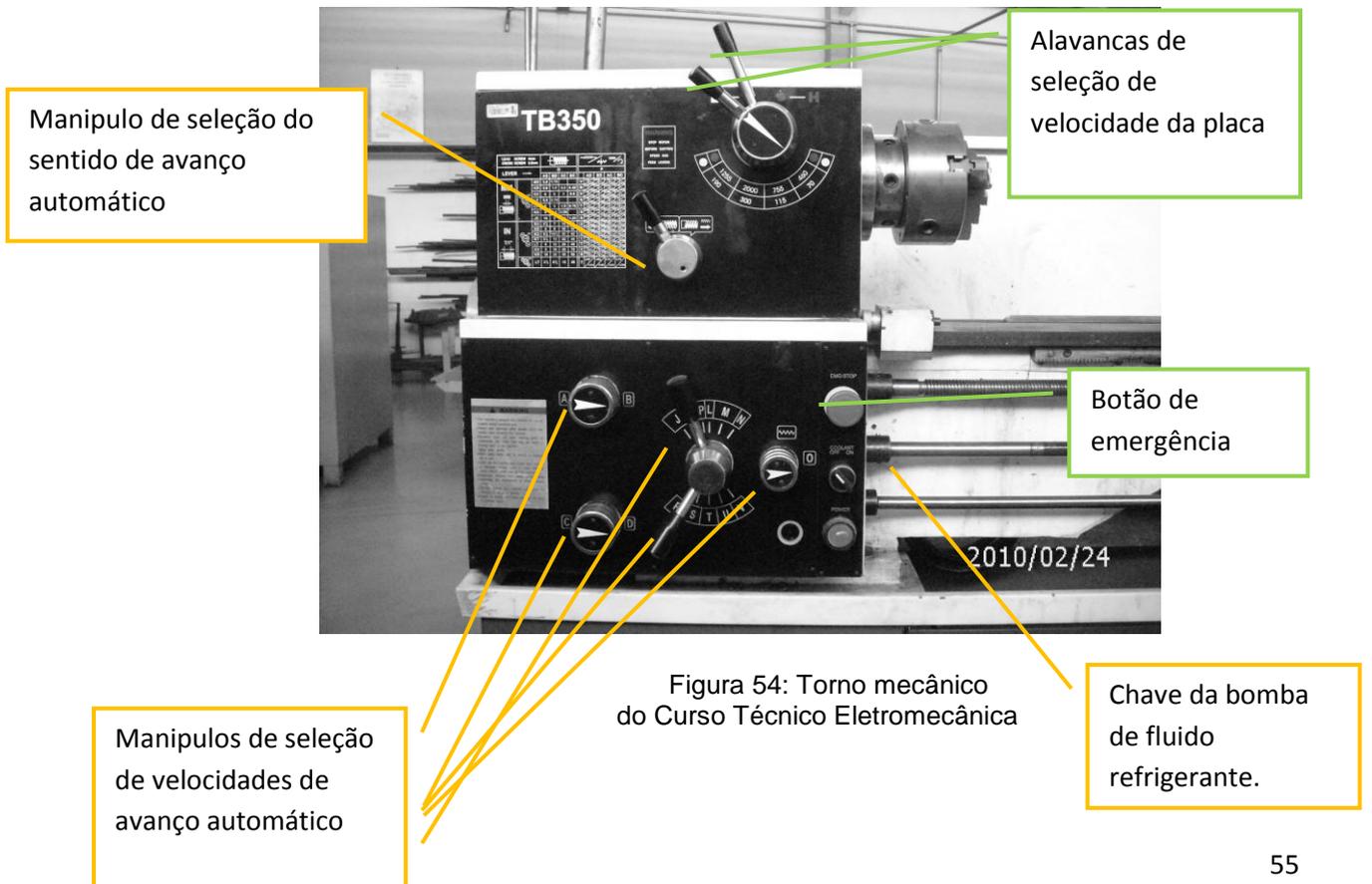


Figura 54: Torno mecânico do Curso Técnico Eletromecânica

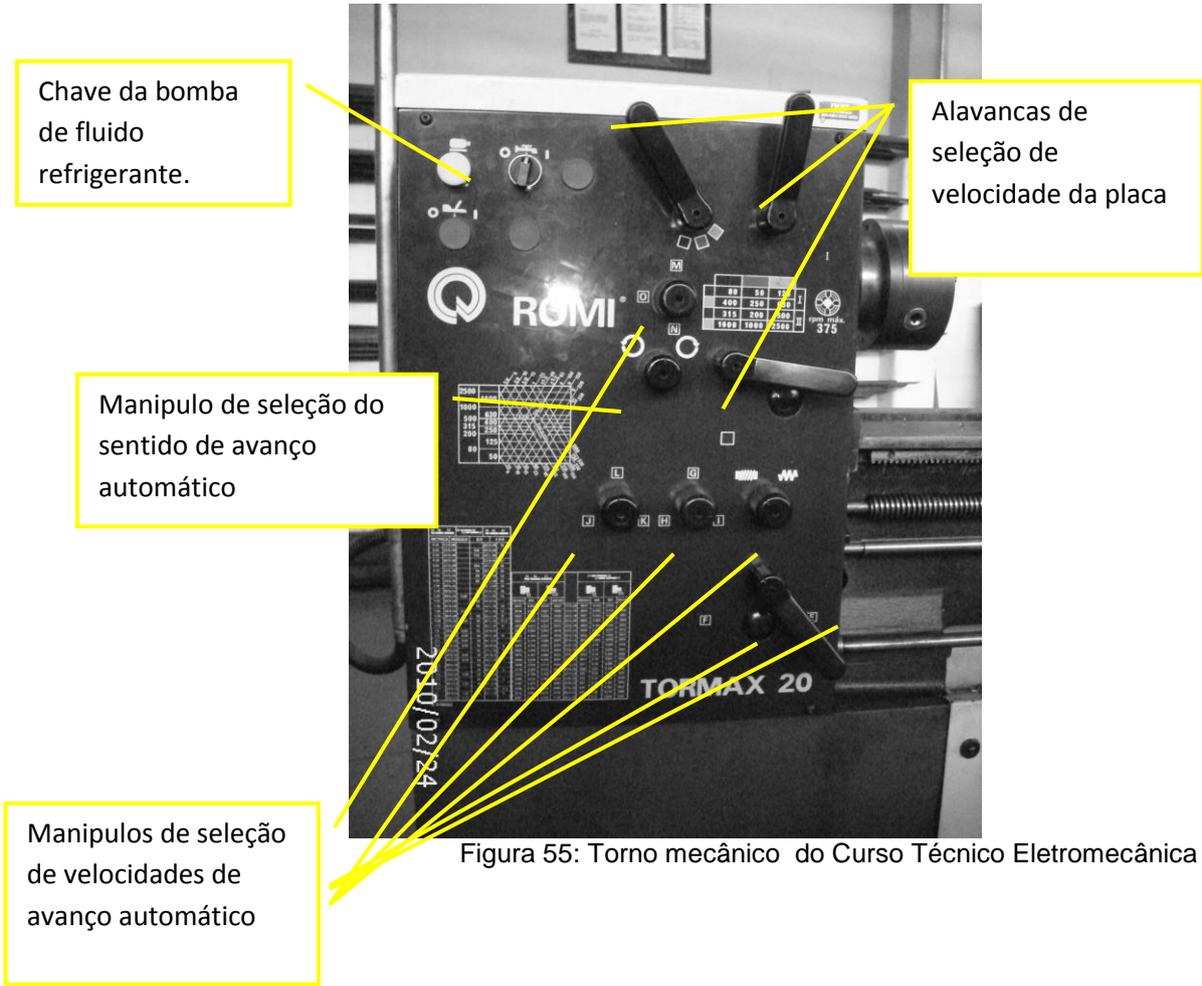
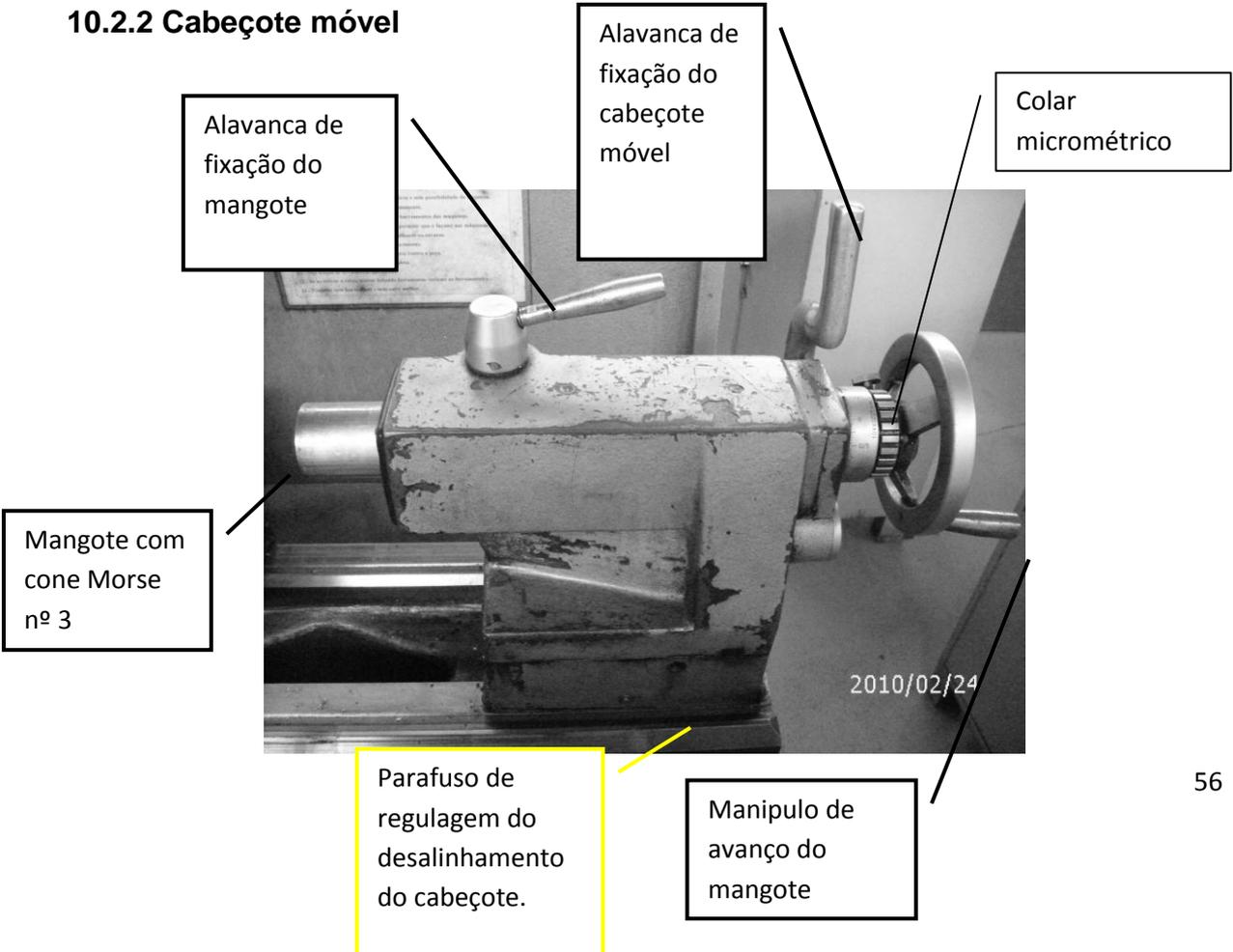


Figura 55: Torno mecânico do Curso Técnico Eletromecânica

**10.2.2 Cabeçote móvel**



### **10.2.3 Carros**

#### **Carro longitudinal**

É uma das partes principais do torno que se desloca ao longo do barramento conduzindo o carro transversal, a espera e o porta-ferramentas, manual ou automaticamente.

Na parte posterior do carro há o avental que serve para alojar as alavancas e volantes. Esses comandos, alavancas e volantes, servem para executar os movimentos dos carros longitudinal e transversal, manualmente, através da cremalheira.

Existe ainda, no interior do avental, o mecanismo automático dos carros, composto de engrenagens, que recebe o movimento do fuso e da vara. O movimento do fuso é transmitido ao carro por meio de uma porca bipartida que é utilizada na operação de abrir rosca.

#### **Carro transversal**

Situado sobre o carro longitudinal, pode movimentar-se manual ou automaticamente no sentido transversal.

