


PROCESSOS DE MANUFARURA DISCRETA – SEP-0283

Principais processos de usinagem por
remoção de cavaco

Notas de Aulas v.2023 - material
exclusivo para apoio didático as
aulas das disciplinas SEP0283

Renato Goulart Jasinevicius
Arthur Jose Vieira Porto

Principais processos de usinagem por remoção de cavaco

- 
1. Torneamento e operações afins
 2. Furação e operações afins
 3. Fresamento
 4. Centros de Usinagem e centros de torneamento
 5. Outras operações de usinagem



Usinagem

Processo de remoção de material no qual uma ferramenta afiada é usada para **cortar** mecanicamente o material da peça, com aplicação de força, de forma a obter a geometria desejada na peça

- Aplicação mais comum: dar forma a peças metálicas, de madeira e de polímeros.
- Pode ser considerado o mais versátil entre todos os processos de fabricação pela sua capacidade de produzir uma variedade de geometrias e características geométricas com alta precisão e exatidão de detalhes.

Classificação de peças usinadas

- Rotacional - forma cilíndrica ou de disco
- Não rotacional (também chamada de prismática) - tipo bloco ou placa

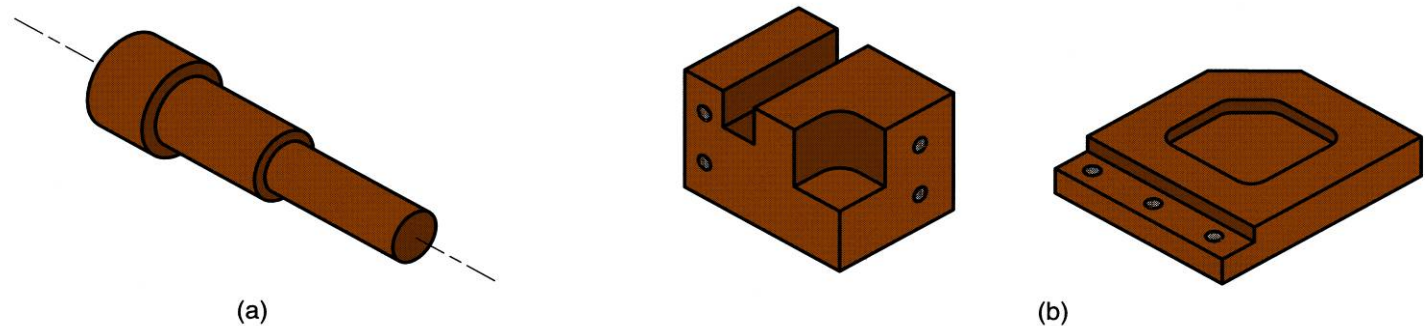
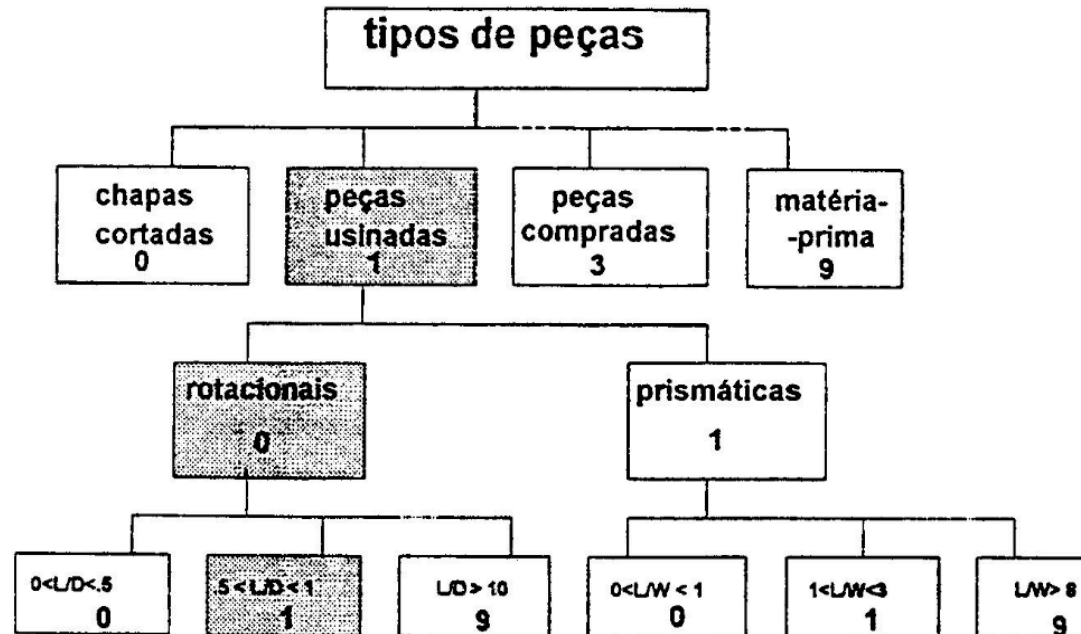


Figura 1. As peças usinadas são classificadas como: (a) rotacionais ou (b) não rotacionais, mostradas aqui por blocos e peças planas.

Tipos de peças

TECNOLOGIA DE GRUPO



Operações de usinagem e geometria da peça

Cada operação de usinagem produz uma geometria de peça característica devido a dois fatores:

1. Movimentos relativos entre ferramenta e peça de trabalho
 - *Gerando* - geometria da peça determinada pela trajetória de avanço da ferramenta de corte
2. Forma da ferramenta de corte
 - *Perfilando* - a geometria da peça é criada pela forma da ferramenta de corte





Formas da superfícies x processos de usinagem

De um modo geral, as principais operações de usinagem, com retirada de cavaco, podem ser classificadas em:

Torneamento.cilíndrica longitudinal e plana transversal

Aplainamento. impressão linear da forma da ferramenta

Fresamento....impressão linear da forma da ferramenta

Furação.cilíndrica

Brochamento. ...impressão da forma da ferramenta

Mandrilamento... cilíndrica

Retificação Cilíndrica.... cilíndrica

Retificação Plana...impressão plana da forma da ferramenta

Centro de Fresamento Impressão da forma da ferramenta em ate 3 eixos de movimentação – apenas aqui para ferramentas de pequena área pode-se usinar superfícies.

A geração das formas

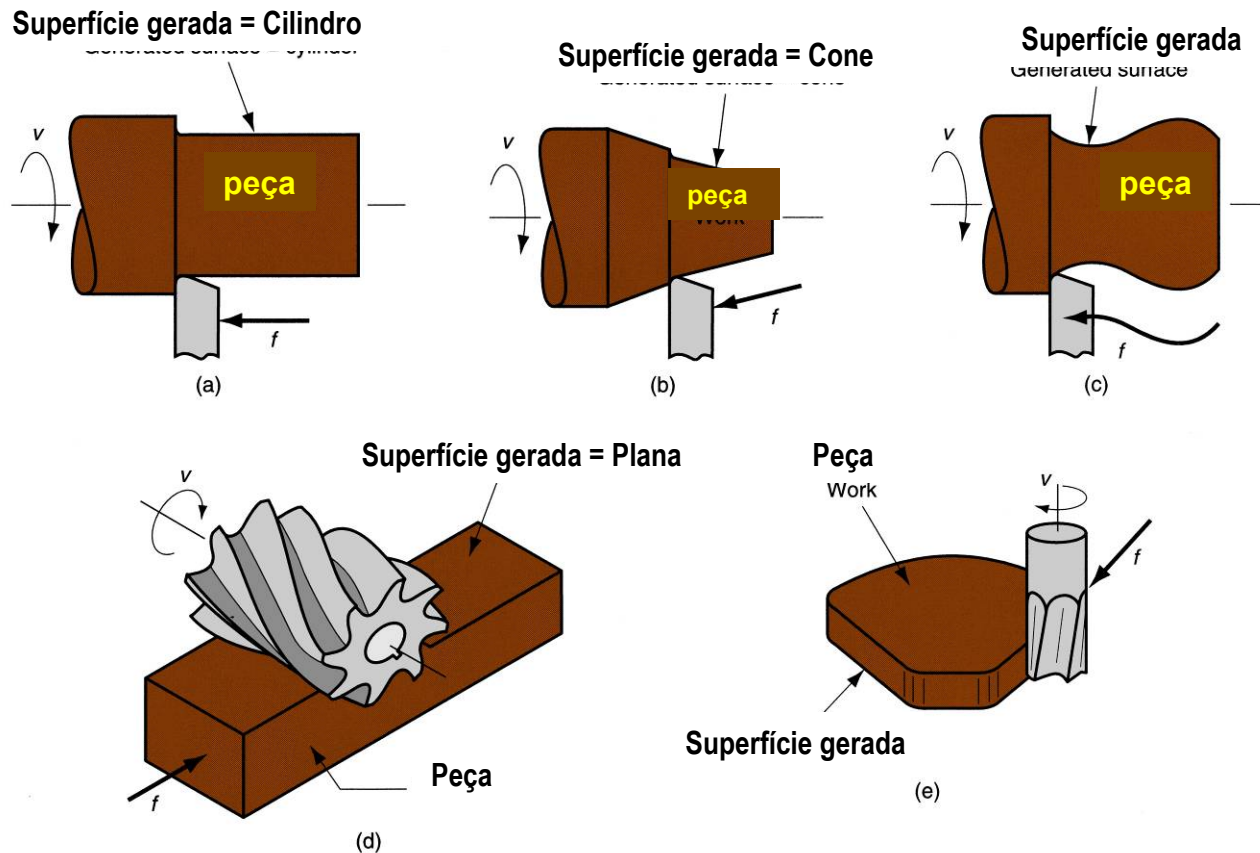


Figura 2. Gerando forma: (a) torneamento cilíndrico, (b) torneamento cônico, (c) torneamento de perfil, (d) fresamento cilíndrico tangencial, (e) fresamento de perfil com fresa de topo.

Perfilação para criar formas

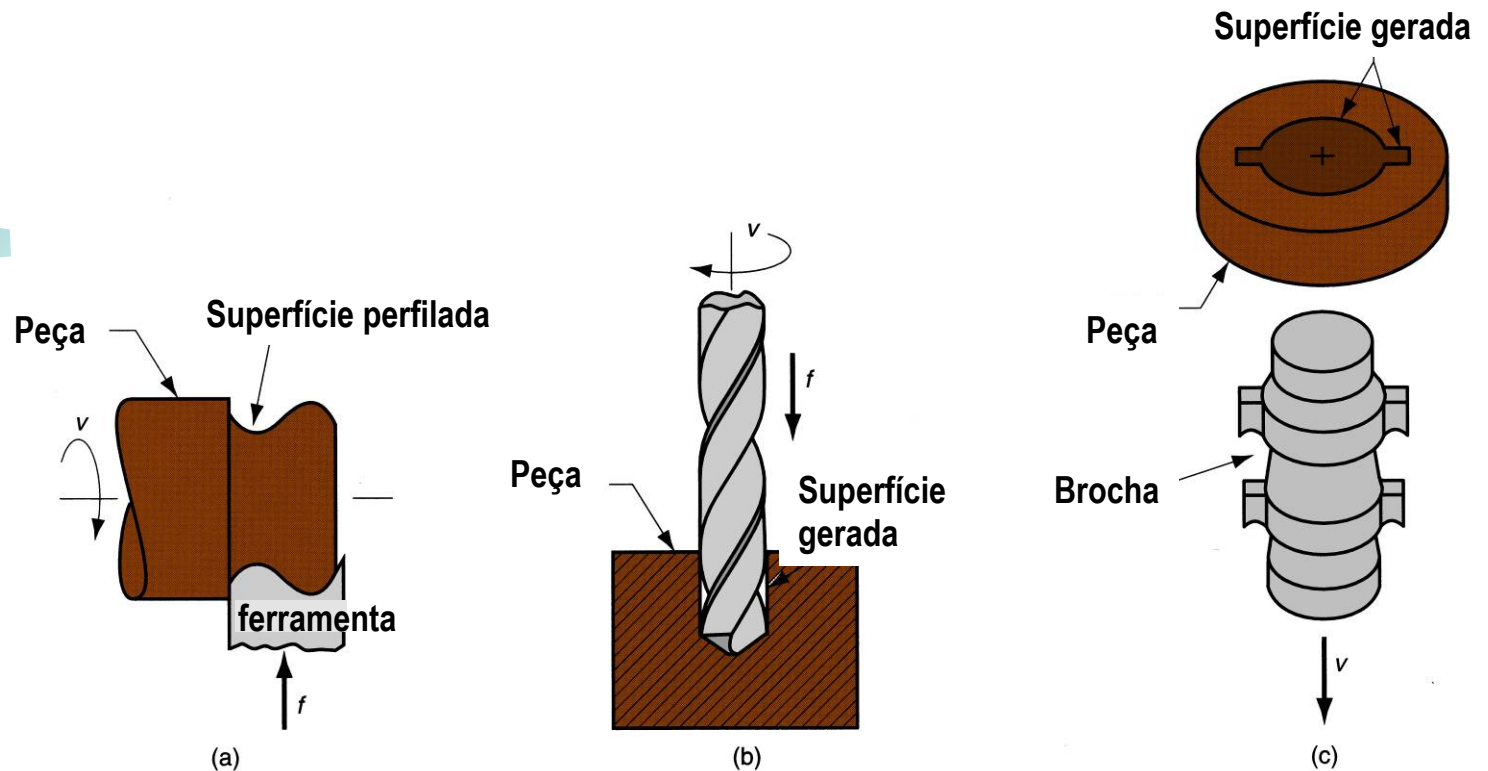


Figura 3. Perfilação para criar formas: (a) Perfilamento axial com ferramenta de forma, (b) Furação e (c) Brochamento.