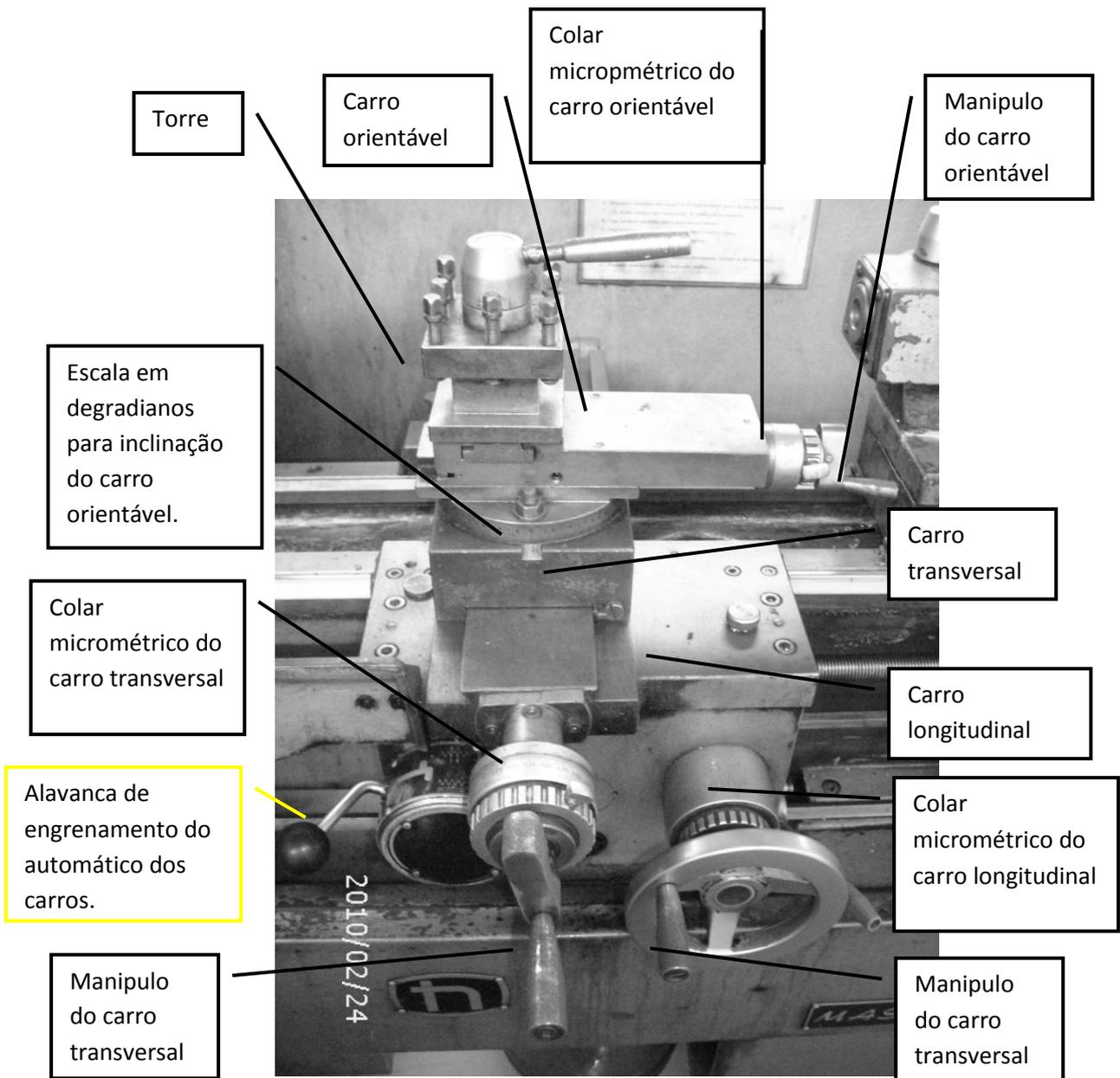


Figura 57: Torno mecânico do Curso Técnico Eletromecânica

### 10.2.4 Placas

Denominação	Figura	Função
Placa arrastadora		fornecer movimento giratório à peça fixada entre pontas

Denominação	Figura	Função
Placa de 3 castanhas		fixar peças cilíndricas
Placa de 4 castanhas independentes		fixar peças cilíndricas para tornear excêntricas e fixar peças quadradas
Placa lisa		fixar peças de formas irregulares

### 10.2.4.1 Placas de arraste

Utilizada com contrapontos e arrastador. Permite trabalhar com desalinhamento do cabeçote móvel para a realização de operações de torneamento cônico em peças cujo corpo cônico é longo.

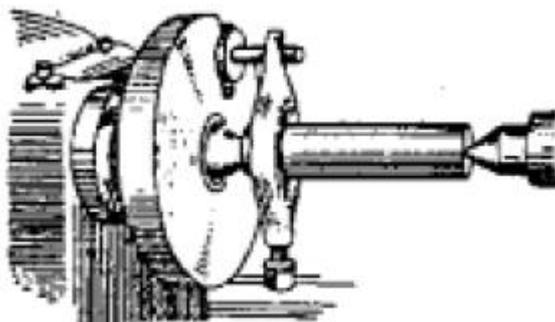


Figura 58: Placa de arraste

É um acessório que transmite o movimento de rotação do eixo principal às peças que devem ser torneadas entre pontas. Tem o formato de disco, possui um cone interior e uma rosca externa para fixação. As placas arrastadoras podem ser: fig.9.1; fig.9.2; fig.9.3.

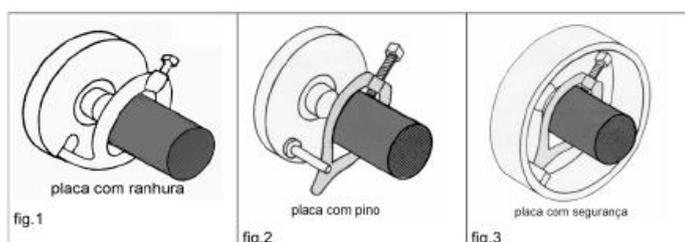


Figura 59: Placas de arraste

Em todas as placas usa-se o arrastador que é firmemente preso à peça, transmitindo-lhe o movimento de rotação, funcionando como órgão intermediário.

Os arrastadores podem ser de vários tipos: fig.4; fig.5; fig.6

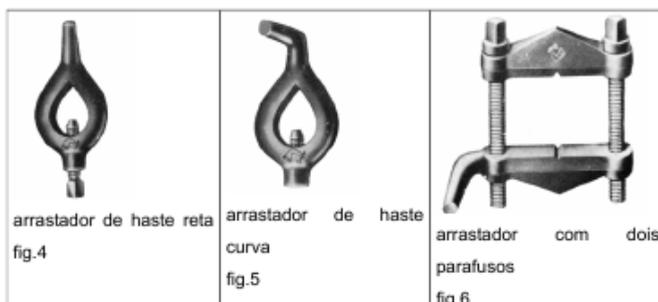


Figura 60: Arrastador da placa

- Arrastador de haste reta: é o mais empregado na placa com pino e na placa com dispositivo de segurança;
- arrastador de haste curva: é empregado com a placa com ranhura;
- arrastador com dois parafusos: indicado para suportar esforços em usinagem de passes profundos.

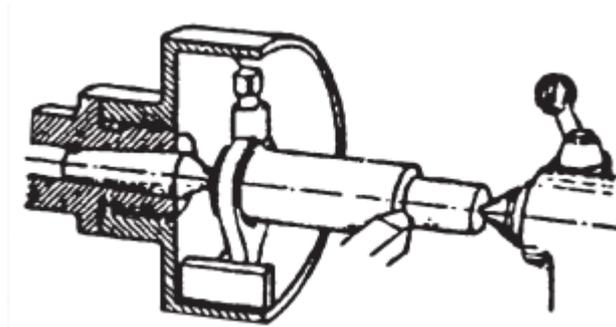


Figura 61: Placa de arraste montada no torno mecânico

#### 10.2.4.2 Placas universal de 3 castanhas

Utilizada para fixar peças cilíndricas de forma centralizada. Todas as castanhas se movimentam de forma sincronizada através de uma rosca em espiral, garantindo a centralização da peça.



Figura 62: Placas de 3 castanhas

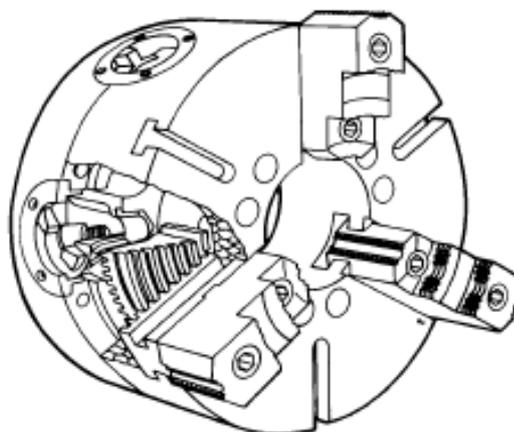


Figura 63: Placa de 3 castanhas com corte

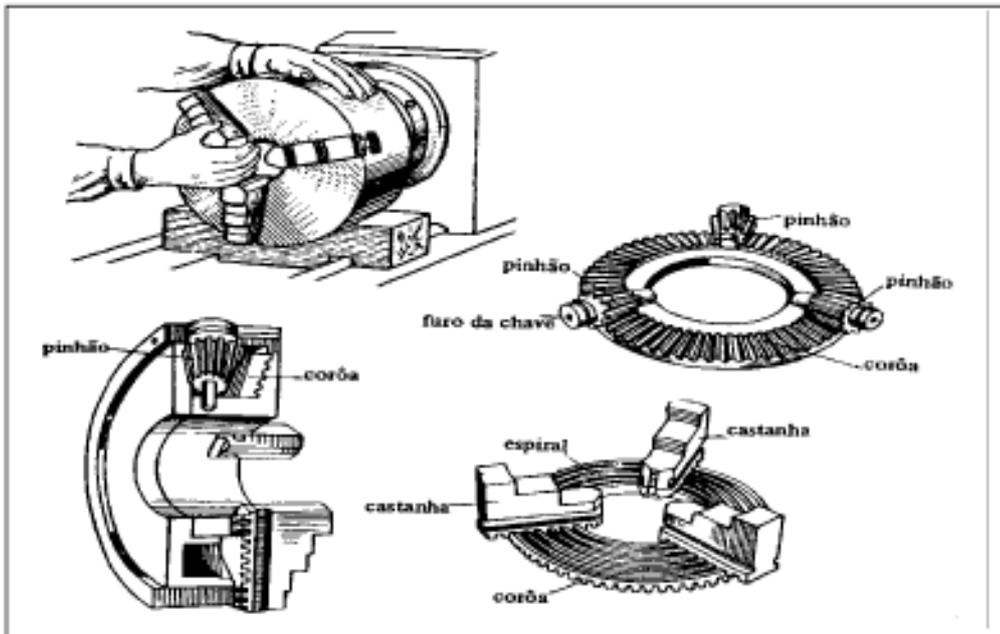


Figura 64: Placas de 3 castanhas desmontada

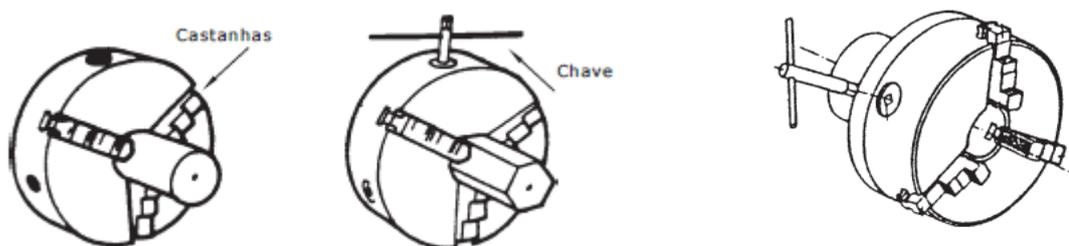


Figura 64: Placas de 3 castanhas com chave

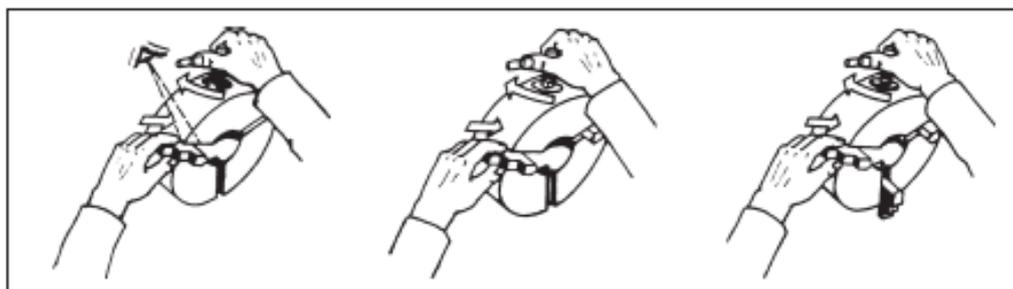


Figura 65: Montagem das castanhas na placas

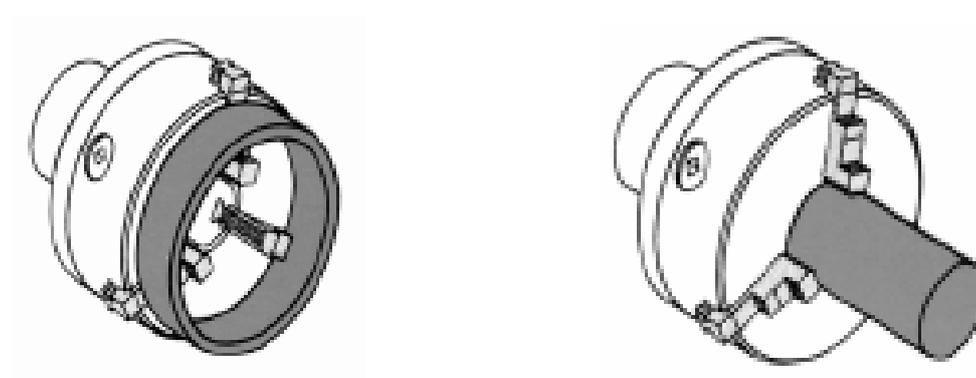


Figura 66: Exemplo de aplicação da placas de 3 castanhas

### 10.2.4.3 Placas de 4 castanhas independentes

Utilizada para a fixação de peças de formas irregulares ou para fixação de peças cilíndricas de forma desalinhada para torneamento de peças excêntricas.