Perfilamento e geração para criar formas

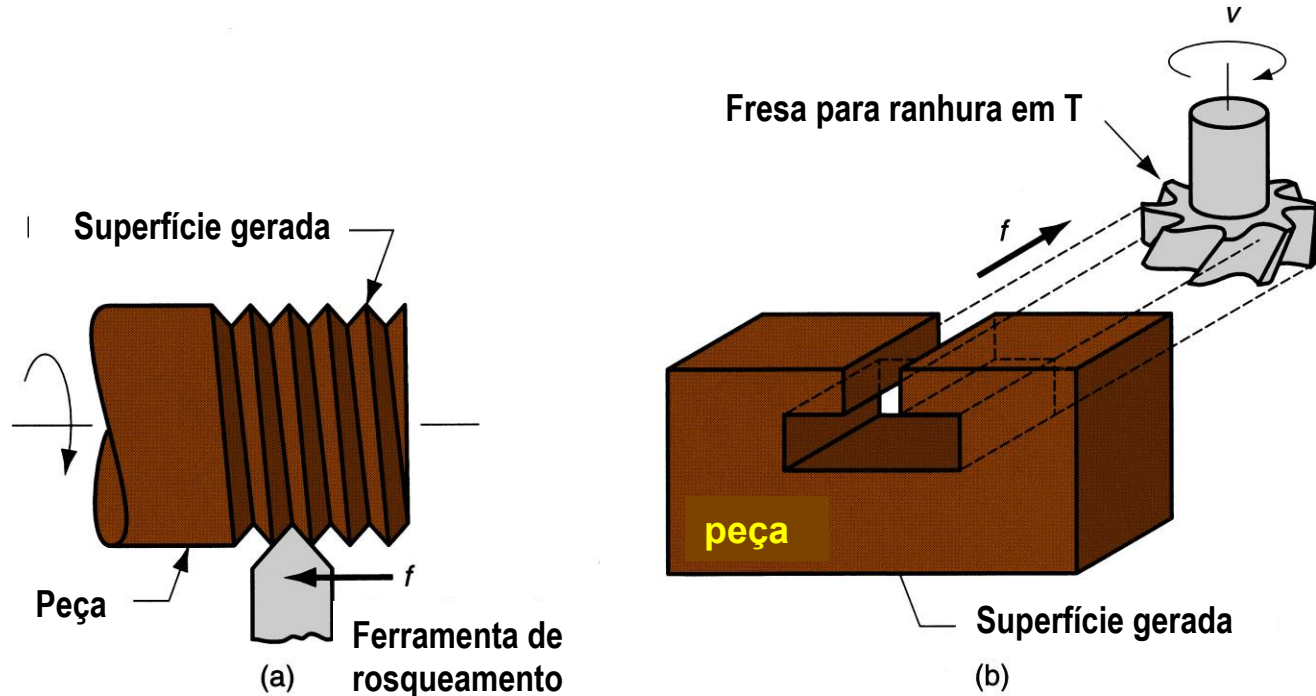
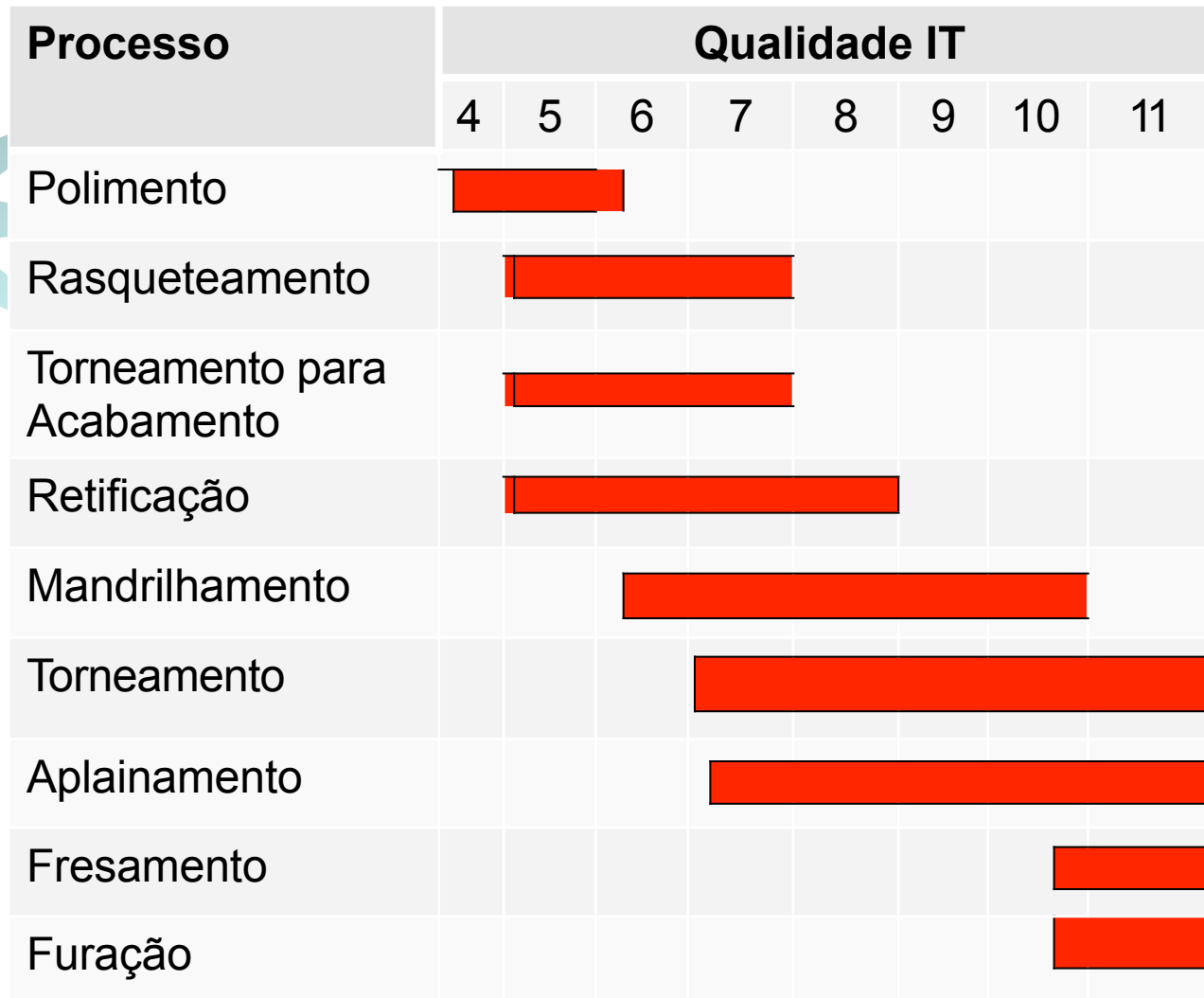


Figura 4. Combinação de formação e geração para criar a forma: (a) corte de rosca em um torno e (b) fresamento de canais em T.

PROCESSOS DE FABRICAÇÃO E QUALIDADE DE TRABALHO





Torneamento

A ferramenta monocortante remove o material de uma peça rotativa para gerar um cilindro

- Executado em uma máquina-ferramenta chamada torno
- Variações das operações de torneamento realizadas em um torno :
 - Faceamento
 - Torneamento de perfil
 - Chanframento
 - Sangramento
 - Rosqueamento

Torneamento

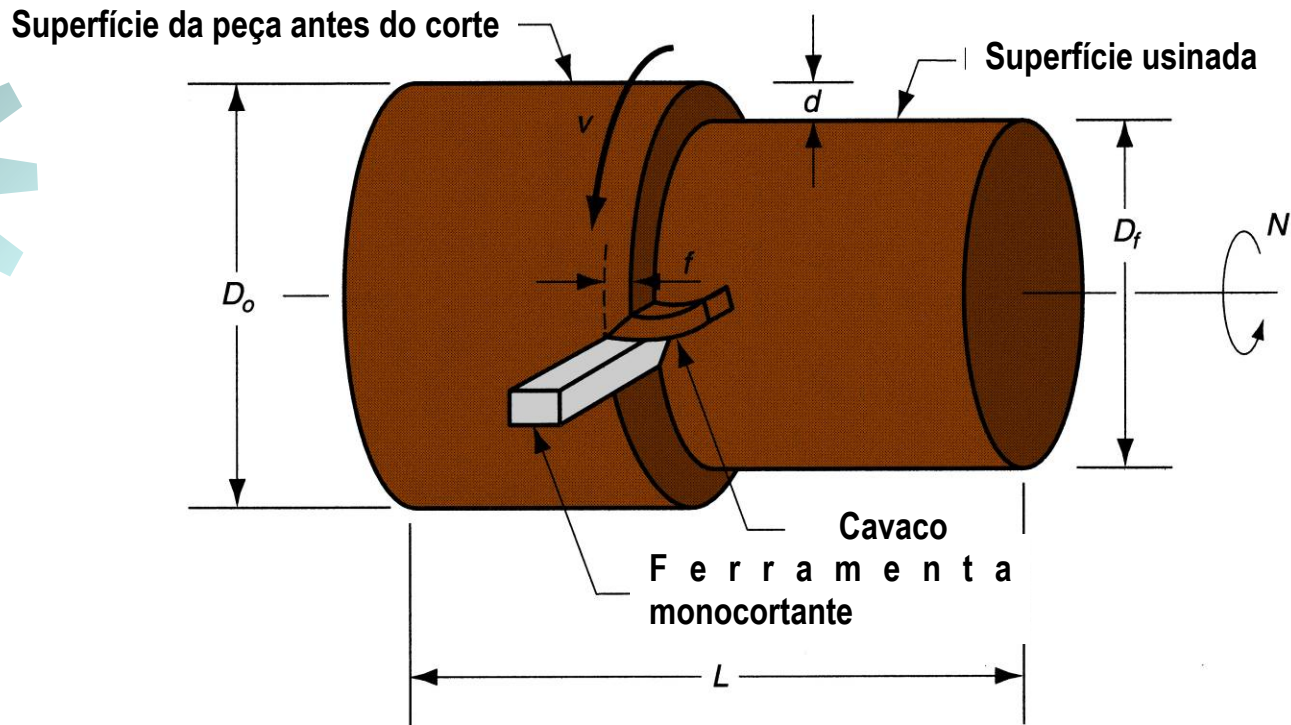
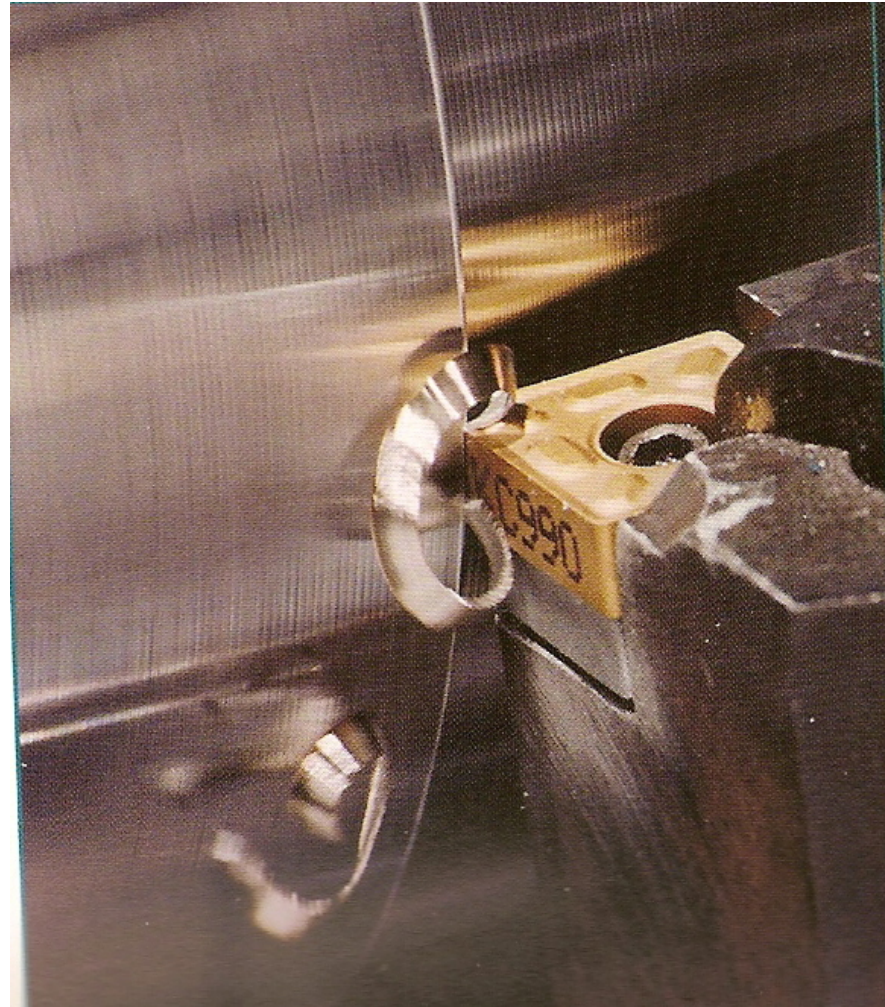


Figura 5. Operação de torneamento.

Operação de Torneamento

Detalhe de uma operação de torneamento em aço usando uma pastilha de corte de carboneto revestido de nitreto de titânio (foto cortesia da Kennametal Inc.)



Faceamento

A ferramenta é alimentada radialmente para dentro

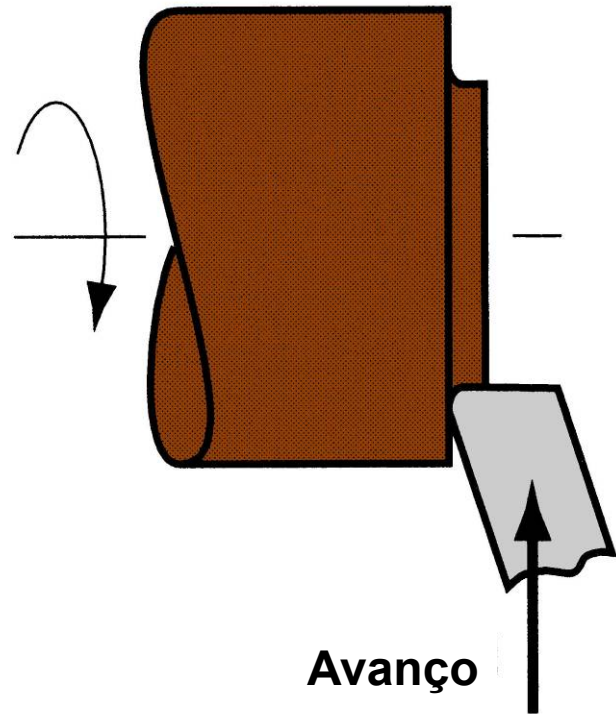


Figura 6. (a) faceamento

(a)

Torneamento curvilíneo

- Em vez de alimentar a ferramenta paralela ao eixo de rotação, a ferramenta segue um perfil que não é reto, criando assim uma forma de contorno

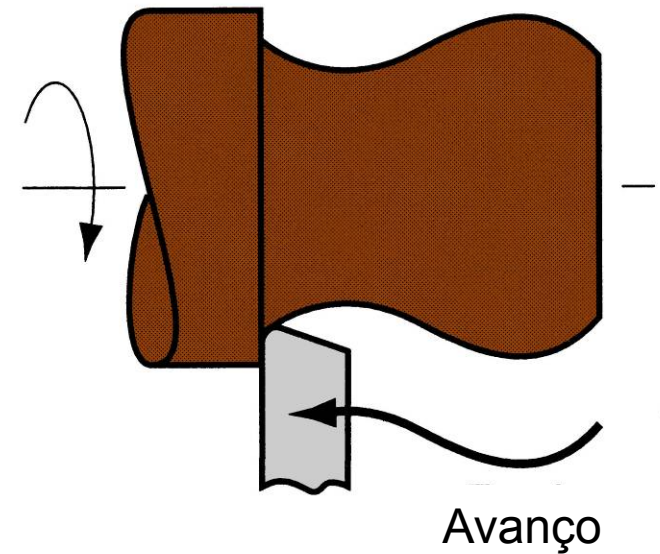


Figura 6. (b) Torneamento curvilíneo

(c)

Chamframento

- Aresta da ferramenta corta em ângulo a borda do cilindro, gerando o chanfro

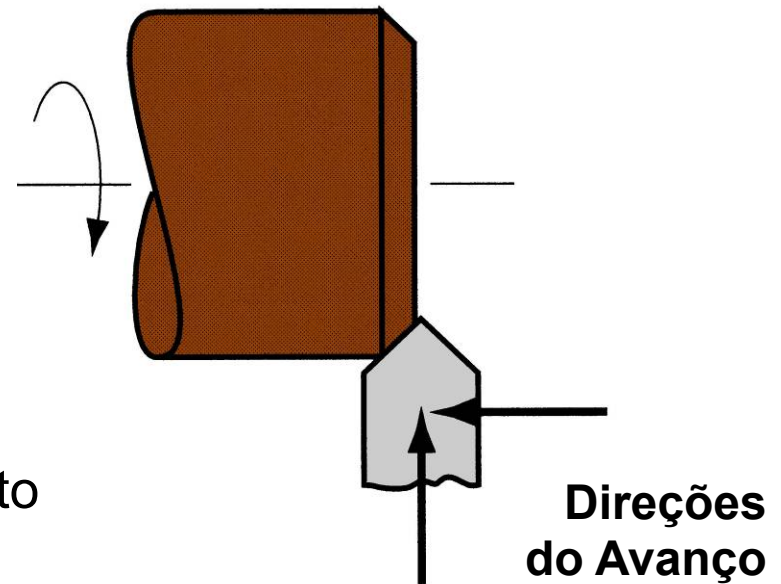


Figura 6. (c) chamframento

(e)

Sangramento

- A ferramenta é avançada radialmente na peça rotativa em algum pontol para cortar a extremidade da peça