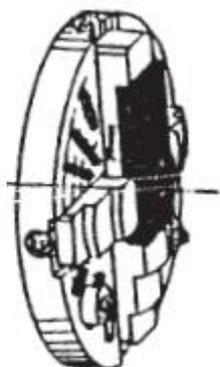


Figura 67: Placas de 4 castanhas

### 10.2.4.4 Placas lisas

Utilizada na fixação de peças irregulares com auxílio de alguns dispositivos. Como vemos na figura 36, a placa plana amplia as possibilidades de fixação de peças de formato irregular que necessitam ser torneadas.

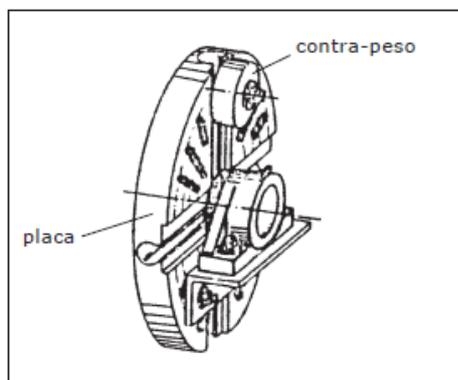


Figura 68: Placa lisa

### 10.2.5 Lunetas

É outro dos acessórios usados para prender peças de grande comprimento e finas que, sem esse tipo de suporte adicional, tornariam a usinagem inviável, por causa da vibração e flexão da peça devido ao grande vão entre os pontos. A luneta pode ser fixa ou móvel.

São peças utilizadas como mancais de apoio para o torneamento de peças muito extensas, principalmente quando não é possível utilizar contraponto, ou ainda quando as peças são de pequenos diâmetros e tendem a sofrer flambagem ou vibrações.

#### 10.2.5.1 Luneta fixa

É fixa ao barramento, não se deslocando com a ferramenta. Possui 3 pontos de apoio.



Figura 69: Luneta do Curso Técnico Eletromecânica

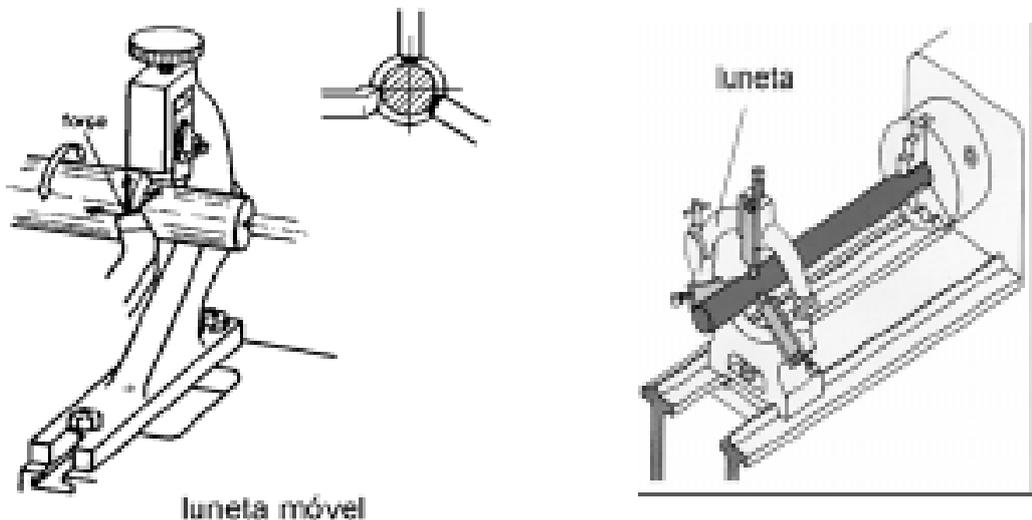


Figura 70: Exemplos de lunetas móveis

É presa no barramento e possui três castanhas reguláveis por parafusos e a parte da peça que nela se apoia deve estar previamente torneada. Se a peça não puder ser torneada antes, o apoio deve ser lubrificado

### 10.2.5.1 Luneta móvel

Geralmente possui duas castanhas. Ela apoia a peça durante todo o avanço da ferramenta, pois está fixada no carro do torno

É fixada ao carro longitudinal e por esse motivo desloca-se junto com ele, oferecendo um ótimo apoio para peças longas e de pequeno diâmetro, que tendem a vibrar devido ao esforço cortante exercido pela ferramenta. Essa luneta possui apenas duas castanhas que se distribuem em um ângulo de aproximadamente 120 graus em relação a ferramenta de corte e deslocam-se com ela.

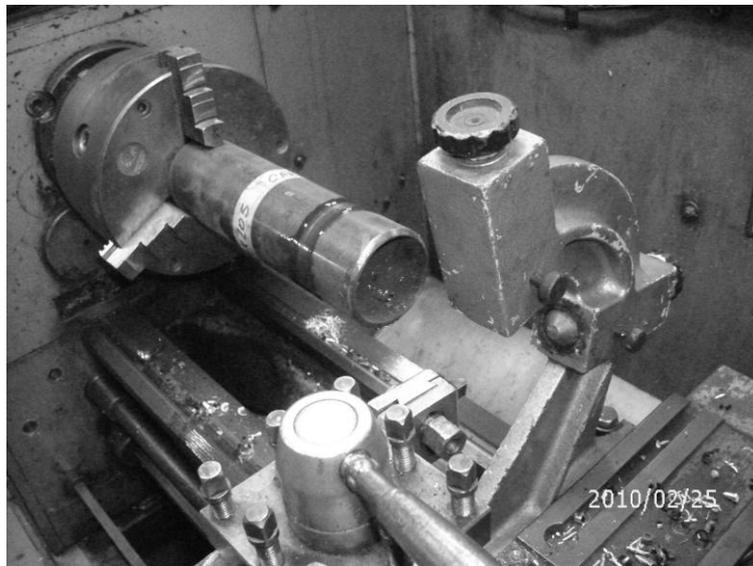


Figura 71: Luneta no torno mecânico do Curso Técnico Eletromecânica

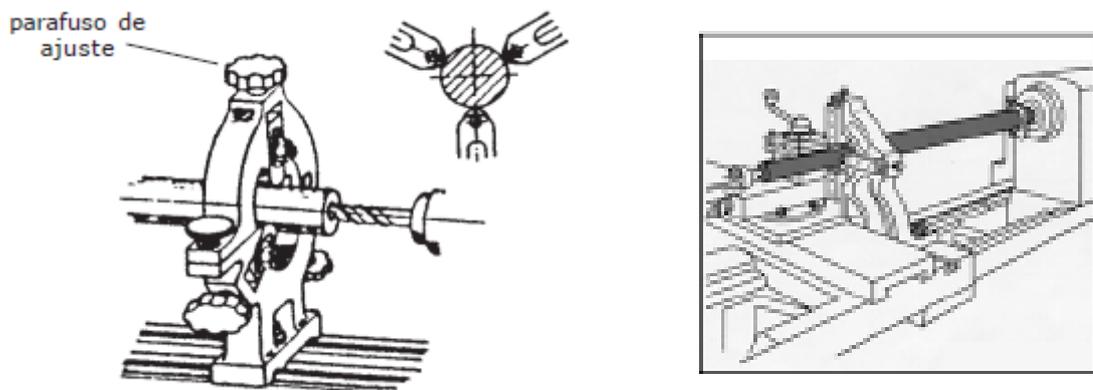


Figura 72: Exemplos de lunetas móveis

## 10.2.5 Ponta e contra-ponta do torno

As pontas e contrapontas são cones duplos retificados de aço temperado cujas extremidades se adaptam ao centro da peça a ser torneada para apoiá-la.

A contraponta é montada no mangote do cabeçote móvel, padronizado pelo sistema morse, com um cone de  $60^\circ$ . Recebe esse nome porque está montada em uma posição oposta à uma placa arrastadora com ponta. É apresentada em vários tipos: fig.8.1; fig.8.2; fig.8.3

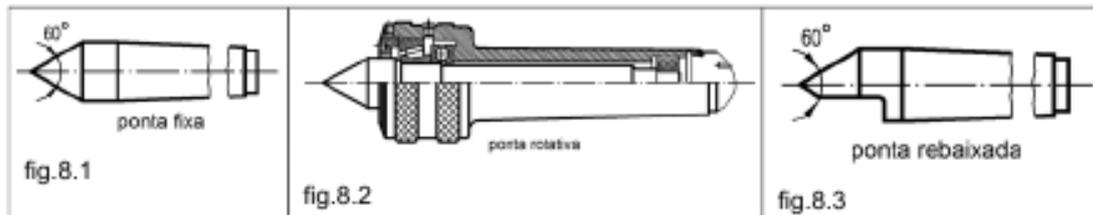


Figura 73: Ponta e contra ponto

Utilizados nas operações de torneamento que requerem fixação entre pontos de torno. O ponto rotativo é fixado no cabeçote móvel, assim como o contraponto. A diferença é que o contraponto fixo é usado para torneamento em baixas rotações e com lubrificantes.

Atualmente nos trabalhos de usinagem é mais usado o ponto rotativo.

A ponta e a contra ponta são acessórios do torno utilizados para apoiar as extremidades do material a ser torneado entre as pontas.

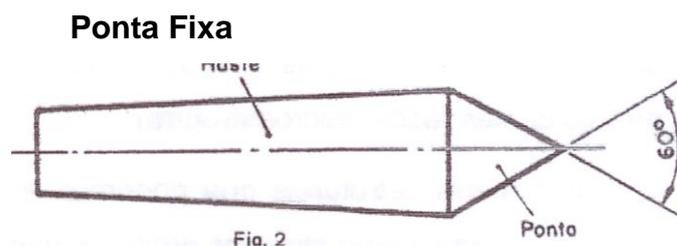


Figura 74: Ponta fixa

Ponta tem forma de cone duplo, é de aço temperado e retificado. A haste se constitui em um cone “Morse” e a ponta, em um cone de  $60^\circ$

**Ponta com bucha de redução e placa de arraste.**

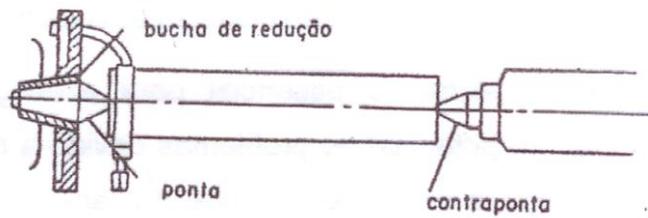


Figura 75: Exemplo de aplicação

Este tipo de fixação permite manter a linha de referência dos centros das peças usinadas em cadeia com outras máquinas.