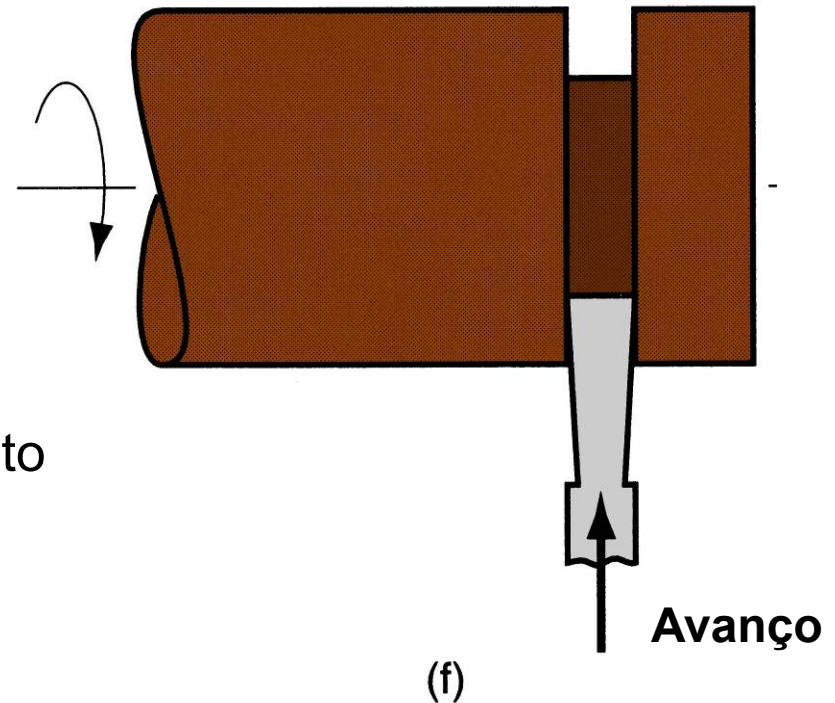


Figura 6. (d) Sangramento

Rosqueamento

- A ferramenta de forma pontiaguda é avançada axialmente através da superfície da peça rotativa com alta taxa de avanço, criando assim roscas

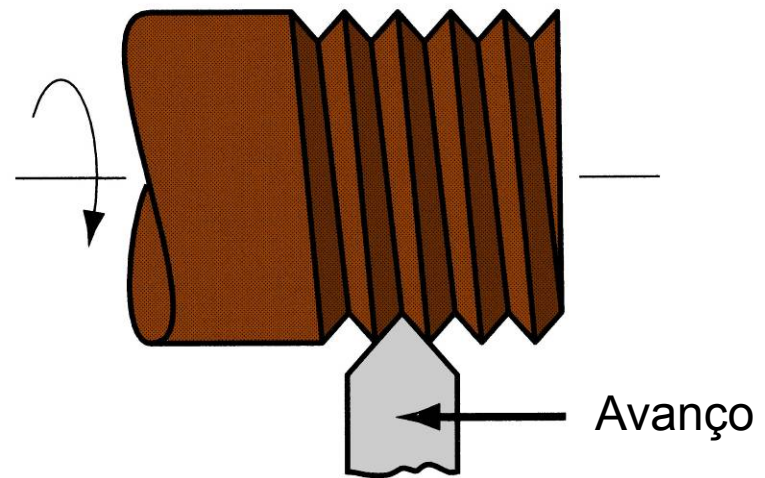


Figure 6 (e) Rosqueamento

(g)

Torno Mecânico

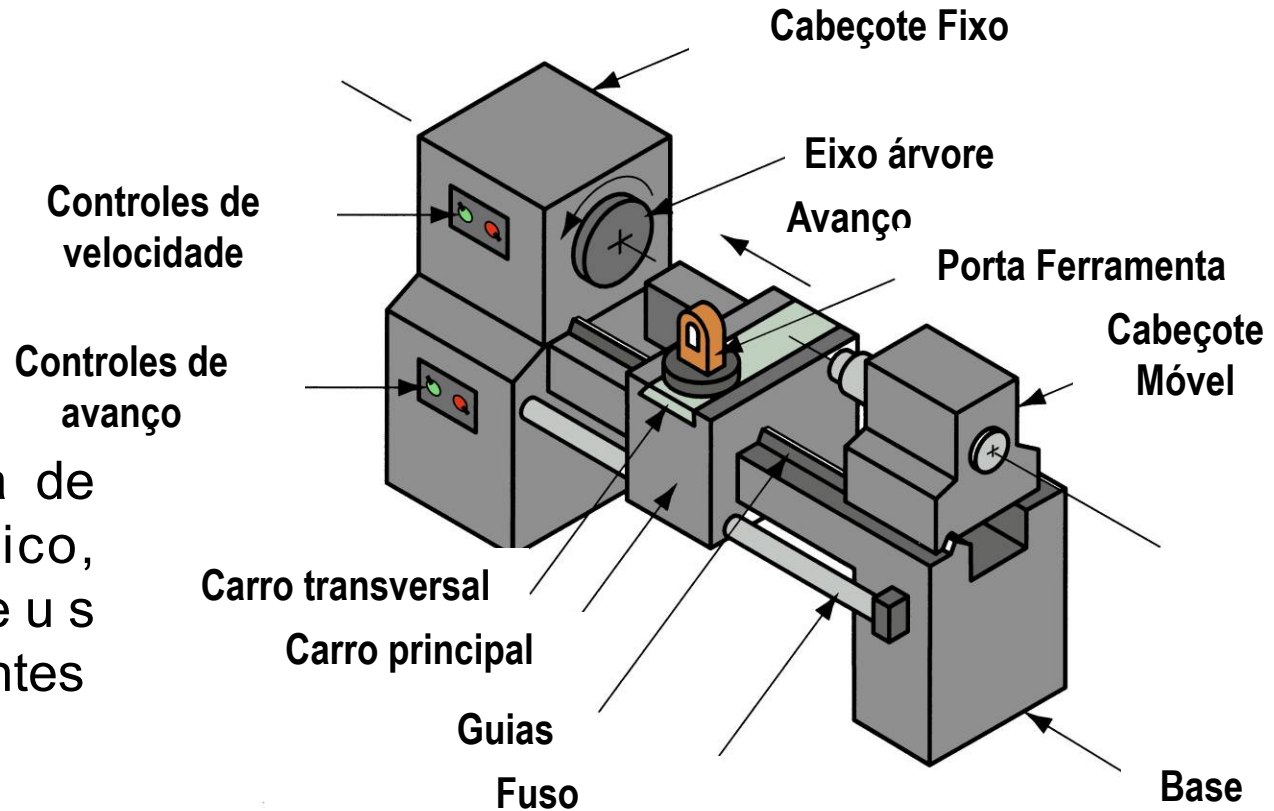


Figura 7. Diagrama de um torno mecânico, mostrando seus principais componentes



Métodos para fixação da peça no Torno

- Fixação entre centros
- Placa de três castanhas
- Pinça
- Placa de 4 castanhas para peças não cilíndricas

Fixação entre Centros e 3 castanhas

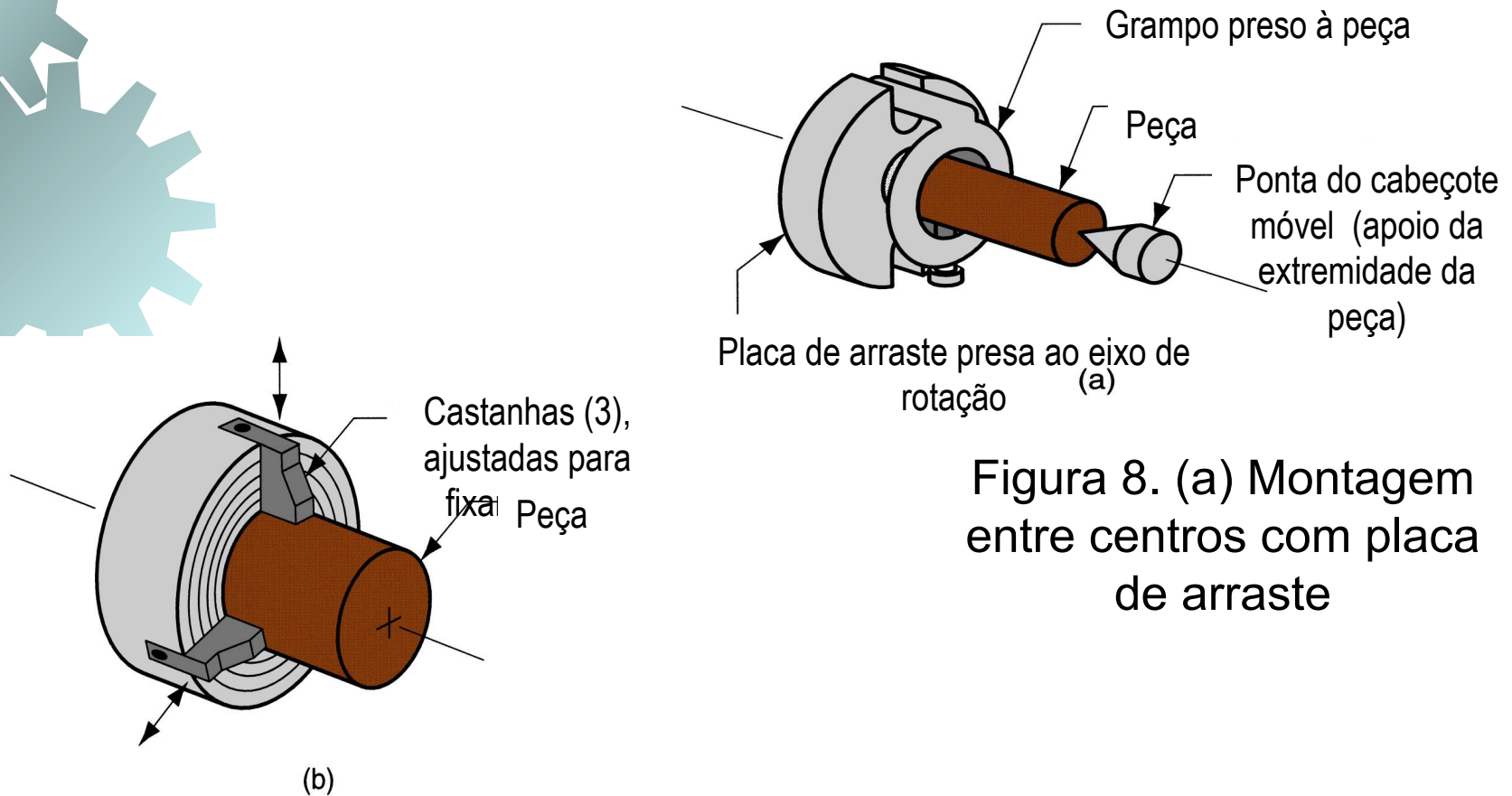


Figura 8. (b) placa de três castanhas

Pinça e 4 castanhas

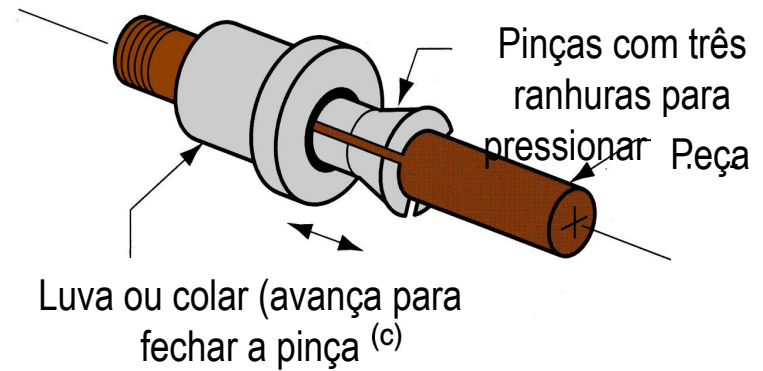


Figura 8 (c) Pinça

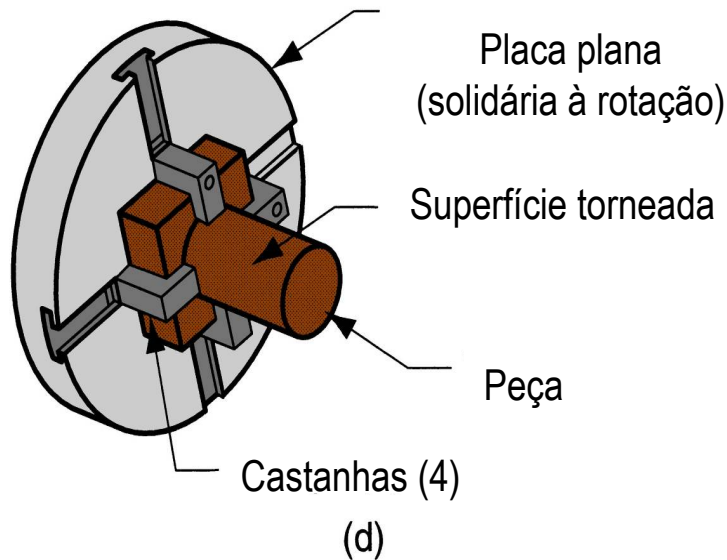


Figura 8 (d) Placa com 4 castanhas para peças não cilíndricas



Torno Revólver

Cabeçote Móvel substituído por "torre" que detém até seis ferramentas

- Ferramentas rapidamente colocadas em ação indexando a torre
- Torre porta ferramenta substituído por torre de quatro lados para indexar quatro ferramentas
- Aplicações: trabalhos de alta produção que requerem uma sequência de cortes na peça

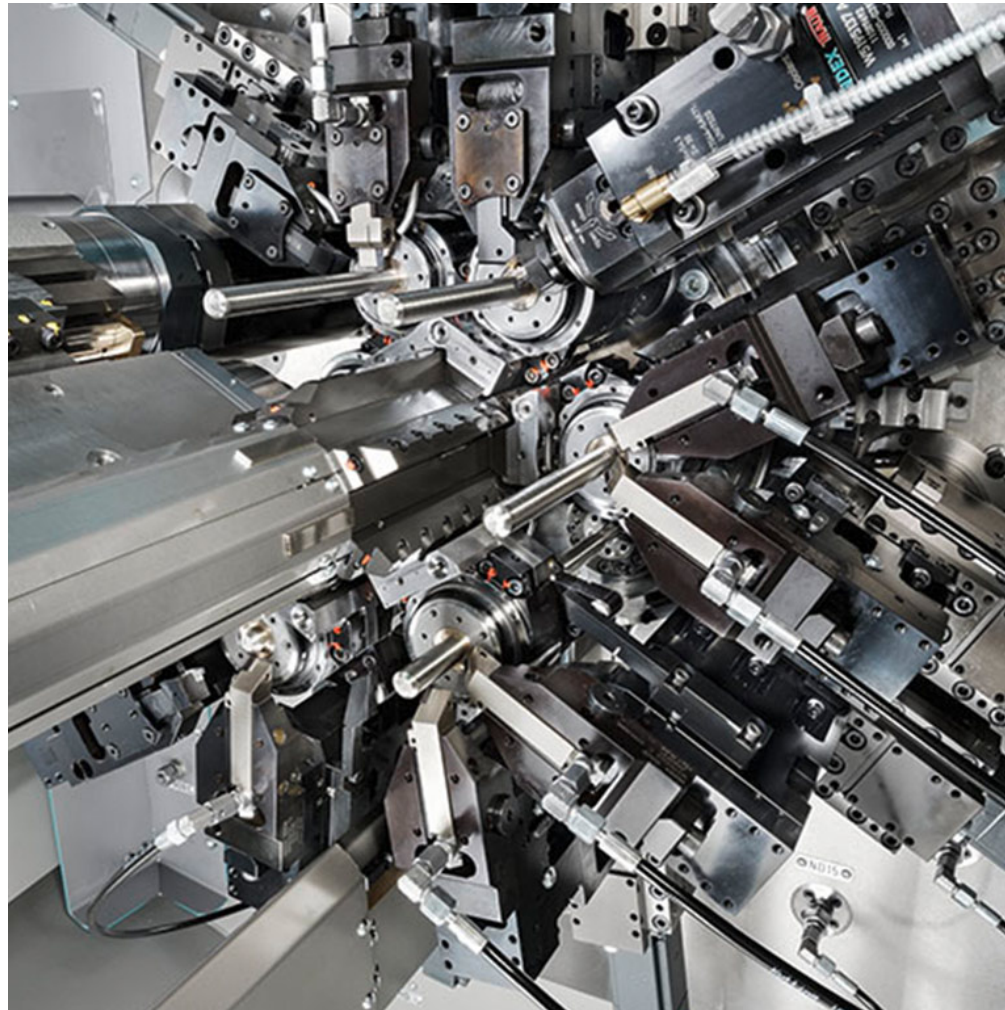
Torno Vertical



Tornos alimentados por barra de múltiplos eixos

- Mais de um eixo árvore, portanto, várias peças usinadas simultaneamente por várias ferramentas
 - Exemplo: a máquina de barra automática de seis fusos trabalha em seis peças ao mesmo tempo
- Após cada ciclo de usinagem, os fusos (incluindo pinças e barras de trabalho) são indexados (girados) para a próxima posição

Tornos alimentados por barra de múltiplos eixos



Tornos alimentados por barra de múltiplos eixos

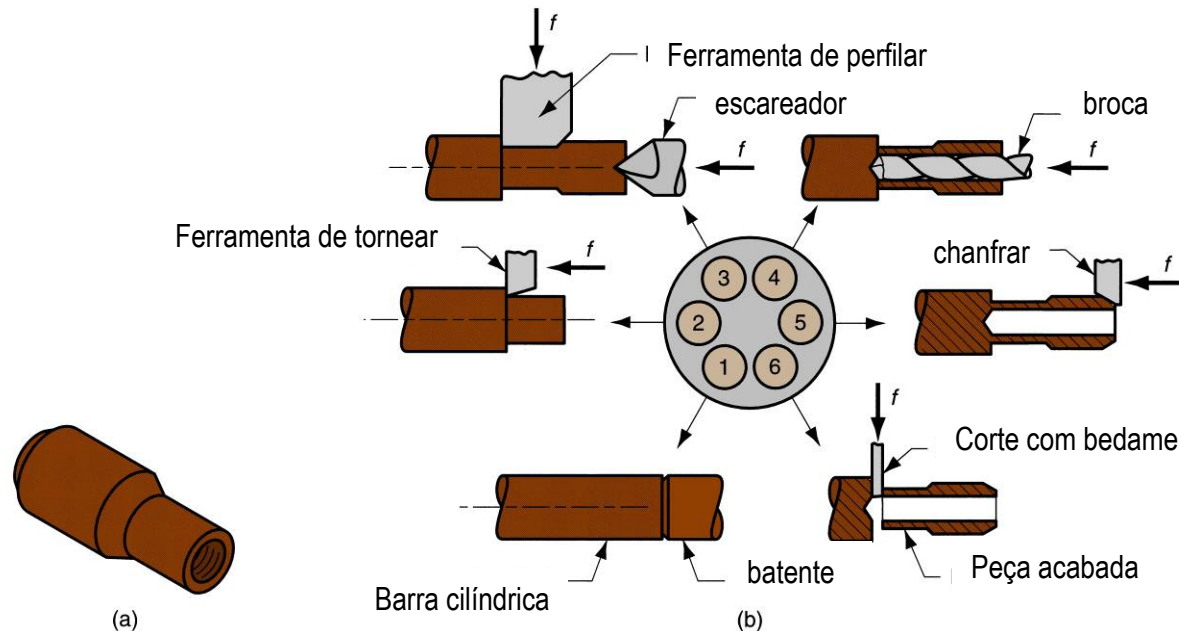


Figura 9 (a) Peça produzida em um Torno alimentada por barra automática de seis fusos; e (b) seqüência de operações para produzir a peça: (1) alimentação da barra de material até o batente, (2) torneamento do diâmetro principal, (3) torneiar o segundo escalonamento e escareamento, (4) furação, (5) chanframento e (6) corte. ©2007 John Wiley & Sons, Inc. M P Groover, *Fundamentals of Modern Manufacturing 3/e*

Torno Vertical



Torno Vertical



Torno Vertical

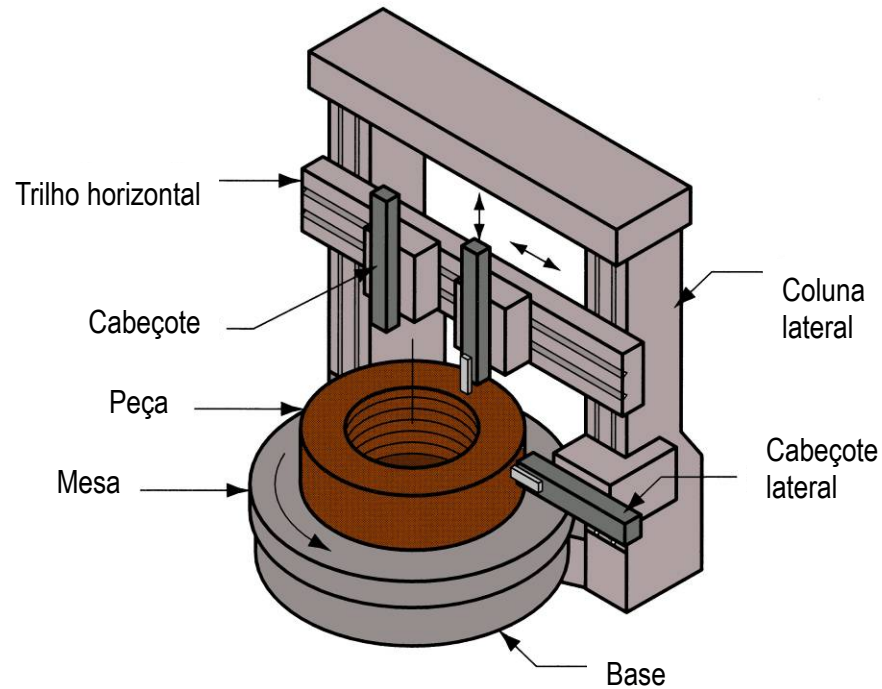


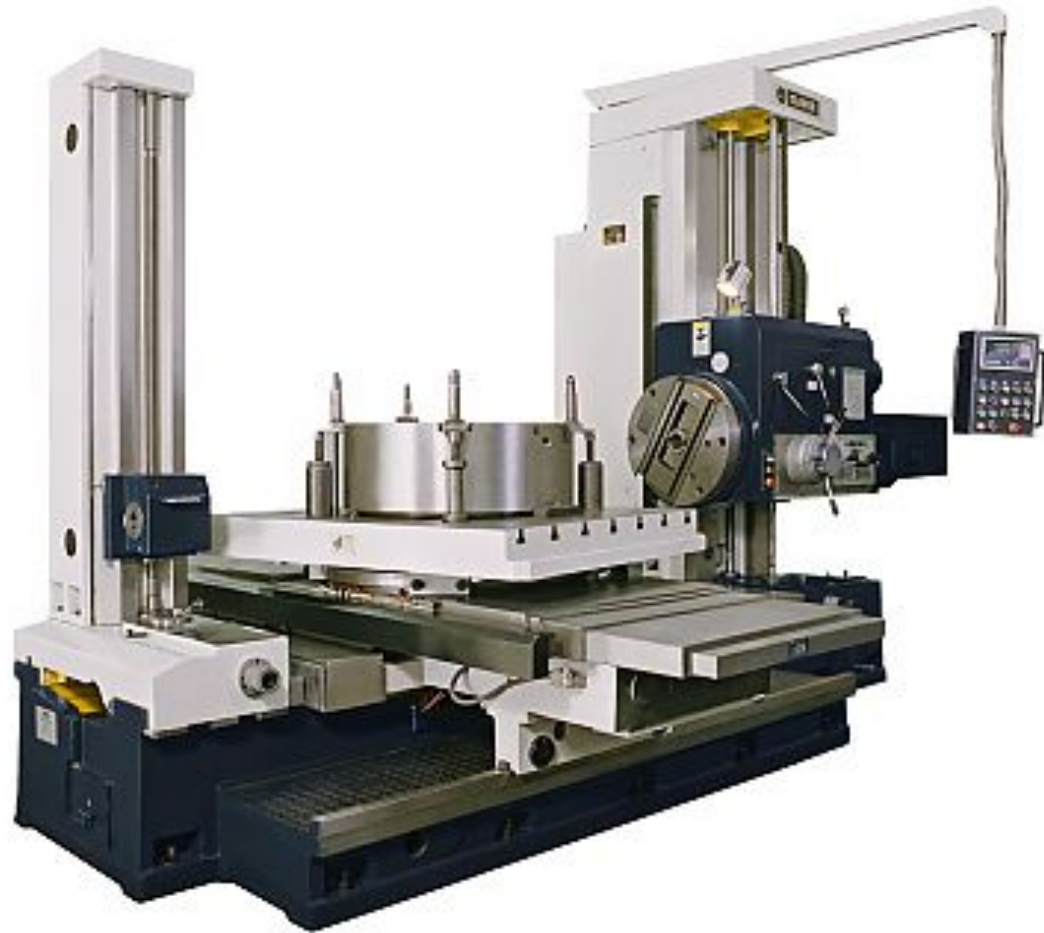
Figura 10 Torno Vertical – para peças grandes e pesadas



Mandrilamento

- Diferença entre mandrilamento e torneamento :
 - O mandrilamento é realizado no diâmetro interno de um furo existente
 - O torneamento é realizado no diâmetro externo de um cilindro existente
- Na verdade, o mandrilamento é uma operação de torneamento interno, quando no torno vertical
- Mandriladoras
 - Horizontal ou vertical - refere-se à orientação do eixo de rotação do eixo árvore da máquina

Mandriladora



Mandriladora



Mandriladora



Mandriladora



Furação

- Cria um furo redondo em uma peça
- Comparado ao mandrilamento, que só pode ampliar um furo existente
- Ferramenta de corte chamada broca
- Máquina: Furadeira

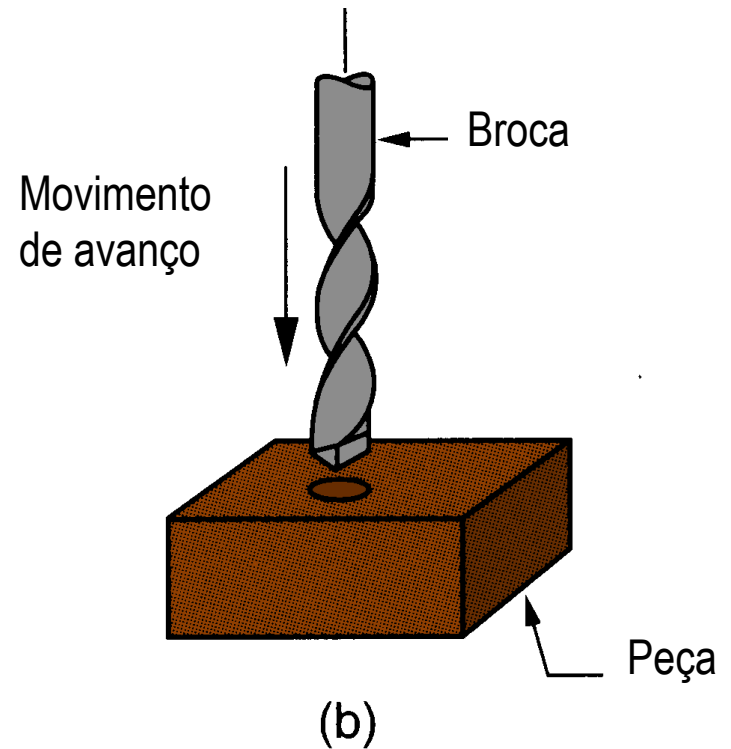


Figura 11 Furação

Furos passantes vs. Furos cegos

Furos passantes – broca sai do outro lado da peça

Furo cego – não atravessa a peça

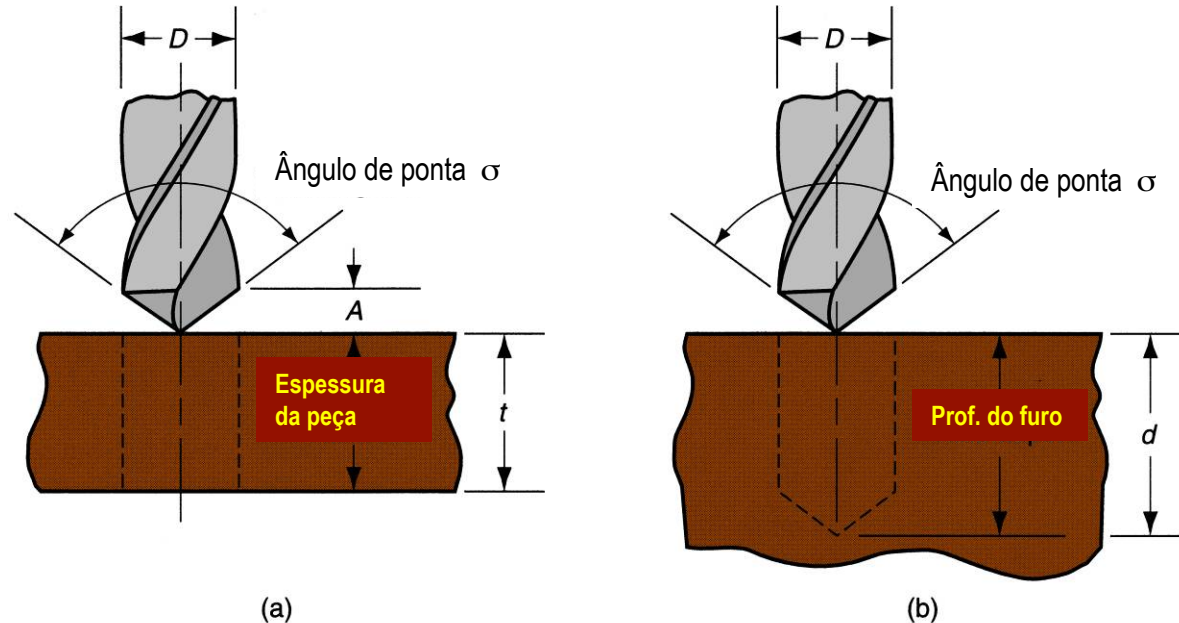


Figura 12. Dois tipos de furo: (a) passante, e (b) cego.