### Ponta rebaixada

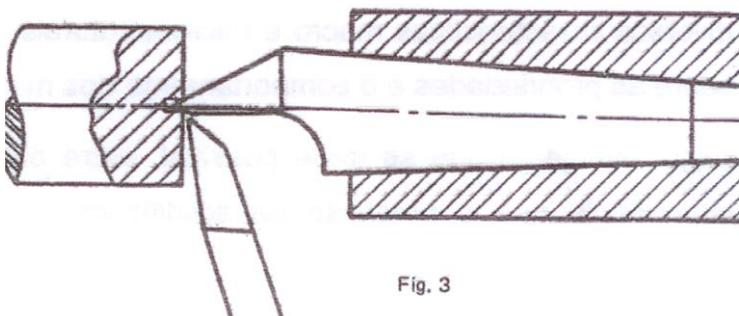


Figura 76: Ponta rebaixada

### Ponta Rotativa

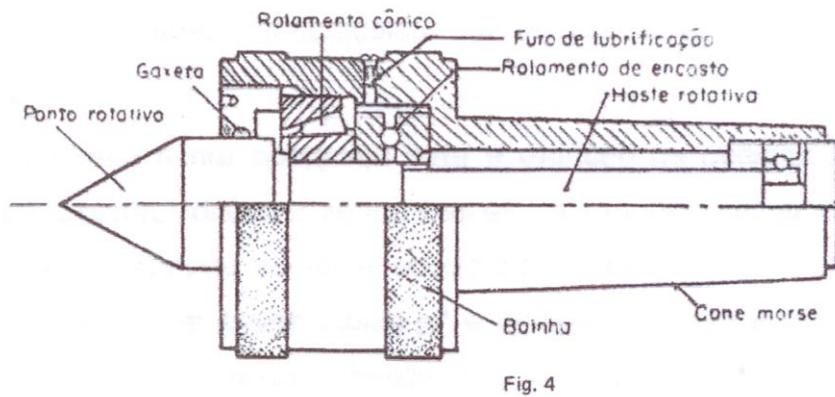


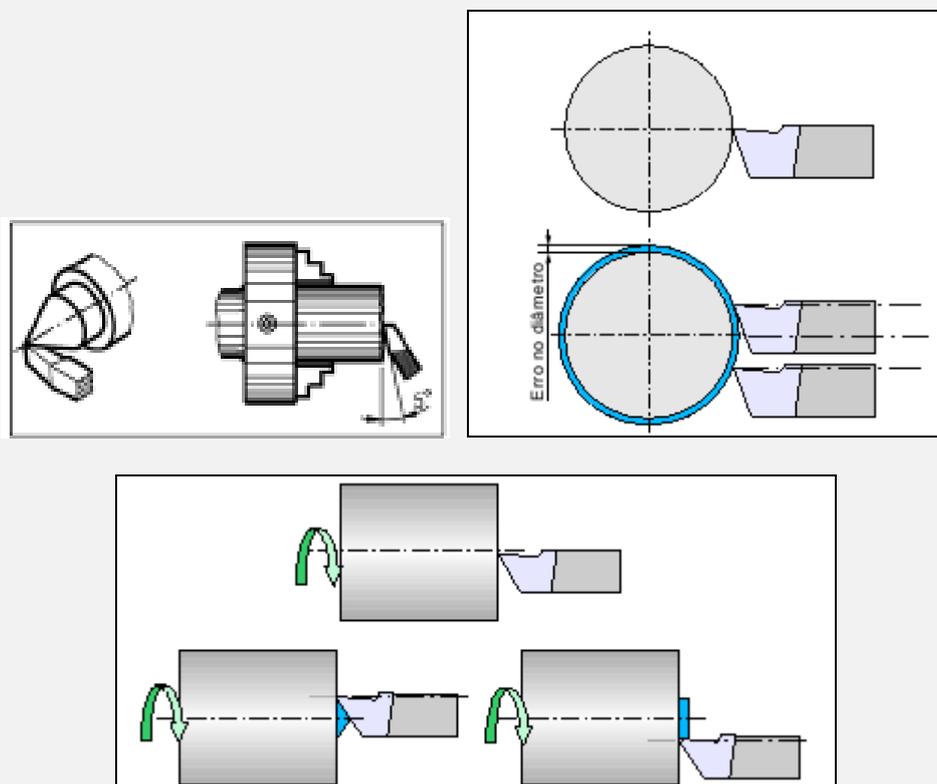
Figura 77: Ponta rotativa

É utilizado quando o torneamento vai submeter a peças a grandes esforços , tanto radiais como axiais.

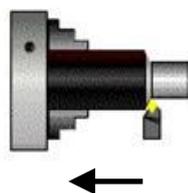
### 10.3 Operações básicas de torneamento.

**IMPORTANTE:**

Fixação da ferramenta de modo que a ponta da ferramenta fique na altura do centro do torno. Para isso, usa-se a contraponta como referência. Deve-se também observar que a ferramenta deve ficar em ângulo em relação à face da peça.



- Torneamento externo.



- Torneamento interno

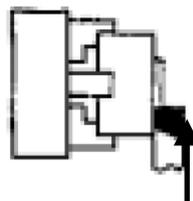


**IMPORTANTE:**

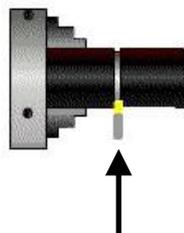
Fixação da peça Balanço da peça

O comprimento máximo além das castanhas não deve ultrapassar a três vezes o diâmetro à desbastar.

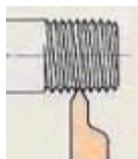
- Faceamento



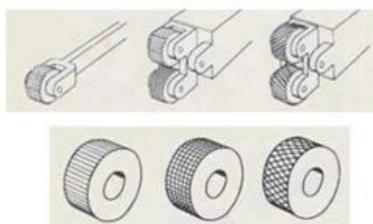
- Sangramento



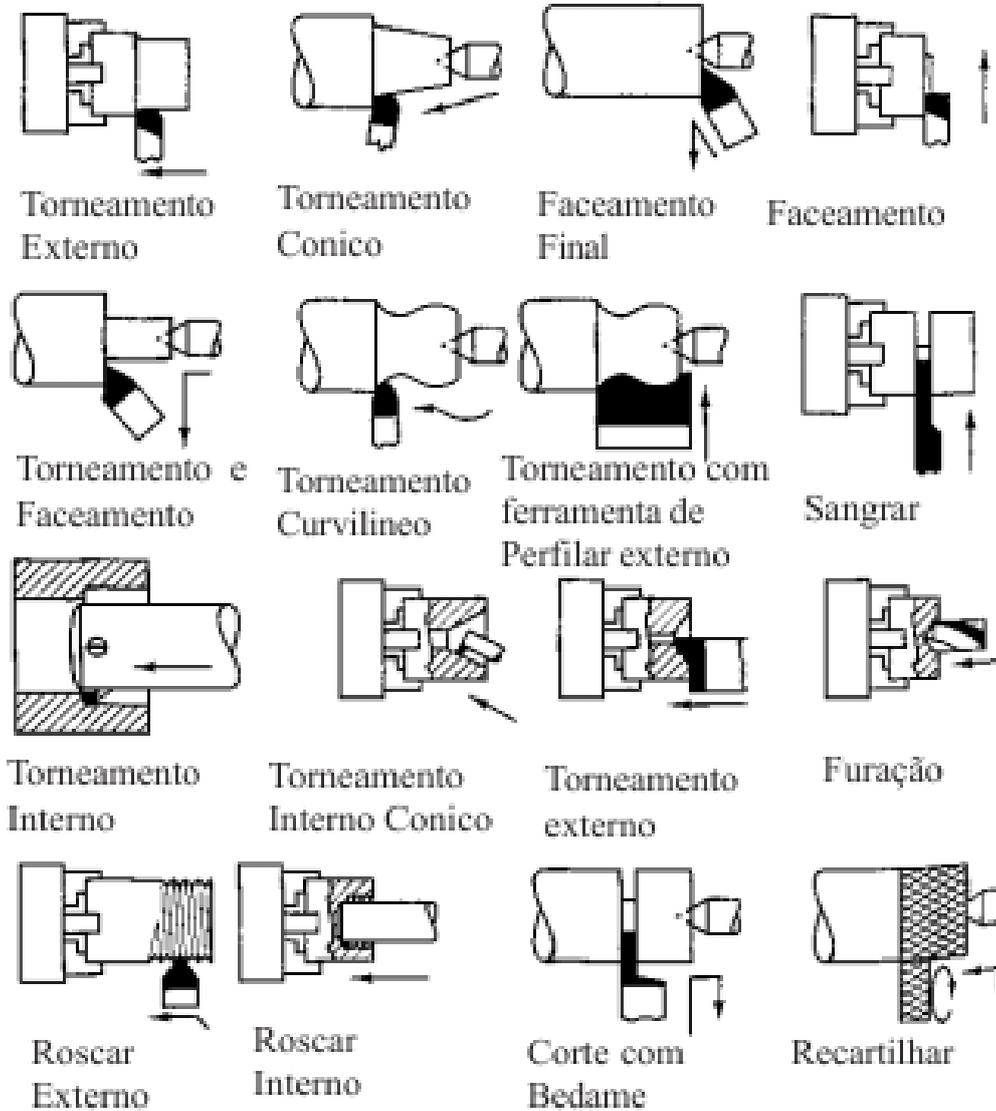
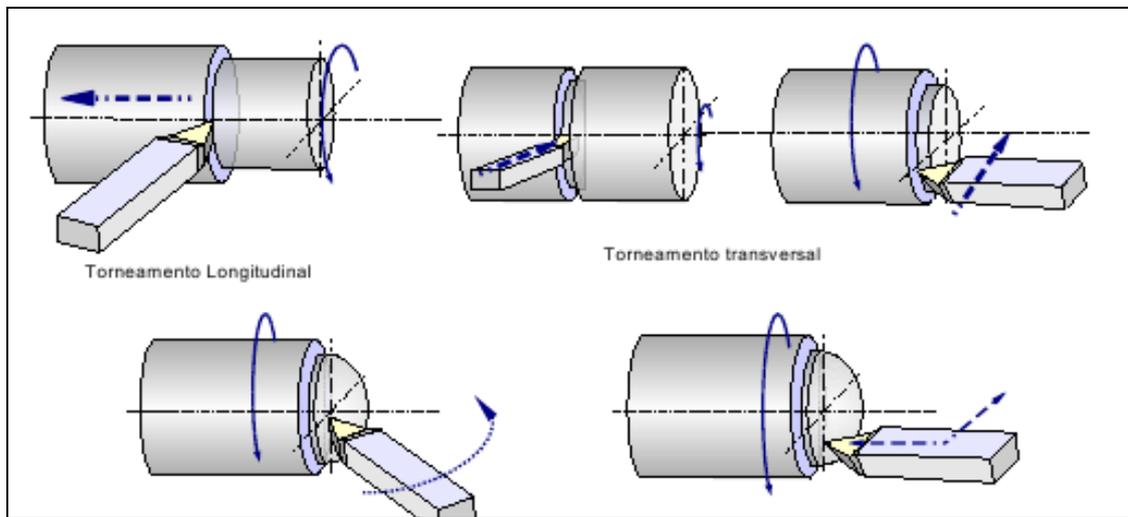
- Rosqueamento

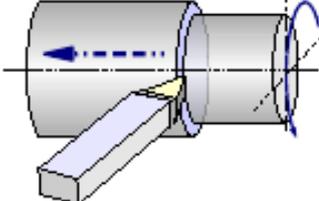
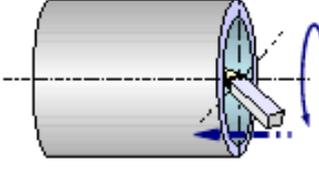
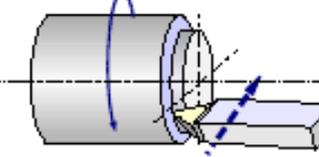
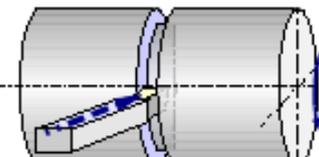
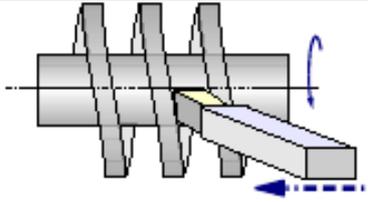
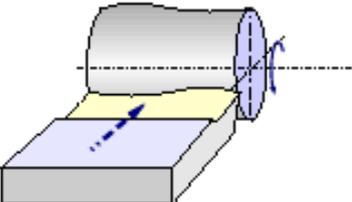
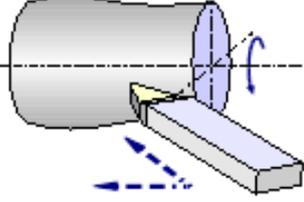


- Recartilhamento

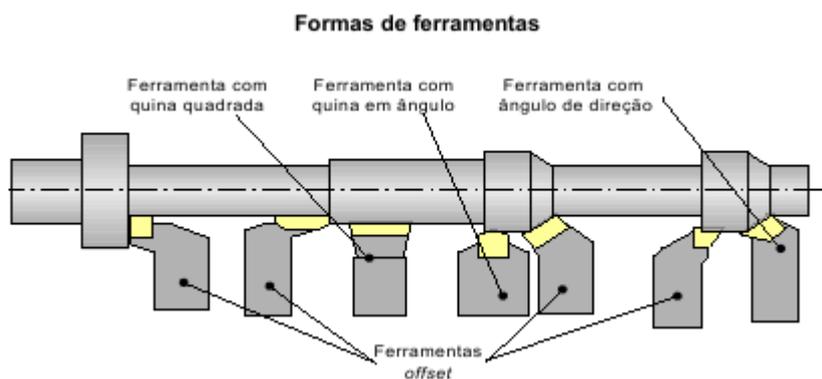


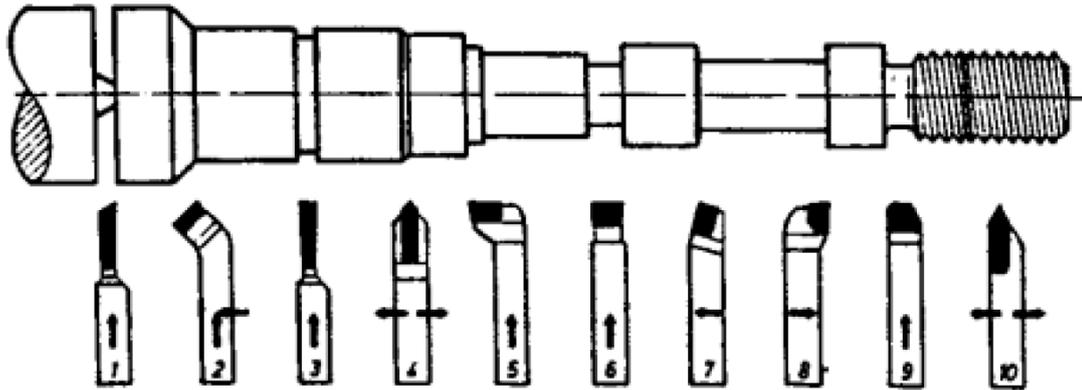
- Outras



Principais operações no torneamento - DIN 8589		
Operação de torneamento	Externo	Interno
Longitudinal		
	<i>Faceamento</i>	<i>Sangramento</i>
Plano ou transversal		
Helicoidal		
de forma		
de perfil		
de geração		

### 10.3.1 As ferramentas de corte e suas respectivas operações





- |                        |                                  |
|------------------------|----------------------------------|
| 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                       |

## 10.4 Algumas operações de torneamento.

### 10.4.1 Faceamento.

Operação que se desenvolve na face da peça com o intuito de deixá-la plana e perpendicular ao eixo de giro do torno. O faceamento pode ser desenvolvido da periferia para o centro (operação mais comum) ou do centro para periferia, no caso de peças com um furo central.