Alargamento

- Usado para aumentar ligeiramente o diâmetros de um furo, fornecer melhor tolerância no diâmetro e melhorar o acabamento da superfície

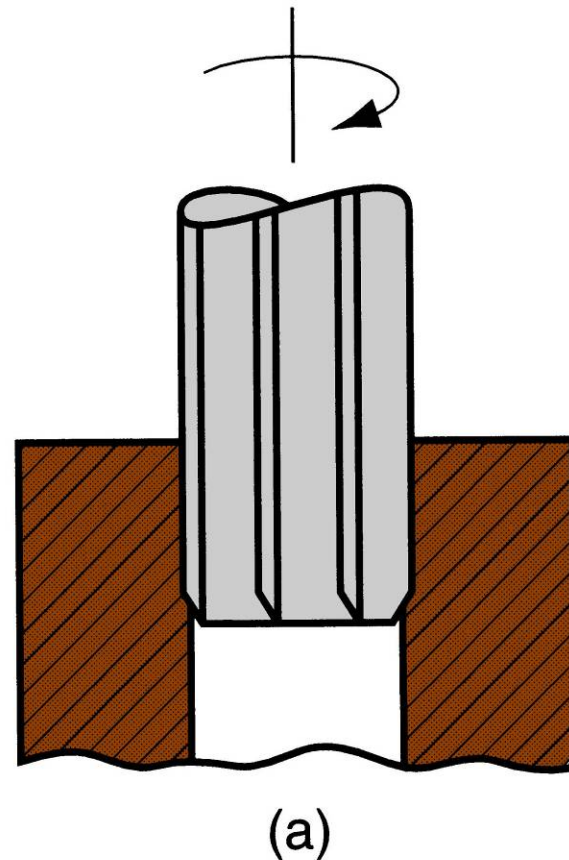


Figura 13. Operação de usinagem relacionada a furação: (a) alargamento

Roscamento

- Usado para produzir roscas internas em um orifício existente
- Ferramenta é chamada de “macho”

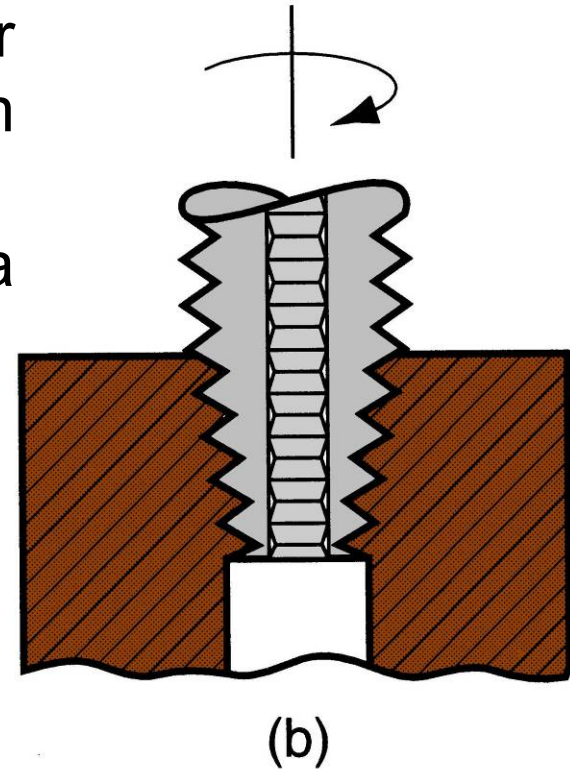


Figura 13 (b) rosqueamento

Escareamento

- Produz um furo escalonado, no qual um diâmetro maior segue um diâmetro menor para dentro do furo

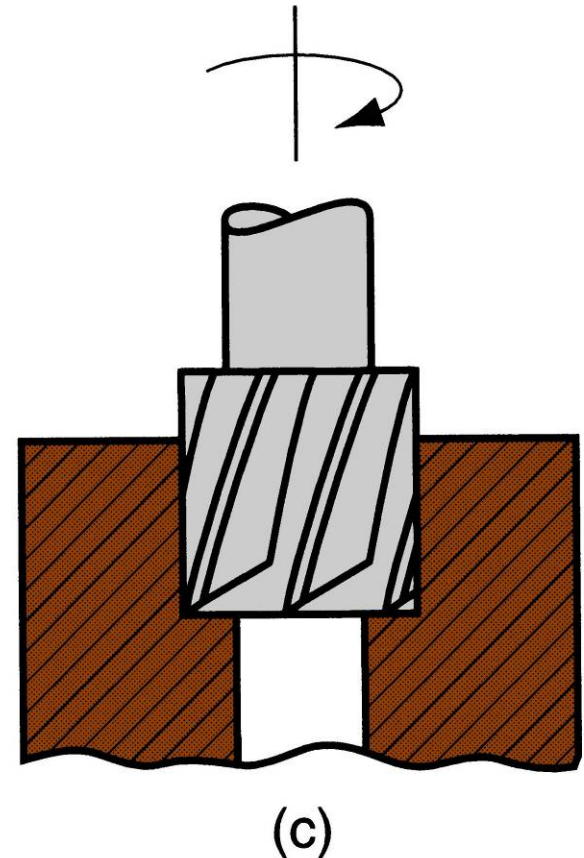


Figura 13 (c) escareamento

Furadeira

- Furadeira de coluna
- Furadeira de bancada é menor e é posta sobre bancadas

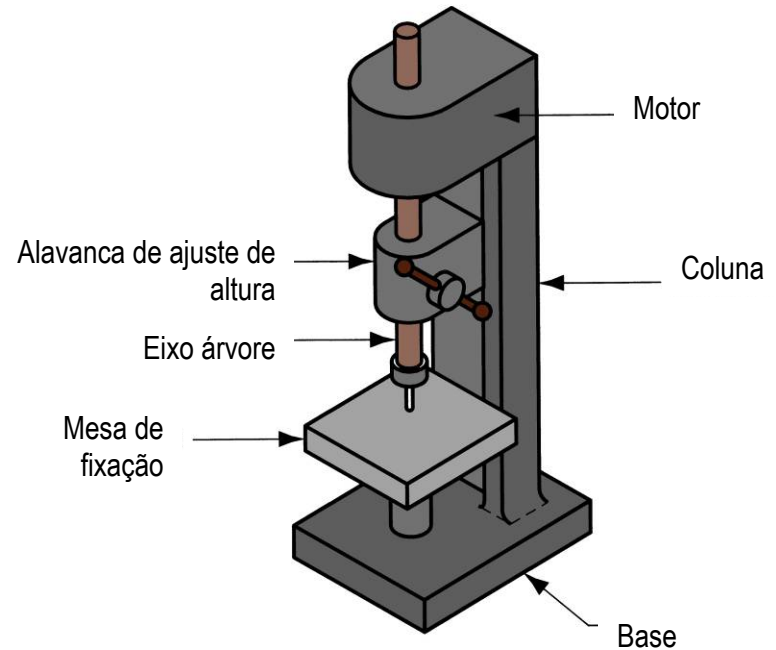


Figure 14. Upright drill press

Furadeira Radial

Furadeira de grande porte projetada para peças grandes

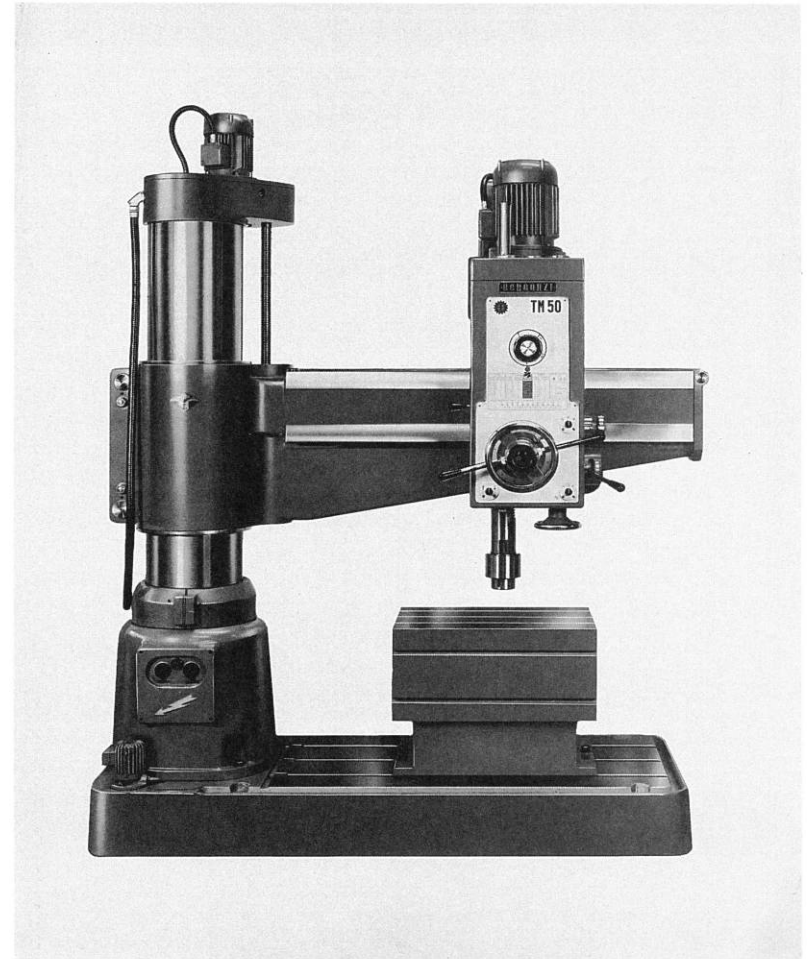


Figura 15. Furadeira radial
(Cortesia Willis Machinery and
Tools).



Fresamento

Operação de usinagem em que a peça é avançada sob uma ferramenta rotativa com várias arestas de corte

- O eixo de rotação da ferramenta é perpendicular ao avanço
- Cria uma superfície plana
 - Outras geometrias possíveis dada pela trajetória da ferramenta ou forma
- Outros fatores ou termos:
 - Operação de corte interrompido
 - Ferramenta chamada de fresa, arestas de corte são dentes
 - Máquina ferramenta chama-se Fresadora

Duas Formas de Fresamento

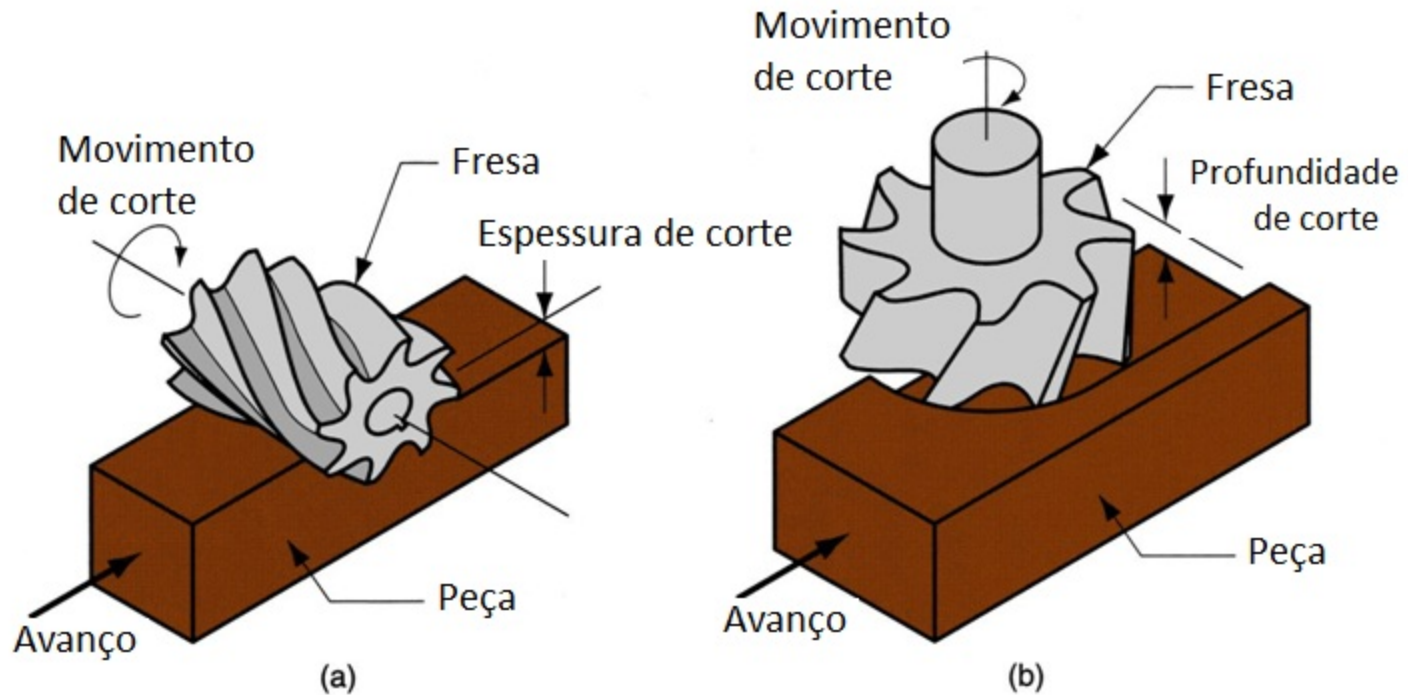


Figure 16. Duas Formas de Fresamento: (a) Fresamento Tangencial, e (b) fresamento frontal.



Fresamento Tangencial vs. Frontal

- Fresamento Tangencial
 - Eixo de rotação da ferramenta paralelo à superfície sendo usinada
 - Arestas de corte na periferia da ferramenta
- Fresamento frontal
 - Eixo de rotação da ferramenta perpendicular à superfície sendo usinada
 - Arestas de corte tanto embaixo quanto do lado externo da ferramenta

Fresamento tangencial de face

- Forma básica de fresamento periférico em que a largura da fresa se estende além da peça em ambos os lados

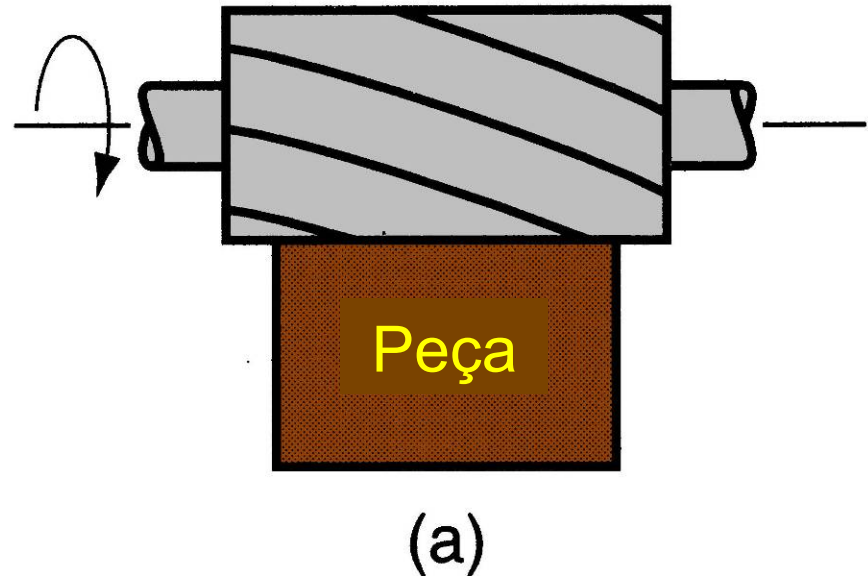
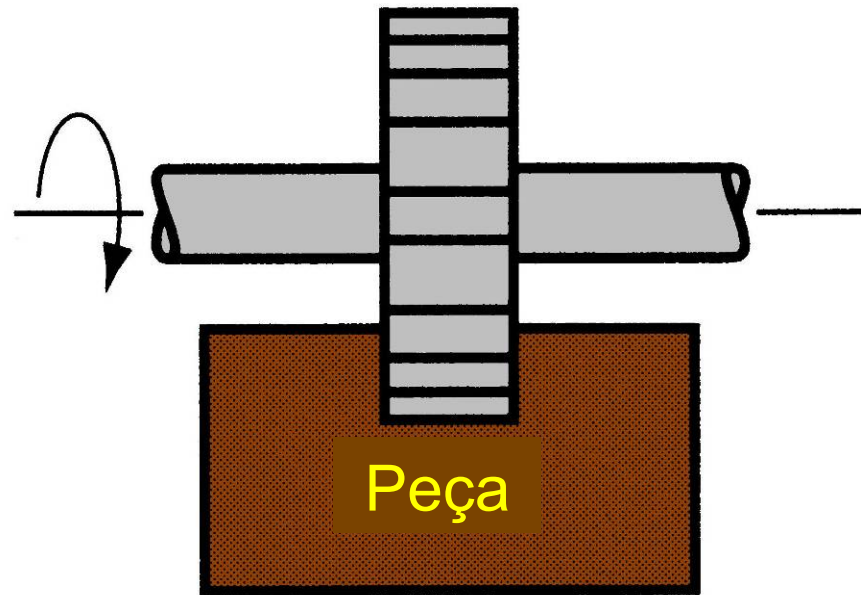


Figura 17 (a)
Fresamento de face

Fresamento de canais

- A largura da ferramenta é menor do que a largura da peça, criando um canal na peça