A imagem abaixo apresenta uma operação de faceamento da periferia para o centro, com a ferramenta se deslocando no sentido do torno para o operador e com a placa girando em sentido horário.

Essa operação pode ser realizada com movimento manual do carro transversal ou com movimento automático. Nesse caso, deve-se tomar muito cuidado com o sentido de movimento da placa e do deslocamento do carro, pois se o automático for engrenado, com o carro próximo do final do curso, e o avanço deslocá-lo nesse sentido, poderão ocorrer graves danos ao sistema de transmissão do trono.

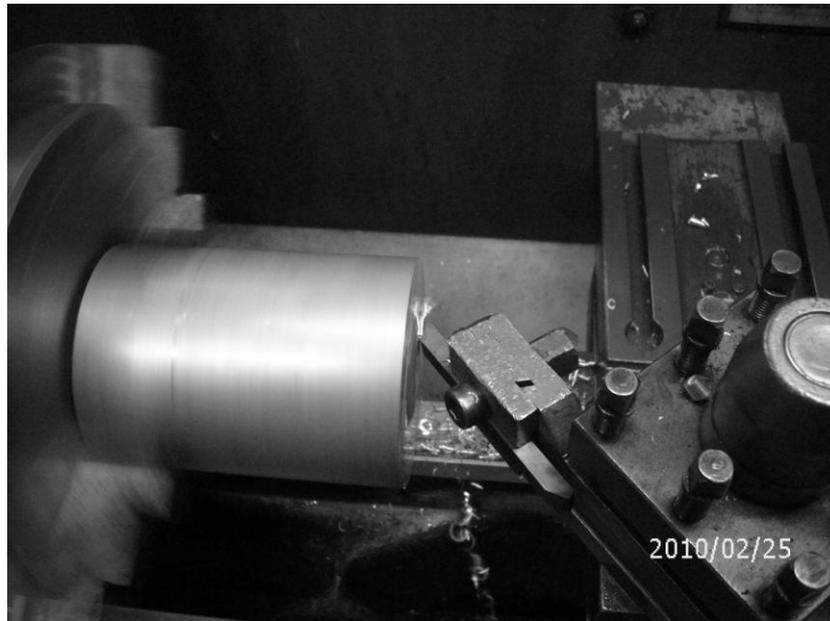


Figura 78: Torno mecânico do Curso Técnico Eletromecânica

#### 10.4.2 Execução de furo de centro.

O furo de centro tem a finalidade de apoiar peças longas em um contraponto (peça que serve de mancal) com a finalidade de evitar que a peça seja arrancada da placa devido ao esforço sofrido pela ação do corte da ferramenta. A figura abaixo mostra o contraponto ajudando a fixar a peça na placa.

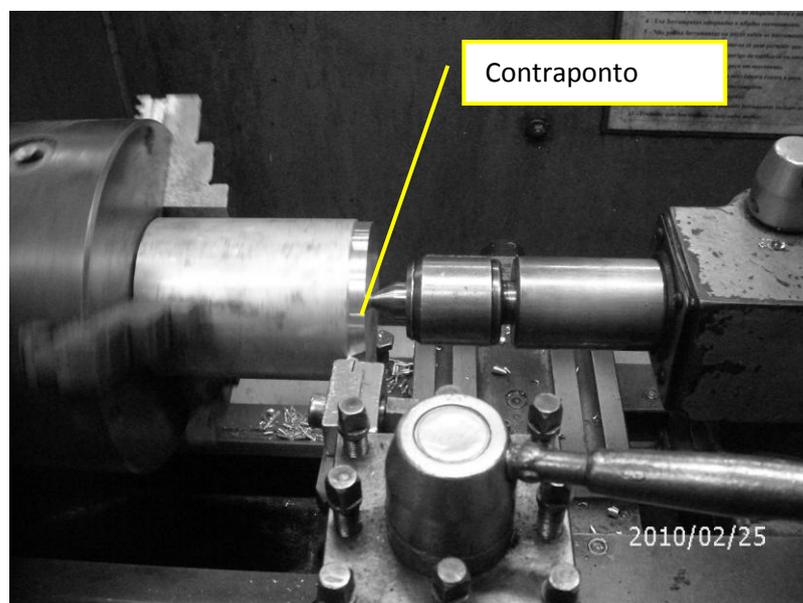


Figura 79: Torno mecânico do Curso Técnico Eletromecânica

A execução do furo de centro é realizada com uma broca de centro fixada a um mandril que se conecta ao mangote do cabeçote móvel através de um cone

Morse nº 3. Durante a execução do furo de centro a placa deve girar no sentido anti-horário, uma vez que a broca permanece parada. A broca deve penetrar, na face da peça, até 2/3 do cone da broca. Deve-se tomar um cuidado especial com a rotação. A velocidade de corte não deve ser excedida para não causar a queima da broca, no entanto, velocidades baixas demais podem causar a quebra da ponta da ferramenta, pois com rotação baixa a profundidade de corte pode se tornar excessiva.

Afigura abaixo mostra a execução de um furo de centro.

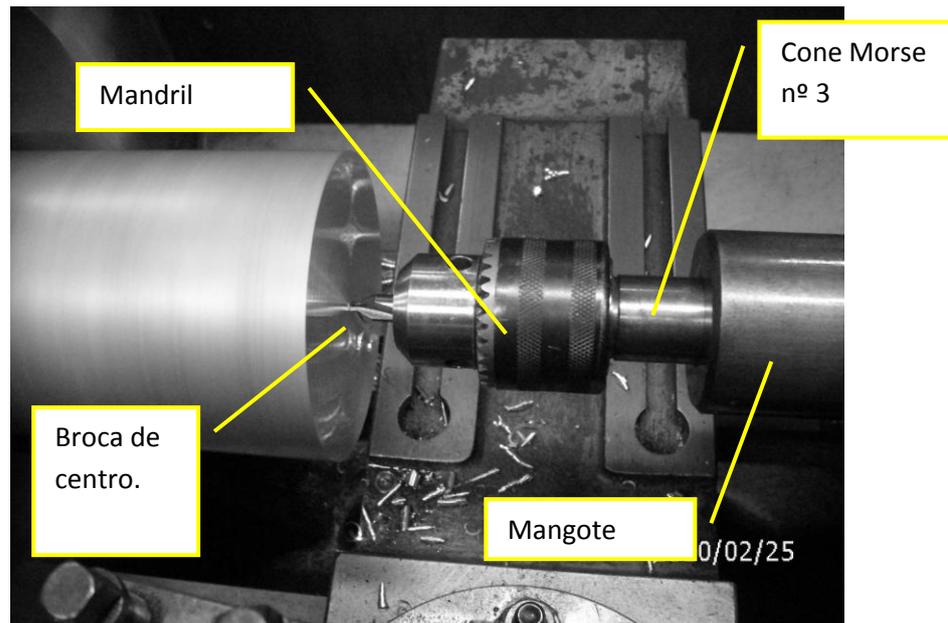


Figura 80: Torno mecânico do Curso Técnico Eletromecânica

### 10.4.3 Desbaste longitudinal

Durante esta operação, utiliza-se uma ferramenta, de desbaste a direita, que se desloca em direção longitudinal, com sentido do cabeçote móvel para o cabeçote fixo e com a placa girando no sentido anti-horário. Nessa operação a velocidade de corte deve ser rigorosamente respeitada, pois a ferramenta permanecerá por um longo período de tempo sujeita ao atrito gerado pela operação de corte.

Esta operação pode ser realizada com deslocamento manual do carro longitudinal ou com deslocamento automático. Para realizar esta operação com deslocamento automático do carro longitudinal devemos, antes de iniciar a

operação, realizar testes com o sentido de deslocamento do carro em uma posição do curso em que não ofereça riscos de acidentes.

Depois de selecionado o sentido de movimento do carro, devemos selecionar, através dos manípulos para seleção de avanços, a velocidade de avanço adequada para a operação, verificando na tabela impressa na frente do cabeçote fixo. Veja exemplo a seguir.

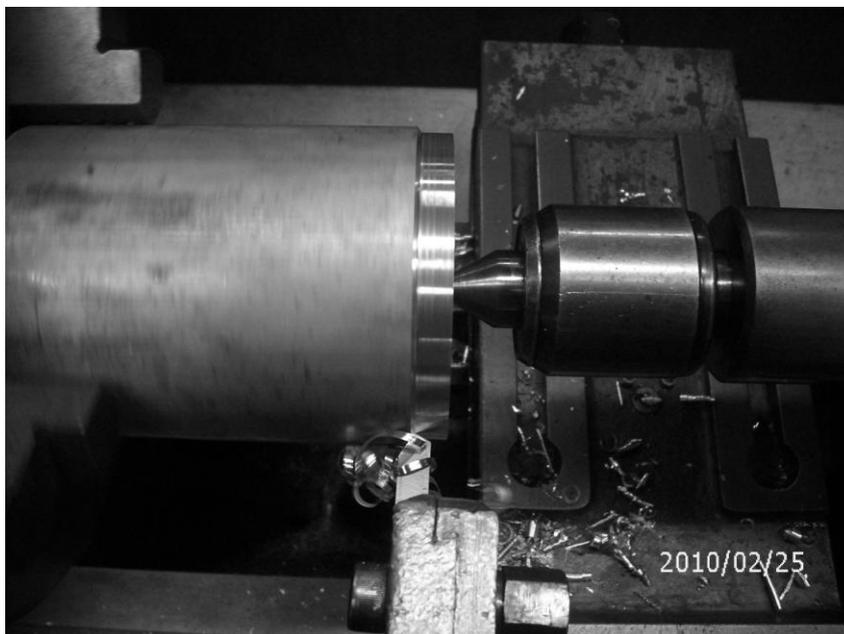


Figura 81: Torno mecânico do Curso Técnico Eletromecânica

#### 10.4.4 Torneamento cônico com inclinação do carro orientável.

Para realização de torneamento cônico com inclinação do carro orientável, devemos afrouxar os parafusos de fixação desse carro e deslocar o carro para o ângulo desejado, voltando a fixar novamente os parafusos, sem exercer um aperto excessivo. Observe a imagem abaixo.

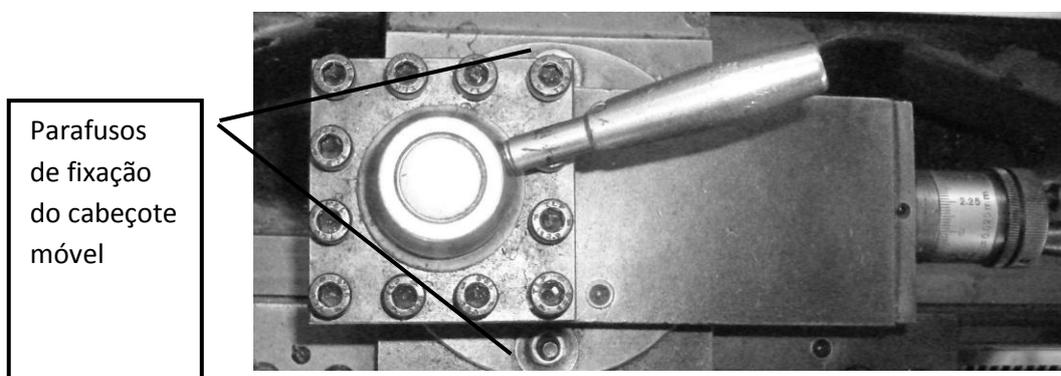


Figura 82: Torno mecânico do Curso Técnico Eletromecânica

Para proceder o corte da peça devemos deslocar a ferramenta através do movimento do cabeçote móvel. Movimento esse que deve ser feito manualmente de forma contínua, utilizando-se as duas mãos, uma vez que esse carro não possui movimento automático.



Figura 83: Torno mecânico do Curso Técnico Eletromecânica

#### 10.4.5 Recartilhamento

Recartilhado é um acabamento que consiste em gerar uma rugosidade superficial na peça para proporcionar uma maior aderência para o manuseio.

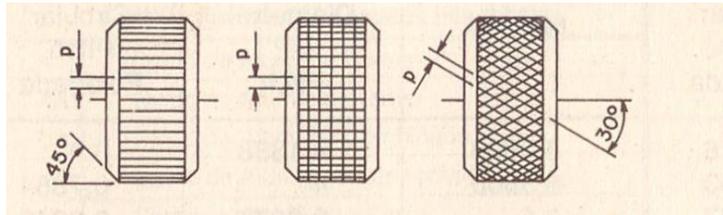
Essa operação consiste em realizar uma deformação, causada por pressão, na peça utilizando rolos estriados em forma de hélice denominados de recartilho.

Essa operação requer uma velocidade baixa para que o material tenha tempo de ser deformado.

O avanço automático recomendado deve ser equivalente a  $1/5$  do passo do recartilho.

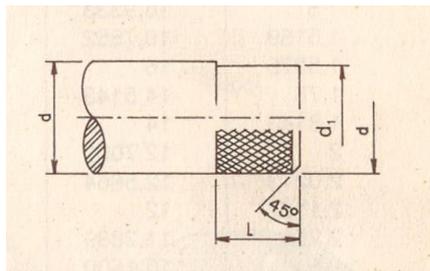
#### **Tipos de recartilhas:**

Estriada Cruzada Obliqua



O diâmetro da parte a ser recartilhada terá de ser reduzido com uma diferença igual à metade do passo da recartilha.  $d_1 = d - P/2$

As extremidades da recartilha serão chanfradas a 45°



Passo:

Fino médio Grosso

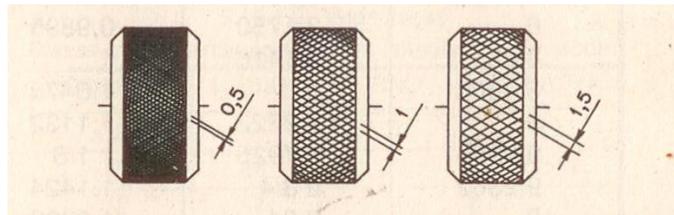


TABELA LII

5.16.1 - Aplicações das recartilhas

Aplicação em função do passo, diâmetro, material e tipo de recartilhado.

APLICAÇÃO DAS RECARILHAS PASSO (P)	ESTRIADA		CRUZADA		OBLÍQUA							
	para qualquer material		para ebonite e similares		para metais leves, latão, fibra e similares		para aço					
	largura (L)		largura (L)		largura (L)		largura (L)					
	até 2	2 a 6	6 a 16	16 a 32	até 6	6 a 16	16 a 32	acima de 32	até 6	6 a 16	16 a 32	acima de 32
diâmetro (d)												
até 8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
de 8 a 15	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1
de 16 a 32	0,5	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5	1	1
de 32 a 63	0,5	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5	1	1
de 63 a 100	1	1	1	1	1,5	1	1	1	1,5	1	1	1,5
acima de 100	1	1	1	1	1,5	1	1	1,5	1,5	1	1	1,5



Figura 84: Torno mecânico do Curso Técnico Eletromecânica

#### 10.4.6 Abrir Canal e Sangrar

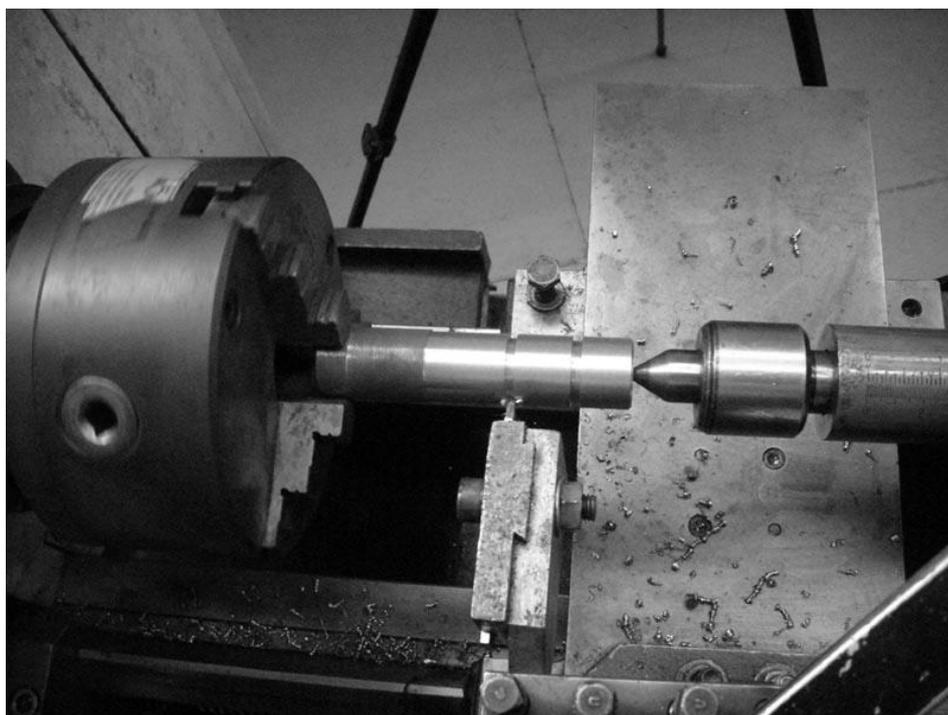


Figura 85: Torno mecânico do Curso Técnico Eletromecânica

#### 10.4.7 – Rosqueamento externo.

A operação de rosqueamento requer, além de uma ferramenta de corte afiada de acordo com a rosca a ser executada, um gabarito denominado de escantilhão. Esse gabarito serve para afiar a ferramenta de corte com o ângulo correto da rosca

e para acertar a perpendicularidade entre o eixo da ferramenta e o eixo da peça. As figuras abaixo mostram o escantilhão e o seu uso para acertar a perpendicularidade.



Figura 86: Escantilhão de 55° para rosca triangular whitworth.



Figura 87: Escantilhão de 60° para roscas triangulares métrica e unificada.

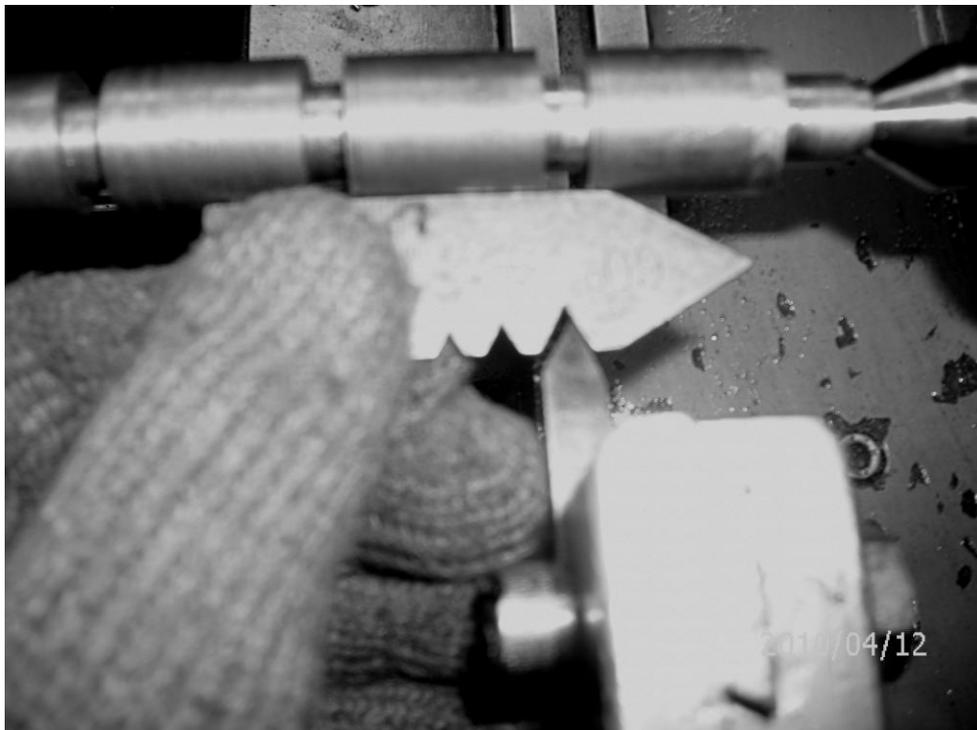


Figura 88: Torno mecânico do Curso Técnico Eletromecânica

Ajuste da perpendicularidade da ferramenta em relação a peça.

Para realizar o rosqueamento deve-se seguir a seguinte seqüência:

- 1- Fixar a peça no torno e proceder as usinagens necessárias para dar o formato desejado a peça.
- 2- Inclinar o carro orinetável com a metade do ângulo do perfil do filete da rosca. O carro deve ser inclinado a partir da posição perpendicular ao barramento. Para as roscas direitas inclina-se o carro para a direita e para as roscas esquerdas inclina-se o carro para a esquerda. Utiliza-se  $27^{\circ}30'$  para as roscas triangulares whitworth e  $30^{\circ}$  para as roscas métrica e unificada.
- 3- Colocar e ajustar a ferramenta de corte no torno utilizando um escantilhão com ângulo da rosca a ser executada.
- 4- Selecionar a rotação de corte indicada para a operação respeitando a velocidade de corte indicada para os materiais da peça e da ferramenta de corte.
- 5- Selecionar o avanço automático com o passo da rosca a ser executada.
- 6- Liga o torno e tangenciar a ferramenta na peça, zerando o colar micrométrico do carro transversal nessa posição.
- 7- Engrenar o automático do torno, aplicar um pequena profundidade de corte no carro orintável e ligar o torno.
- 8- Afastar o carro transversal quando chegar ao final da rosca e inverter o sentido de giro do torno para retornar ao inicio, sem desengrenar o torno.

- 9- Repetir as operações 7 e 8 até concluir a rosca, verificando a juste da rosca com uma porca.



Figura 89: Operação de rosqueamento.

## 11. PRINCIPAIS FLUIDOS DE CORTE

### 11.1 Fluidos de Corte

Os fluidos de corte geralmente empregados são:

- a) Fluidos refrigerantes

Usam-se de preferência:

I) Ar insuflado ou ar comprimido, mais usados nos trabalhos de rebolos;

II) Água pura ou misturada com sabão comum, mais usados nas afiações de ferramentas nos esmeris. Não é recomendável o uso de água como refrigerante,

nas máquinas-ferramenta, por causa da oxidação das peças.

- b) Fluidos lubrificantes

Os mais empregados são os óleos. São aplicados, geralmente, quando se deseja dar passes pesados e profundos nos quais a ação da ferramenta contra a peça produz calor, por motivo da deformação e do atrito da apara (cavaco) sobre a ferramenta.

I) Função lubrificante:

Durante o corte, o óleo forma uma película entre a ferramenta e o material, impedindo quase totalmente o contato direto entre os mesmos.

II) Função anti-soldante

Algum contato, de metal com metal, sempre existe em áreas reduzidas. Em vista da alta temperatura nestas áreas, as partículas de metal podem soldar-se à peça ou à ferramenta, prejudicando o seu corte. Para evitar isto se adicionam ao fluido, enxofre, cloro ou outros produtos químicos.

c) Fluidos refrigerantes-lubrificantes

Estes fluidos são, ao mesmo tempo, lubrificantes e refrigerantes, agindo, porém muito mais como refrigerante, em vista de conterem grande proporção de água.

São usados, de preferência, em trabalhos leves.

O fluido mais utilizado é uma mistura, de aspecto leitoso, contendo água (como refrigerante) e 5 a 10% de óleo solúvel (como lubrificante).

O uso dos fluidos de corte na usinagem dos metais concorre para maior produção, melhor acabamento e maior conservação da ferramenta e da máquina.

## 11.2 - Processos de resfriamento

Os processos de resfriamento classificam-se em: a seco, líquido e sólido.

a) Processo a seco

Refrigerante: ar

Materiais refrigerantes a seco: ferro fundido, bronze, latão, estanho, celeron, etc.

b) Processo líquido

Refrigerante: Solução de água saponificada ou uma mistura de 5 a 10% de óleo solúvel com água.