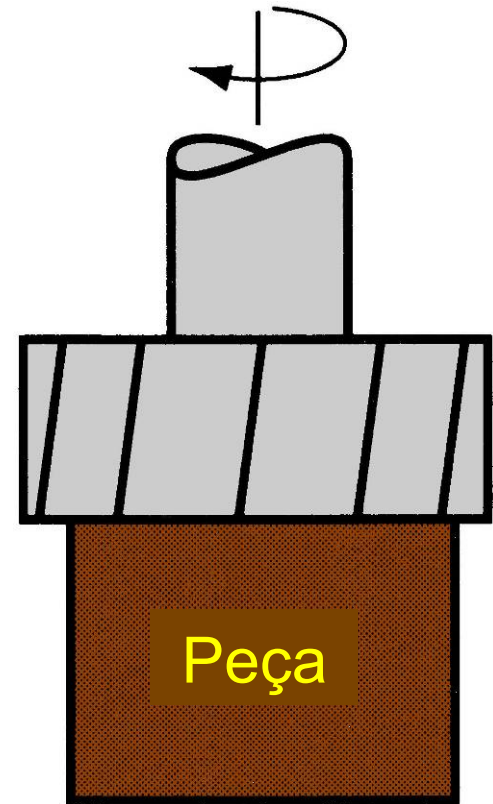


(b)

Figura 17 (b)
fresamento de canal

Fresamento frontal convencional

Fresa corta por baixo e pela lateral

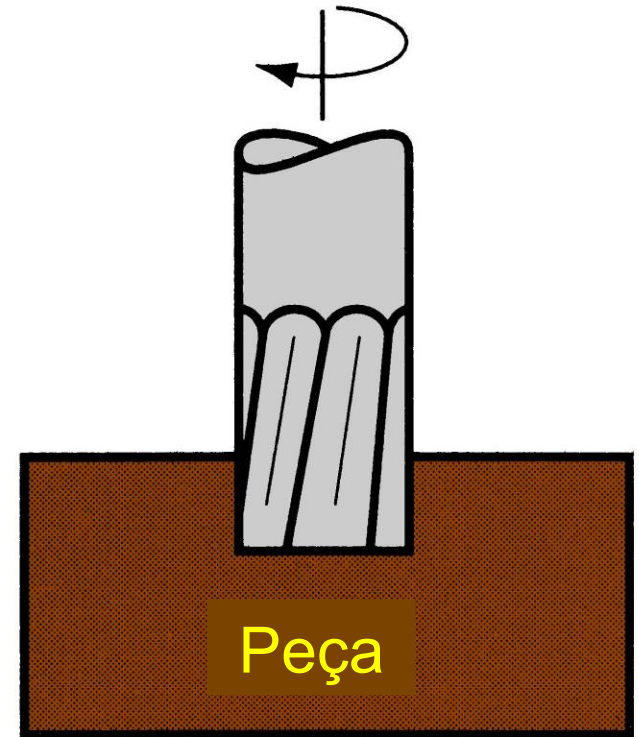


(a)

Figura 18 (a) Fresamento de faceamento parcial

Fresamento de topo

- Diâmetro da fresa é menor que a largura da peça, de forma que um canal/rebaixo é formado na peça



(c)

Figura 18 (c) fresamento de topo

Fresamento de perfil

Forma de fresamento de topo no qual a periferia da peça é cortada

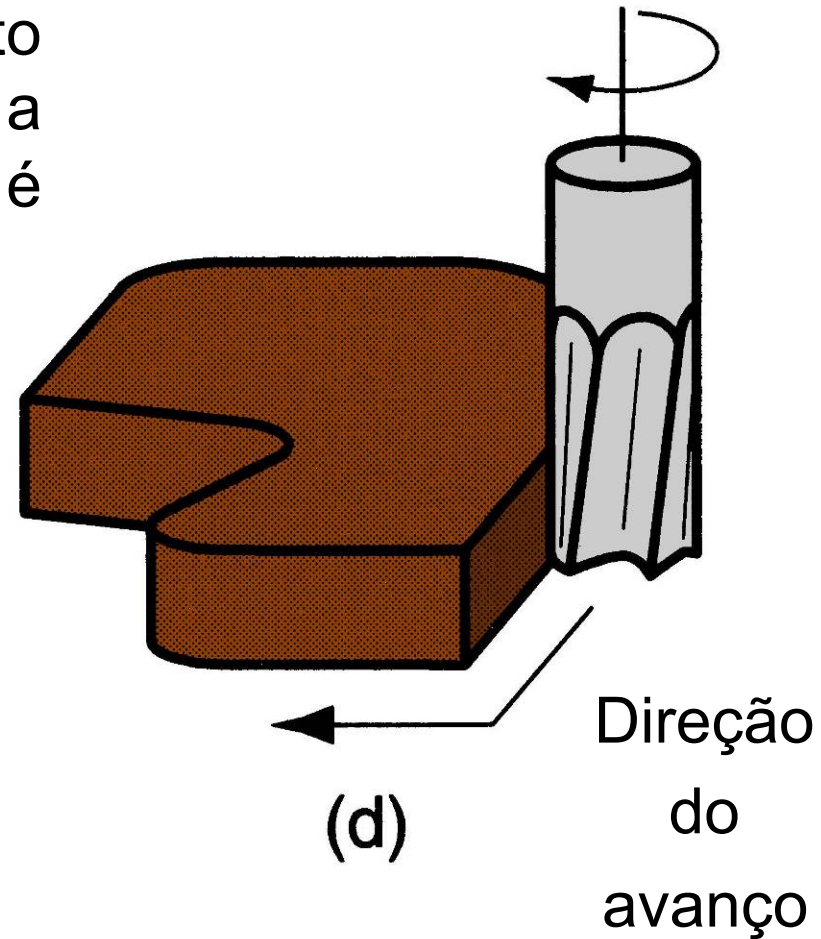
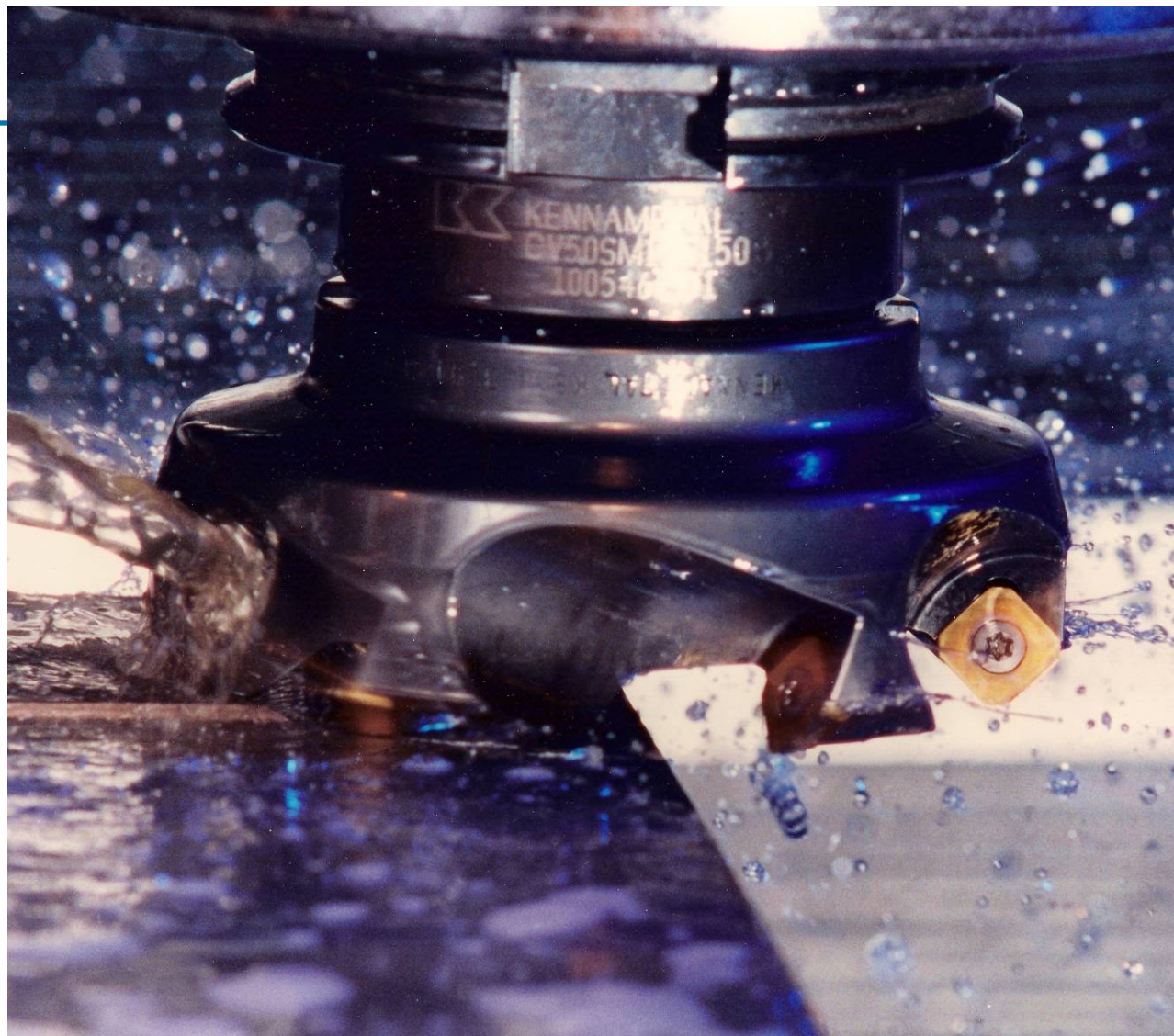


Figura 18 (d) Fresamento de perfil



Fresamento de faceamento de alta velocidade usando pastilhas intercambiáveis (foto cortesia da Kennametal Inc.).



Fresamento de Cavidades

- Outra forma de fresamento de topo usada para fresar bolsões rasos em peças planas

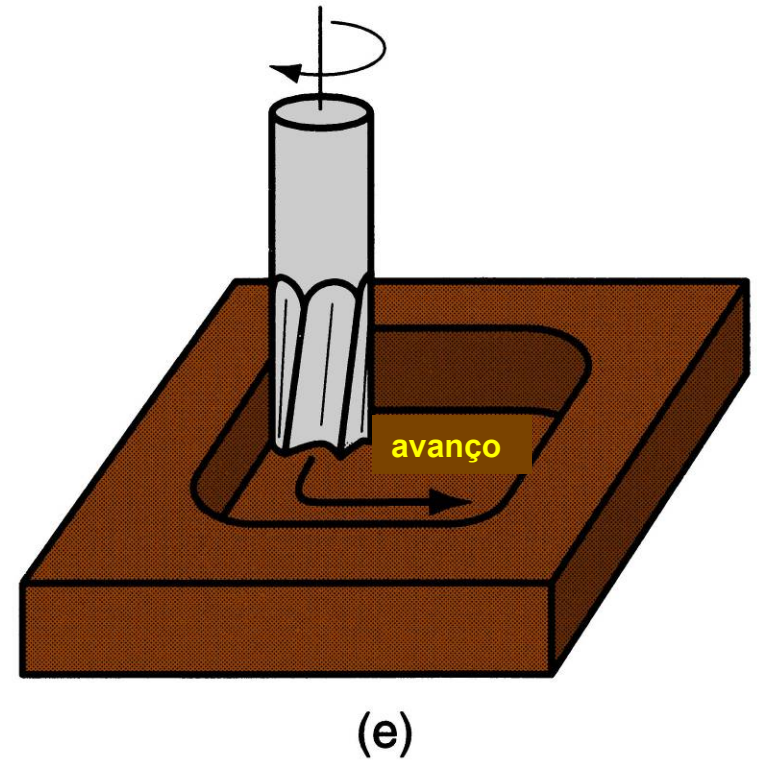
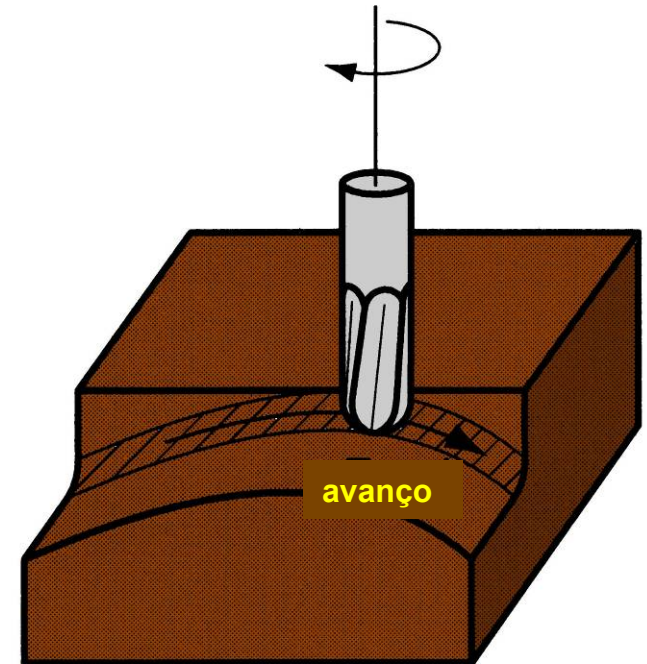


Figura 18 (e) fresamento de cavidade

Fresamento de Superfícies curvas

- Ferramenta de ponta esférica (*ball-nose*) avança ao longo de uma trajetória curvilínea e cobrindo toda a peça (com idas e vindas) para criar forma tridimensional, côncava ou convexa na superfície da peça



(f)

Figura 18 (f) surface contouring

Fresadora Horizontal

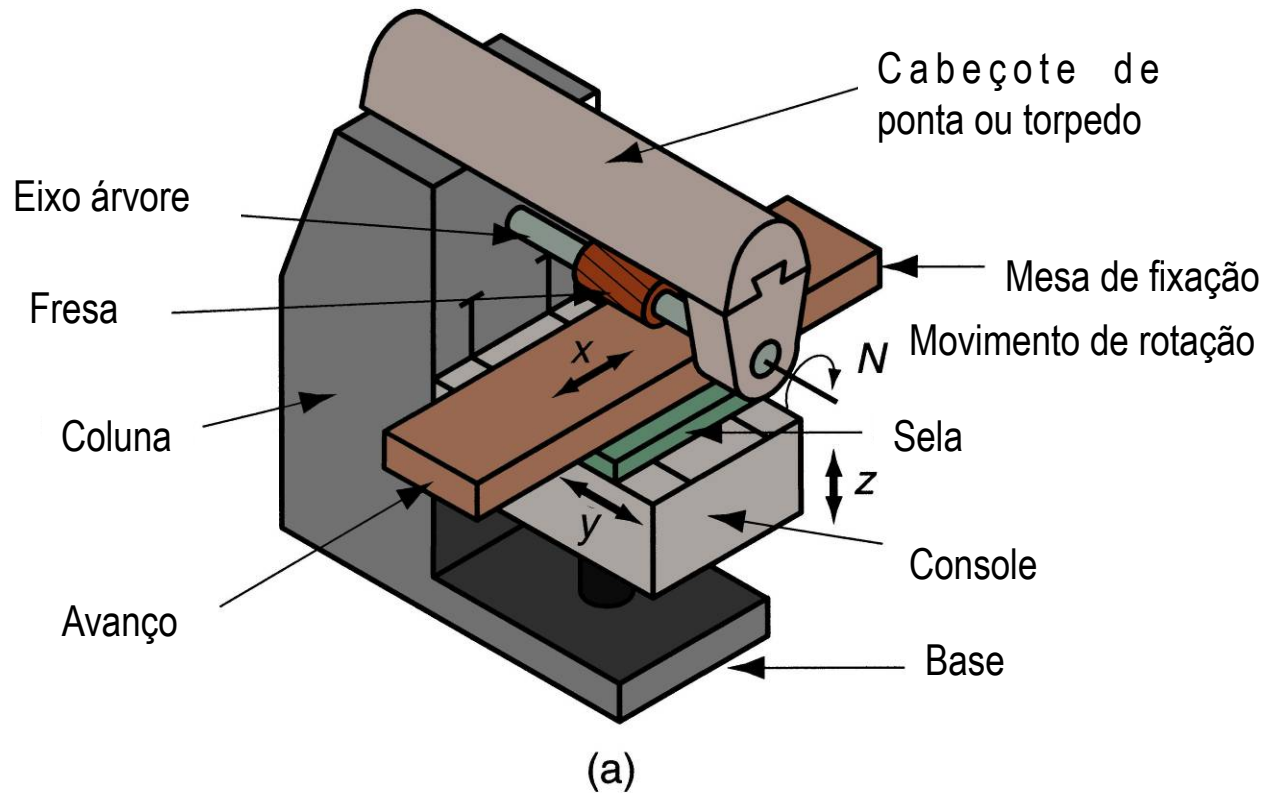


Figura 19 (a) Fresadora horizontal universal.