Material: ferro e aço.

Óleo vegetal para cobre, querosene ou aguarrás para o alumínio.

b) Processo sólido

Refrigerante: sebo de vela. Materiais: Chumbo e Ebonite.

### 11.3 - Objetivos do resfriamento

- Evitar o superaquecimento da ferramenta e perda de tempo ao parar a máquina, para afiá-la ou temperá-la novamente.
- Evitar que o calor concorra para dar falsas indicações na precisão das medidas das peças.
- Permitir maiores velocidades de corte, conseqüentemente, maiores avanços e profundidades de corte.
- Proporcionar melhores acabamentos nas superfícies das peças.

### 11.4 Instruções para o uso de refrigerantes e lubrificantes na usinagem das peças.

Observe a fita de cavaco tirada pela ferramenta. Se essa fita sai continuamente (pouco rompimento) é porque se trata de um material tenaz e a ação do lubrificante na ponta da ferramenta é importante, pois facilita a saída da fita do cavaco e deixa a superfície da peça mais lisa.

Se a fita do cavaco sai quebradiça, a ação do refrigerante nesse caso será mais no sentido de resfriar ou diminuir o calor na ponta da ferramenta, aumentando a vida útil da mesma.

Se você trabalha com uma grande velocidade de corte e profundidade de corte pequena (penetração da ferramenta), então tanto a ferramenta como a peça devem ser resfriadas.

Se o caso é contrário (baixa velocidade de corte e grande penetração da ferramenta), o fluido de corte deverá ter sua ação mais no sentido de lubrificação.

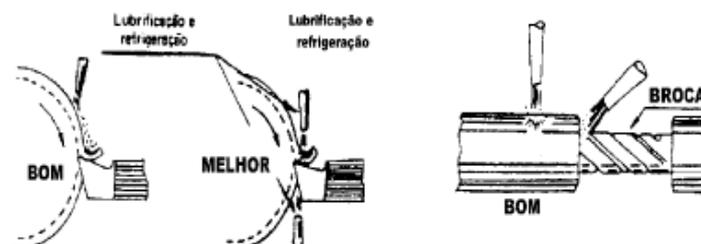


Figura 90: Aplicação de fluido de corte

# Dicas:

- Dicas de como fixar melhor uma peça no torno mecânica:

- A peça, o torno e as ferramentas determinam o sistema de fixação a ser utilizado
- A seleção criteriosa do sistema de fixação garante a obtenção de melhores resultados
- A peça deve ser presa pelo seu maior diâmetro prático, para suportar o torque durante o corte mais facilmente

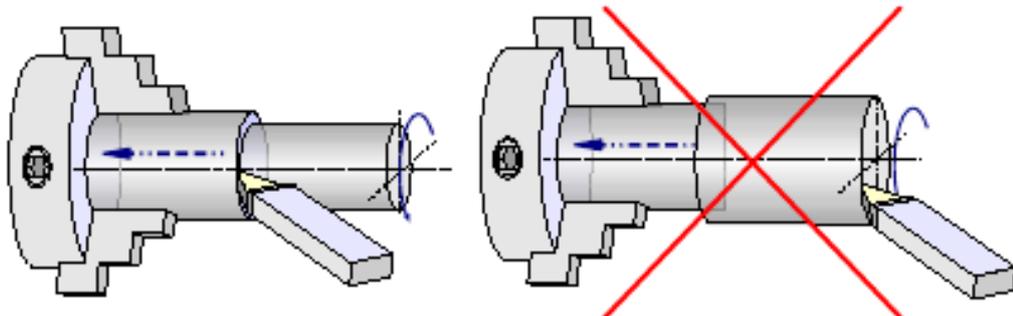


Figura 92 – Fomas correta e errada de fixação de peças no torneamento

- As peças devem ser fixadas o mais perto das faces das placas possível

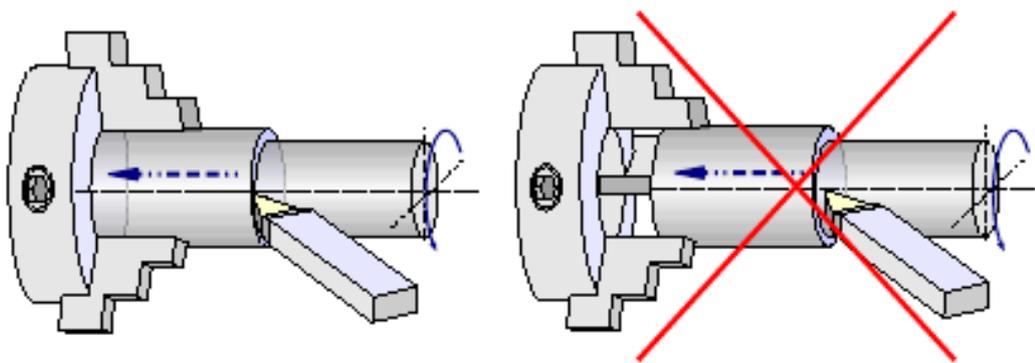
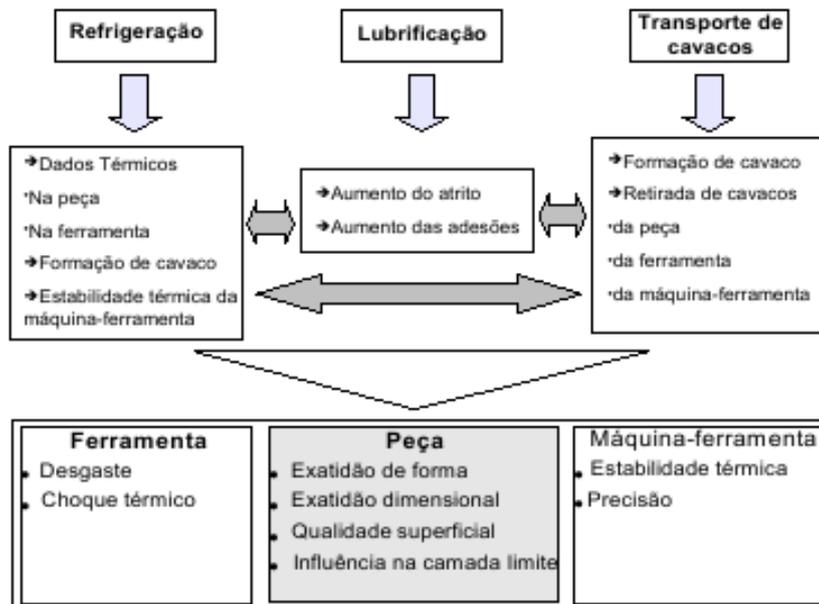


Figura 93 – Fomas correta e errada de fixação de peças no torneamento

- Dicas da importância de refrigerar as peças no torno:

- Redução do atrito entre ferramenta e cavaco
- Refrigeração da ferramenta
- Refrigeração da peça
- Expulsão dos cavacos gerados
- Melhoria no acabamento superficial
- Refrigeração da máquina-ferramenta
- Melhorias de caráter econômico



- Dicas de fixar a peça na plana:

- Com o auxílio da chave de aperto, abra as castanhas até uma medida um pouco maior do que o diâmetro do material (Figura 6).
  - Deixar para fora da placa o mínimo de material possível, somente o suficiente para realizar a seqüência de faceamento, sem choque com a ferramenta e seu suporte. Assim, o ideal é que a parte para fora da placa, seja no máximo a medida do diâmetro do material. (Figura 7).
  - O material deverá estar centrado, isto é, ao girar não deve oscilar. Caso não fique centrado, mude de posição, girando sobre si, até ficar centrado e bem apoiado na pega das três castanhas da placa. (Figura 8).
  - Aperte com as duas mãos e retire a chave da placa. (Figura 9).
- Obs.: Ligar a máquina com a chave de aperto na placa é super-perigoso, logo, sempre que concluir o aperto da peça, retire-a da placa.

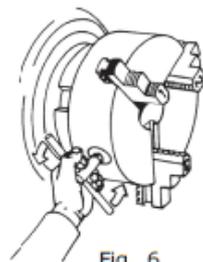


Fig. 6

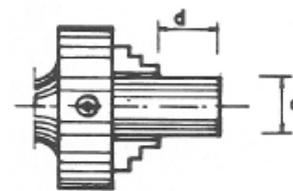


Fig. 7



Fig. 8



Fig. 9

- Dicas de colocar a ferramenta no centro:

- Prenda a contraponta no cabeçote móvel, com auxílio da bucha de redução.
- Prenda a ferramenta de facear à direita no suporte, deixando para fora o mínimo possível. (Figura 10).
- Prenda o suporte no porta-ferramenta do torno, considerando uma posição de maior apoio possível. (Figura 11).
- Alinhe a ponta da ferramenta na altura do eixo do tomo, fazendo coincidir a ponta da ferramenta com a ponta do contraponto. (Figura 12).
- Posicione a aresta de corte da ferramenta, formando o menor ângulo possível com a face do material e prenda o porta-ferramenta. (Figura 13).
- Certifique-se de que a chave da placa não esteja na placa, a ferramenta e seu suporte estejam bem presos, as alavancas do automático do torno estejam em posição neutra.
- Ligue a máquina na RPM calculada ou a mais próxima abaixo da calculada permitida pelo torno.
- Aproxime a ferramenta da face até tocar e fixe o carro longitudinal.

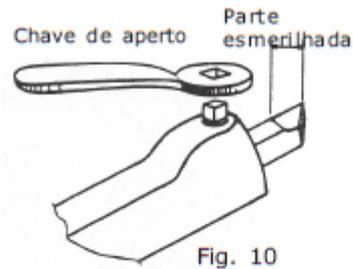


Fig. 10

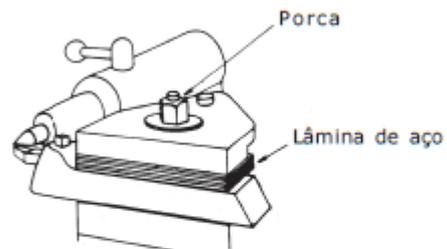


Fig. 11



Fig. 12

- Dicas de facear a peça:

Afaste a ferramenta para fora da peça, dê profundidade com a ajuda do anel graduado do carro porta-ferramenta e avance manualmente até ao centro do material.

Não ultrapasse o centro do material, pois certamente danificará a ferramenta.

Dê profundidade e faceie até a regularização completa da face da peça. (Figura 14).

Agora que você já tem a sensibilidade da ação de corte em um faceamento, dê um último passo utilizando o movimento automático transversal.

Obs.: Toda ação de corte deve ser acompanhada com o uso de refrigeração e uso de EPI (equipamento de proteção individual) exigido para o uso de máquinas-ferramentas.

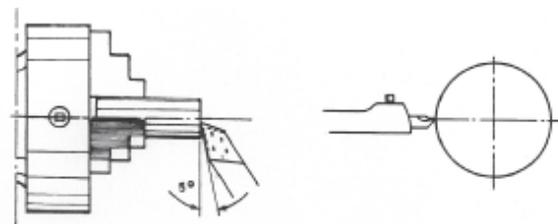


Fig. 13

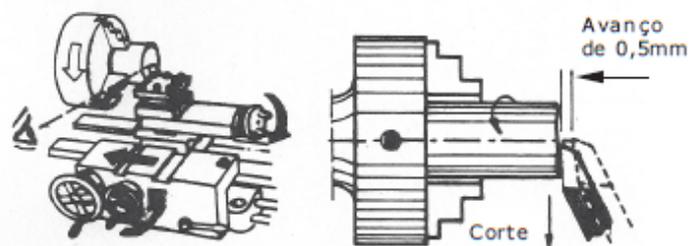


Fig. 14

- Dicas como fazer um furo de centro na peça:

- Prenda o mandril porta-brocas no magote do cabeçote móvel, com auxílio da bucha de redução. (Figura 15).
- Prenda a broca de centrar no mandril com auxílio da chave de aperto do mandril.
- Aproxime a broca da face da peça a ser furada, por meio do deslocamento do cabeçote móvel e fixe-o quando a broca estiver aproximadamente à 10 mm da face. (Figura 16).



Fig. 15

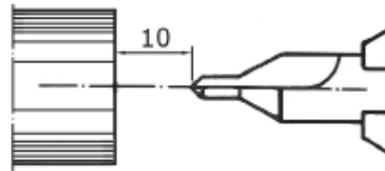


Fig. 16

Obs.: O cabeçote deverá estar alinhado como eixo do material, se necessário, efetuar regulagem. (Figura 17).

- Ligue a máquina na RPM calculada ou a mais próxima abaixo da calculada que o torno permita.
- Através do volante do cabeçote móvel, aproxime a broca e efetue o furo de centro. (Figura 18).

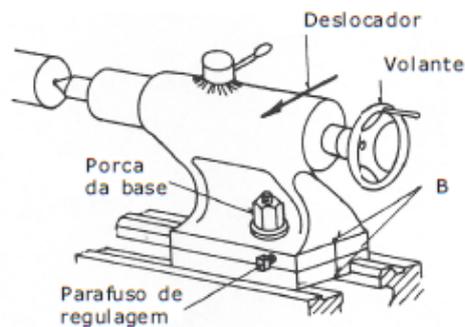


Fig. 17

Obs.: Utilize refrigeração.

- Afaste a broca para fora da peça permitindo a limpeza dos cavacos.
- Obs.: Utilize pincel.

- Dicas de fixar peça entre pontos:

**Fixar peça entre pontas**

- Monte a placa arrastadora do torno.  
Obs.: Limpe bem os cones e a rosca, afim de evitar acidentes e fixação descentralizada.
- Verifique a centragem e o alinhamento das pontas, corrigindo se necessário. (Figura 22).
- Prenda o cabeçote móvel no barramento, de tal forma que a distância entre pontas seja o comprimento da peça. (Figura 23).
- Monte o arrastador na peça sem fixá-lo. Coloque a peça entre pontas e fixe o mangote, posicione e fixe o arrastador. (Figura 24).  
Obs.: Verifique se a ponta do arrastador está posicionada de tal forma que ao ligar o torno, o mesmo arraste a peça.

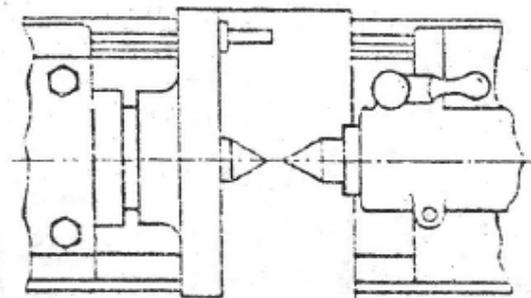


Fig. 22

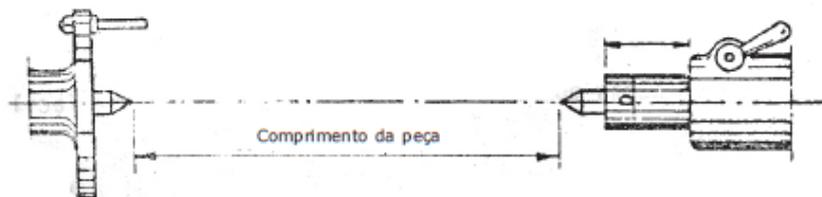


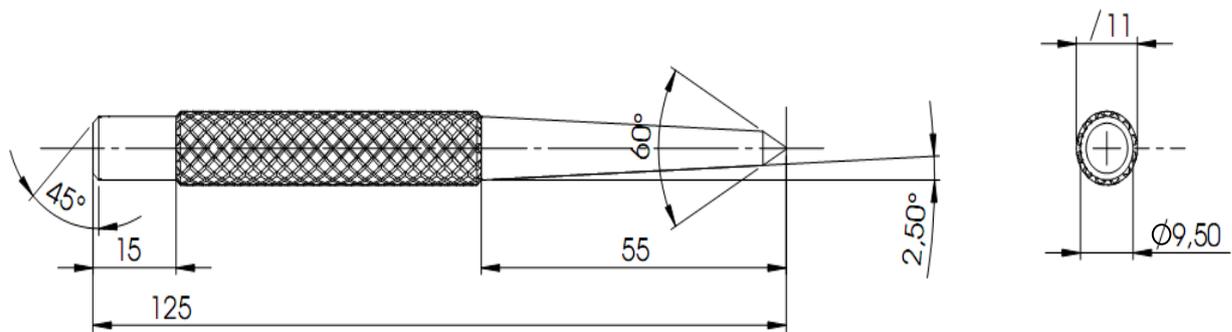
Fig. 23





### EXERCÍCIO 3. USINAGEM DE UM PUNÇÃO DE BICO.

Faça o roteiro de usinagem e execute as operações de torneamento para construir a peça representada no desenho abaixo.



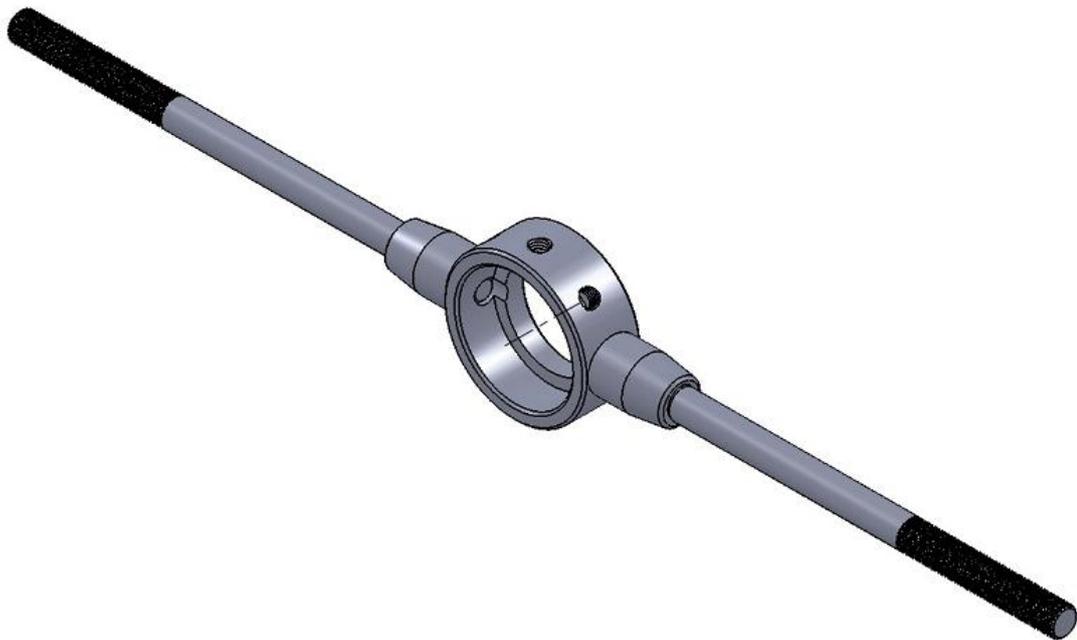
- 1 – Cortar 150mm de aço 1020 redondo com diâmetro de  $\frac{1}{2}$ ".
- 2 – Calcular as velocidades de corte para cada operação de torneamento.
- 3 – Fixar o material na placa deixando uns 25mm para fora da placa.
- 4 – Realizar o faceamento da peça.
- 5 – Realizar a execução do furo de centro.
- 6 – fixar a peça entre placa e ponto deixando apenas 10mm fixados na placa.
- 7 – Realizar o desbaste da peça, com diâmetro de 11mm, até 130mm de comprimento (Observação: tomar cuidado para não deixar a ferramenta de corte atingir a placa. Faça um simulação de deslocamento do carro longitudinal com o torno desligado para conferir se não há risco de atingir a placa)
- 8 – Desbastar a peça, com diâmetro de 9,5mm até o comprimento de 60mm.
- 9 – Realizar o recartilhamento da peça utilizando recartulho com passo de 1,5mm.
- 10 – Inclinar  $2^{\circ}30'$  o carro orientável e realizar o desbaste da ponta cônica até 65mm de comprimento.
- 11 – Cortar a ponta da peça, utilizando uma serra manual, para remover o furo de centro.
- 12 – fixar a peça, na placa, sobre o recartilhado, protegendo-o com uma volta de lixa.
- 13 – Inclinar o carro em um ângulo de  $30^{\circ}$  no sentido anti-horário e realizar o torneamento da ponta.

14 – Virar a peça na placa e desbatar a outra extremidade com diâmetro de 9,5mm.

15 – Facear a peça até ficar no comprimento desejado.

16 – Realizar o chanfro da peça para remover as arestas vivas (aproximadamente 1mm x45°)

#### **EXERCÍCIO 4. CONSTRUÇÃO DE UM DESANDADOR PARA COSSINETES**



#### **EXERCÍCIO 4.1 USINAGEM DO CORPO DO DESANDADOR.**

Faça o roteiro de usinagem e execute as operações de torneamento para construir a peça representada no desenho abaixo







# QUESTÕES

- 1) O que é um torno?
- 2) Quais são os trabalhos que podemos efetuar em um torno?
- 3) Cite quantos tipos de tornos existem.
- 4) O que é um torno universal?
- 5) O que é um torno semi-universal? Cite exemplos.
- 6) Quais os componentes do sistema de fixação da ferramenta?
- 7) Quais os utensílios usados para prender e tornear peças de grande comprimento?
- 8) Para fazer um furo de centro, o que você usaria?
- 9) A que altura devemos fixar a ferramenta para fazer um torneamento externo?
- 10) O que compõe basicamente o corpo do torno?
- 11) Do que compõem basicamente o sistema de transmissão do eixo.
- 12) Como se faz o deslocamento da ferramenta e de movimento da peça em diferentes velocidades?
- 13) Quantos e quais são os carros do torno?
- 14) Quais são os equipamentos de proteção individual para se trabalhar em um torno; e o que não se deve usar para não causar acidentes?
- 15) Para executar o torneamento, quais são os movimentos relativos entre a ferramenta e a peça?
- 16) O que é uma placa de 3 castanhas?
- 17) Qual é a finalidade da ponta e contraponta em um torno
- 18) Como podem ser as placas arrastadoras em um torno?
- 19) O que você entende por luneta em um torno?
- 20) Em quais situações utilizamos a luneta móvel?

## REFERÊNCIAS

AUTOR DESCONHECIDO. **Apostila de torno:** Estudo Básico e Intermediário da disciplina de tornearia. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/61037224/Apostila-de-Torno-Mecnico-Pg-12>>. Acesso em 20 de set. 2011.

AUTOR DESCONHECIDO. Disponível em: <<http://mmborges.com/processos/USINAGEM/TORNEAMENTO.htm>>. Acesso em 20 de set. 2011.

AUTOR DESCONHECIDO. **Processos de fabricação:** torneamento. disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/abaaaaxwyak/tornearia>>. Acesso em: 20 set. 2011.

AUTOR DESCONHECIDO. Disponível em: <[www.perdiamateria.eng.br/Trabalhos/TORNO%20MECANICO.doc](http://www.perdiamateria.eng.br/Trabalhos/TORNO%20MECANICO.doc)>. Acesso em 20 de set. 2011.

AUTOR DESCONHECIDO. **Processos de usinagem.** Disponível em: <[www.ebah.com.br/content/ABAAAUvoAK/processos-usinagem](http://www.ebah.com.br/content/ABAAAUvoAK/processos-usinagem)>. Acesso em 20 de set. 2011.

AUTOR DESCONHECIDO. **Torno mecânico.** Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/61037224/Apostila-de-Torno-Mecnico-Pg-12>>. Acesso em 20 de set. 2011.

CONVÊNIO ENTRE SENAI E COMPANHIA SIDERÚRGICA TUBARÃO. **CPM - Programa de Certificação de Pessoal de Manutenção:** Mecânica Processos de Fabricação. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAO-IAF/aposila-senai-processos-fabricacao>>. Acesso em 20 de set. 2011.

CUNHA, Lauro Salles. **Manual Prático do Mecânico:** Usinagem

DENECKE, Angela Elizabeth. ABREU, Vera Regina Costa. MELO, Edson de. **Noções de tornearia.** Disponível em: <<http://perdiamateria.eng.br/Mecanismos/No%C3%A7%C3%B5es%20de%20Tornearia.pdf>>. Acesso em 20 de set. 2011.

ETE “Cel. Fernando Febeliano da Costa”. . **TECNOLOGIA MECÂNICA – I:** 1o Ciclo de Técnico Mecânica. Disponível em: <<http://www3.fsa.br/mecanica/arquivos/05%20Usinagem.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2011.

FERREIRA, João Roberto. **Processos de Fabricação III.** Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAOTAAK/relatorio-usinagem>>. Acesso em 20 de set. 2011.

PETER, Rogério. **Apostila de Usinagem:** torneamento. Telecurso. 2000, volume II.

ROSA, Luiz Carlos. **OMA- Oficina Mecânica para Automação: Torno e o Processo de Torneamento**. Disponível em: <<http://dc349.4shared.com/doc/jx174x84/preview.html>>. Acesso em 20 de set. 2011.

SCHROETER. Rolf Bertrand; STOETERAU. Rodrigo Lima; WEINGAERTNER Walter Lindolfo. **Processos de Usinagem: Fabricação por Remoção de Material**. Disponível em: <<http://religiao.centralblogs.com.br/post.php?href=usinagem+apostila+toda+ilustrada+ufsc&KEYWORD=26525&POST=3880759>>. Acesso em 20 de set. 2011.

SENAI-RS, **Informações Técnicas Mecânicas**

VIANNA, Filipi Damasceno. **Prática de oficina: Processos de fabricação**. Porto Alegre, 2002.