Fresadora Vertical

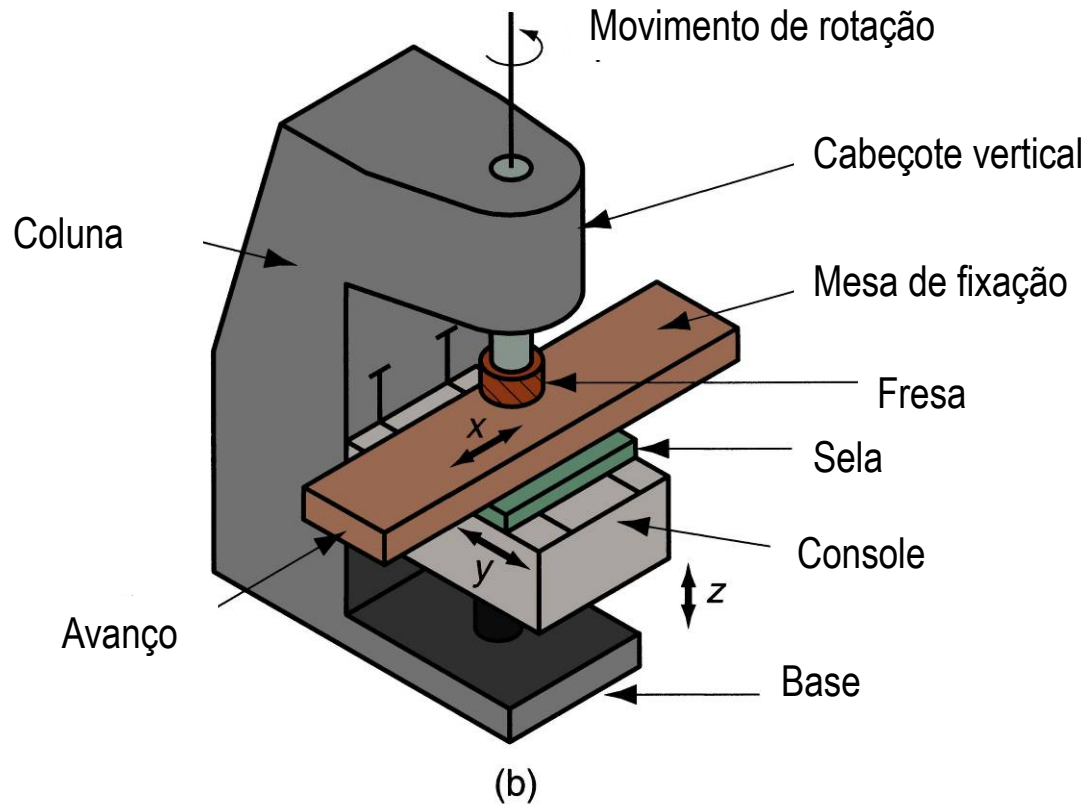


Figura 19 (b) Fresadora Vertical universal.

Fresadora de mesa



www.CHINELATTO.COM.BR



Centros de Usinagem

Máquina-ferramenta altamente automatizada pode realizar várias operações de usinagem sob controle CNC em uma configuração com o mínimo de atenção humana

- Operções típicas: fresamento e furação
- 3, 4, ou 5 eixos
- Outras características:
 - Troca automática de ferramenta
 - Dois pallets
 - Posicionamento automático da peça

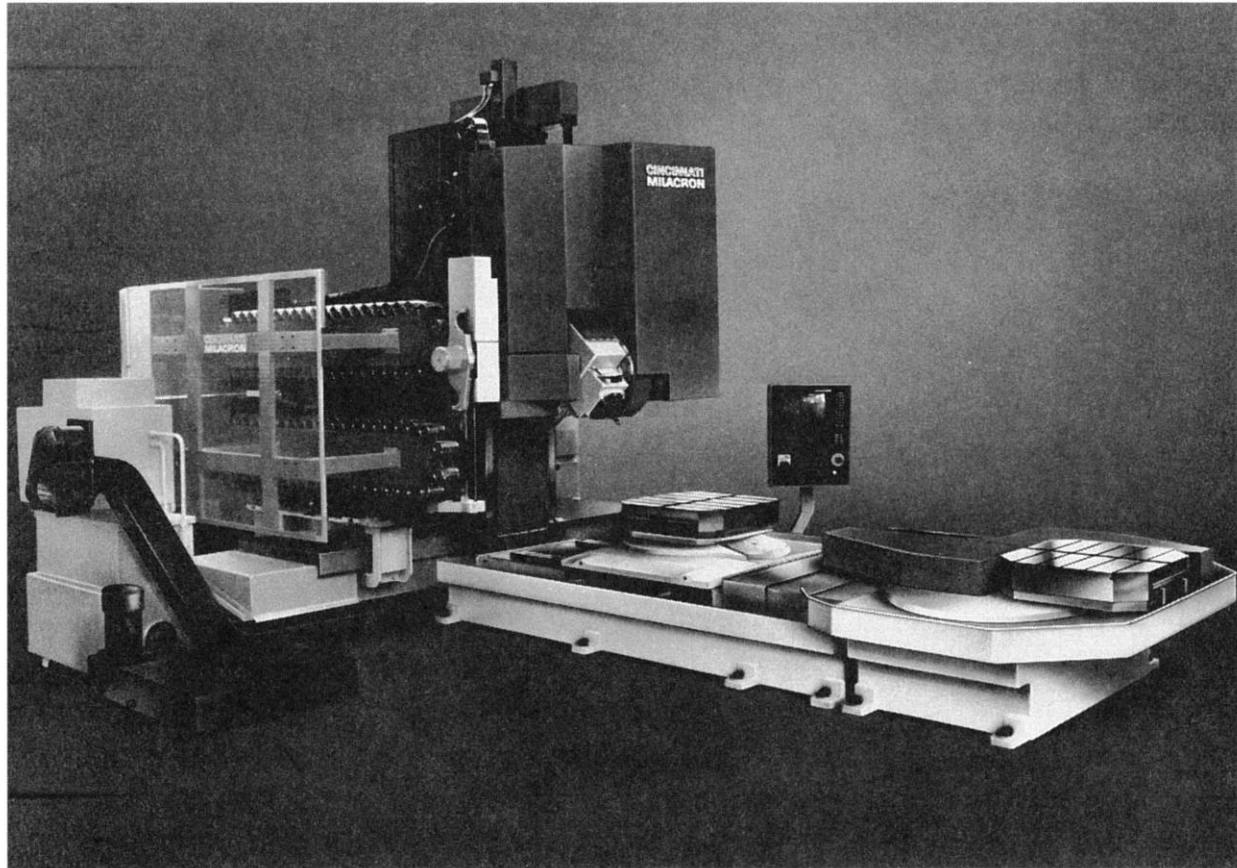


Figura 20. Centro de usinagem universal; altamente automatizado, capaz de múltiplas operações de usinagem sob controle de computador em uma configuração com o mínimo de atenção humana (foto cortesia de Cincinnati Milacron).

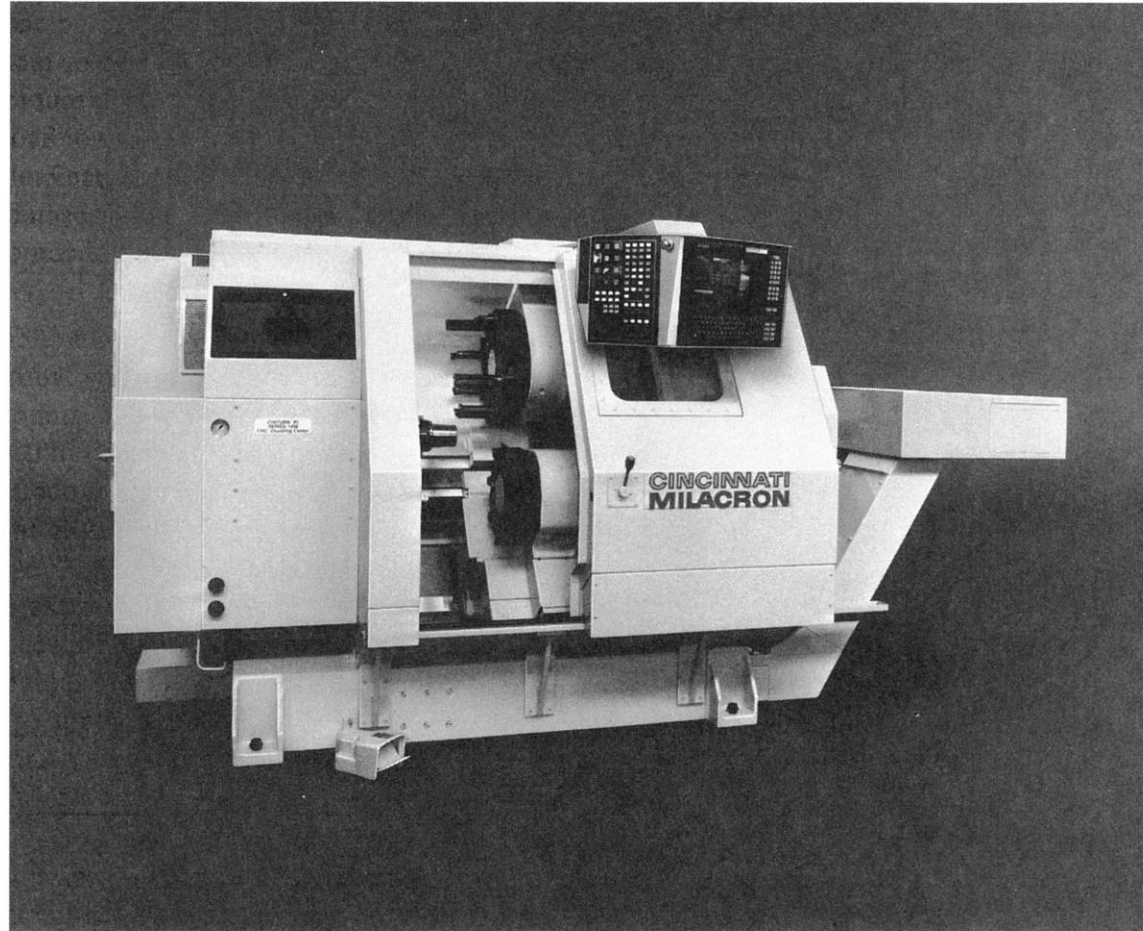


Figura 21 (de Cincinnati Milacron); capaz de torneamento e operações relacionadas, torneamento de contorno e indexação automática de ferramentas, tudo sob controle de computador.



Centros de Freso-Torneamento

Máquina ferramenta altamente automatizada que pode realizar operações de torneamento, fresamento e furação

- Configuração semelhante aos centros de torneamento
- Pode posicionar uma peça cilíndrica em um ângulo específica de modo que uma ferramenta rotativa (p.e., fresa) possa usinar detalhes na superfície externa da peça
 - O centro de torneamento convencional não pode parar a peça em uma posição angular definida e não possui eixos árvore para ferramentas rotativas

Operações em Centros de Freso-Torneamento

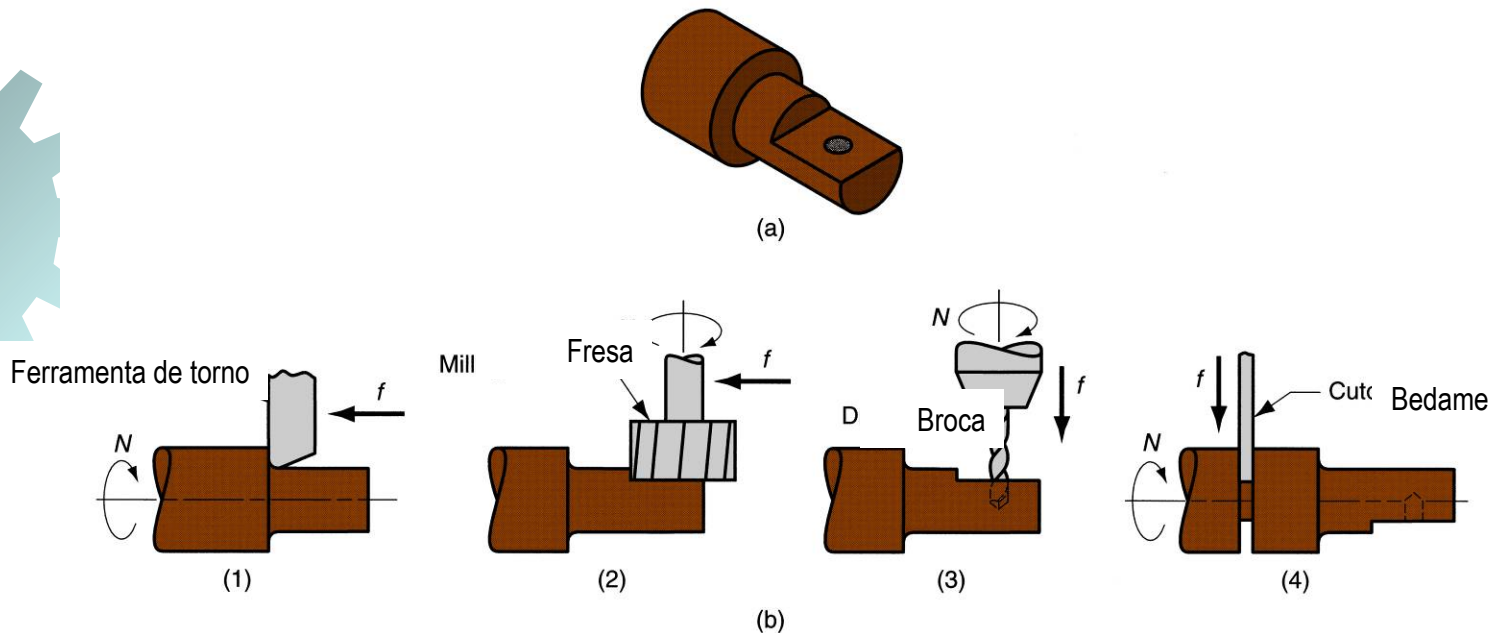


Figura 22 Operação de um centro de torneamento: (a) exemplo de peça com superfícies torneadas, fresadas e furadas; e (b) sequência de operações em um centro de fresamento: (1) torneamento do segundo diâmetro, (2) fresamento plana com peça na posição angular programada, (3) furação da peça na posição programada e (4) sangramento da peça para retirá-la da peça bruta .

Plaina de mesa e Plaina Limadora

- Operação similar
- Ambos usam uma ferramenta monocortante movida linearmente em relação à peça de trabalho

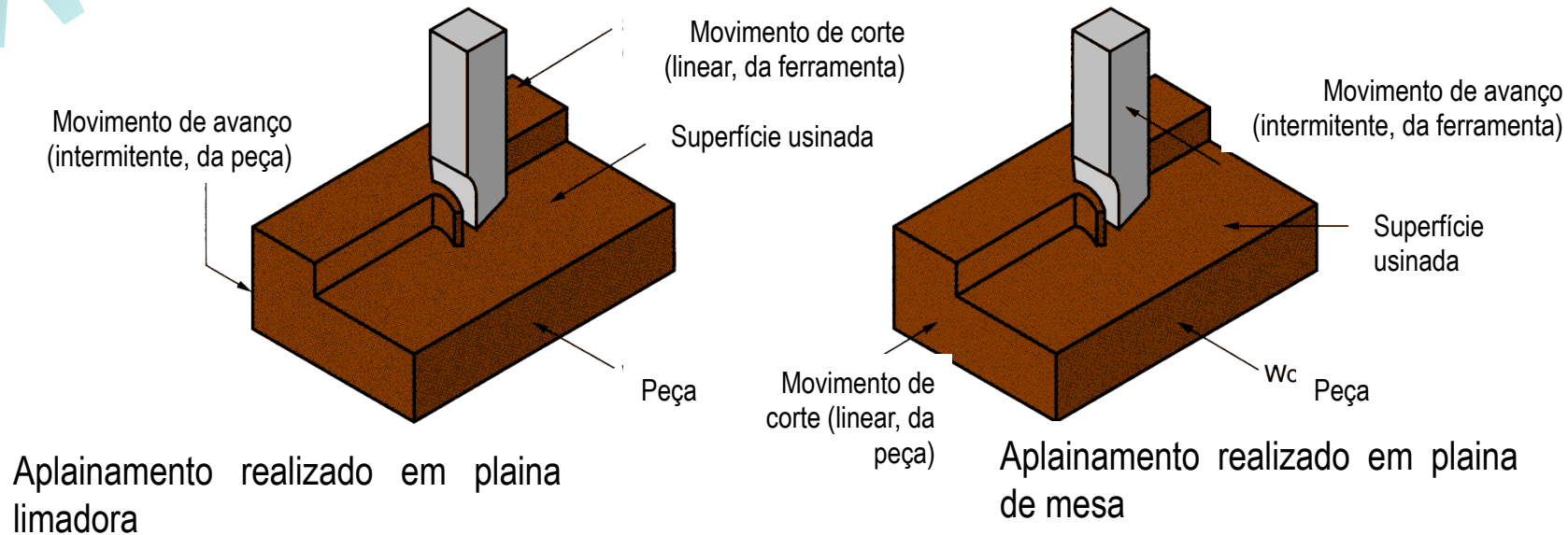


Figura 23 (a) Aplainamento realizado em plaina limadora, e (b) Aplainamento realizado em plaina de mesa



Plaina de mesa e Plaina Limadora

- Uma superfície reta e plana é criada em ambas as operações
- Corte Interrompido
 - Submete a ferramenta a impacto quando toca peça
- Baixas velocidades de corte devido a movimento intermitente
- Ferramenta: Ferramentas monocortantes de AR

Plaina limadora

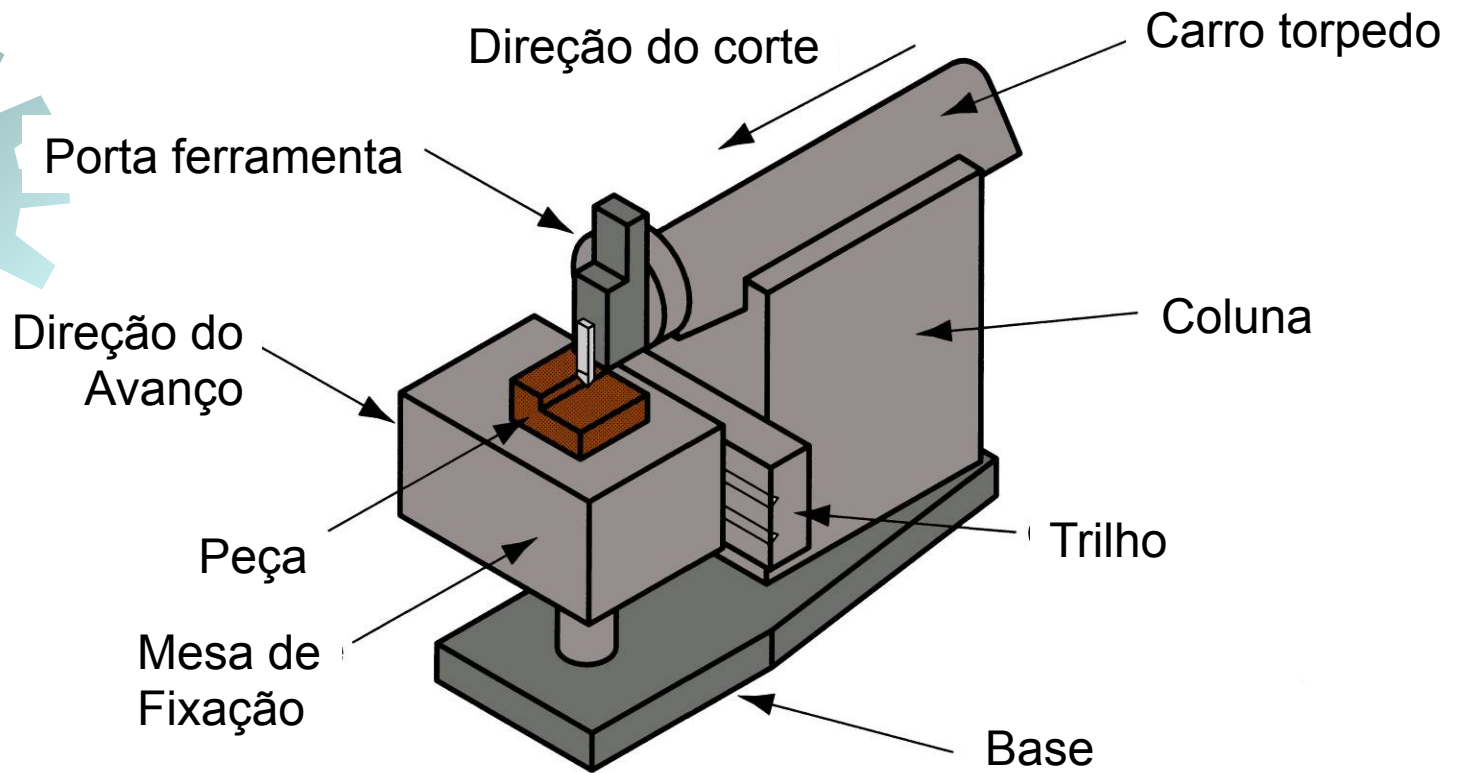


Figura 24 Elementos mecânicos de uma plaina Limadora.

Plaina de Mesa

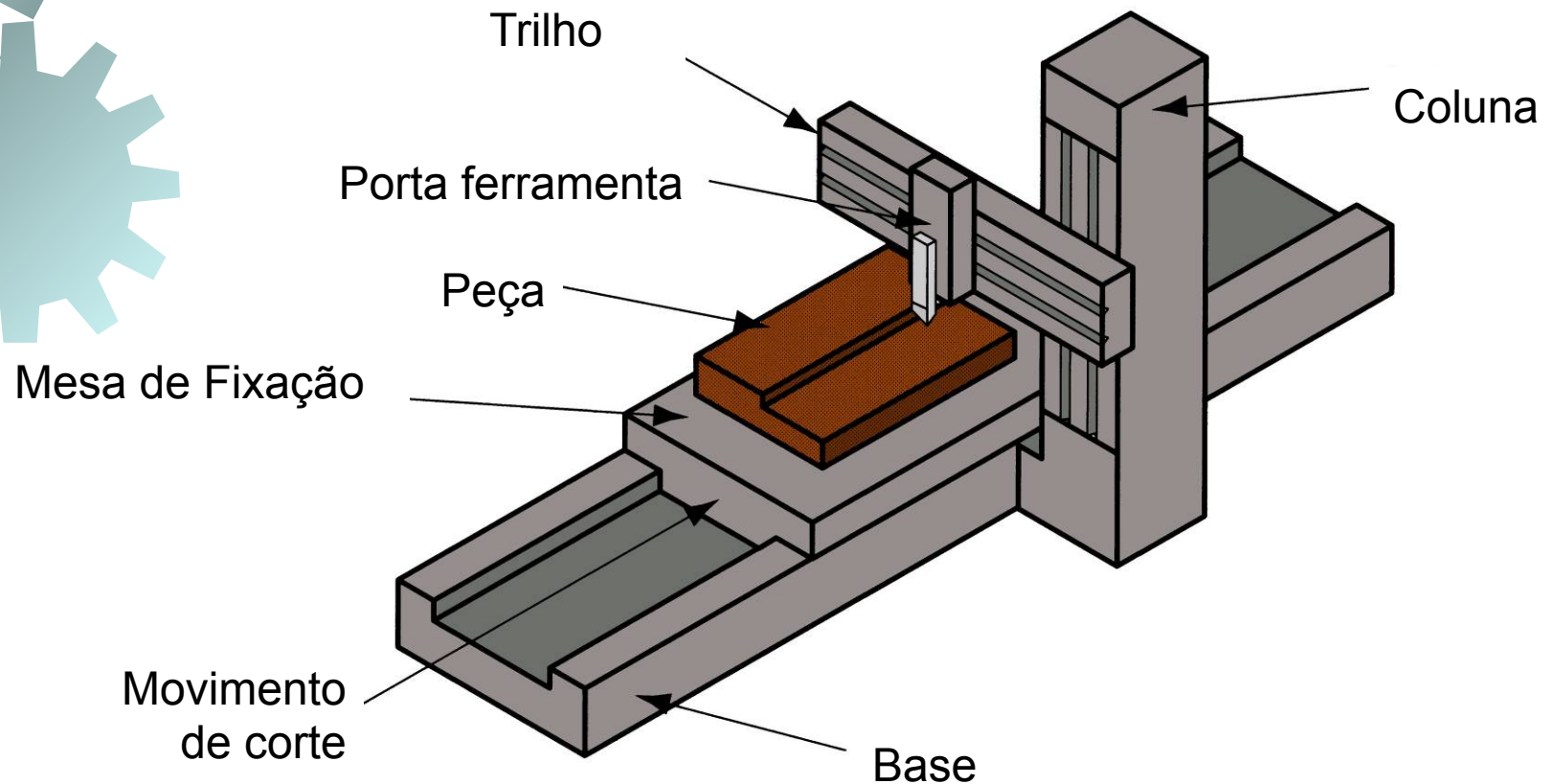


Figura 25 Elementos mecânicos de uma plaina de coluna única.

Brochamento

- Move uma ferramenta de corte de múltiplos dentes linearmente em relação à peça na direção do eixo da ferramenta

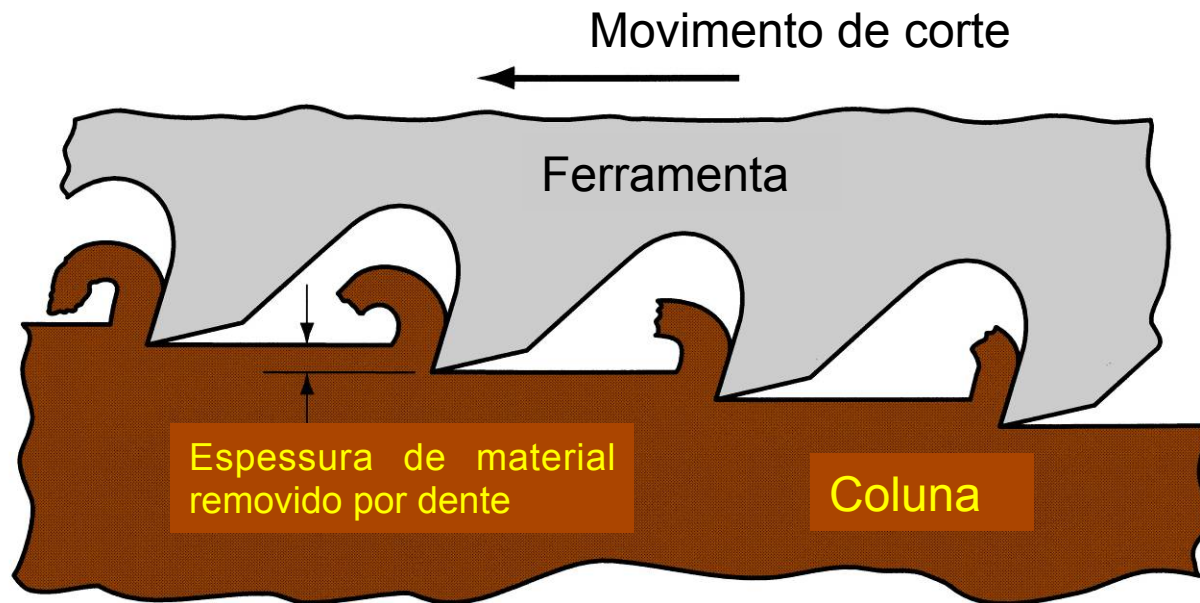
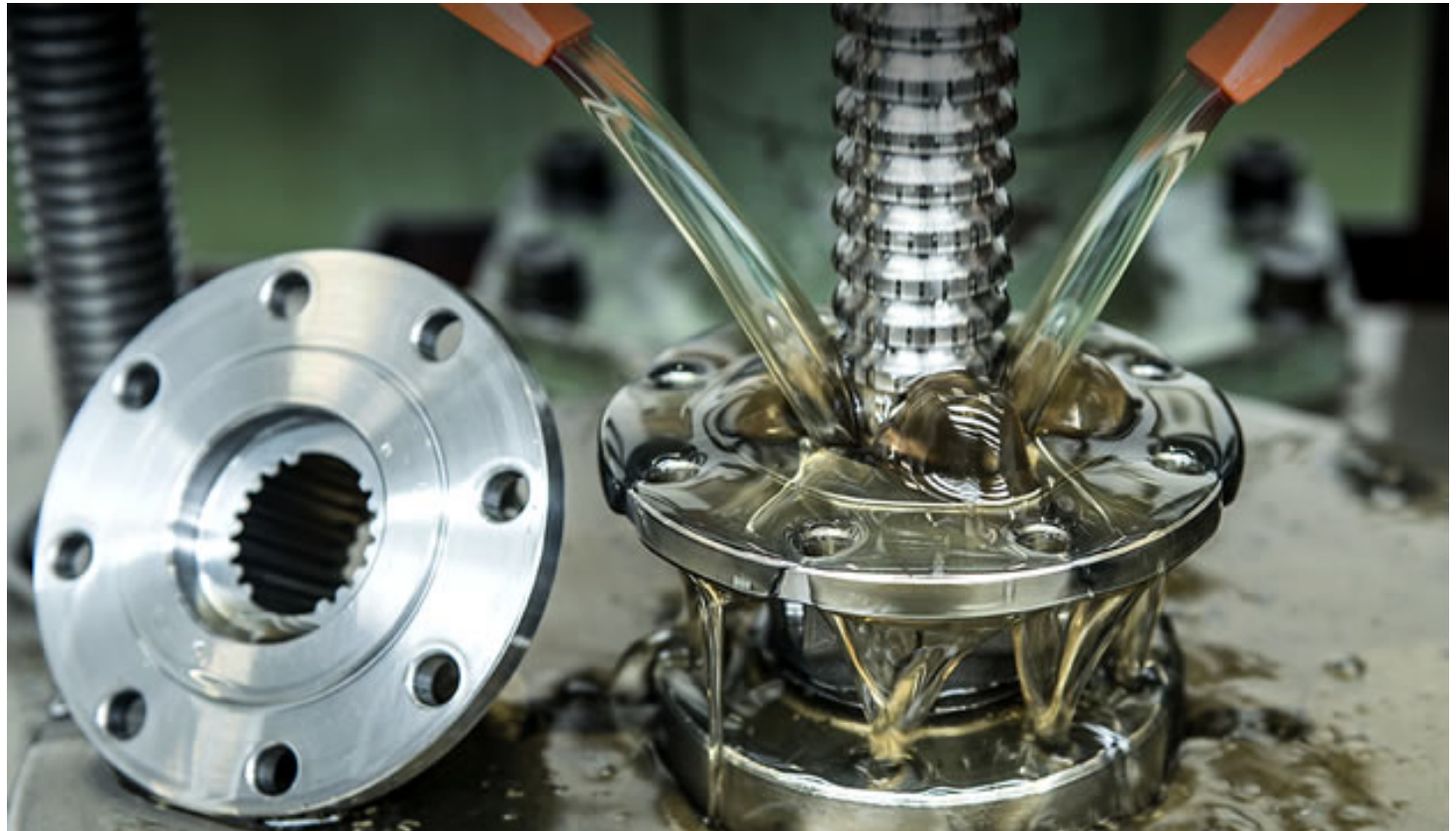


Figura 26 Operação de Brochamento.

Brochamento - exemplo





Brochamento

Vantagens:

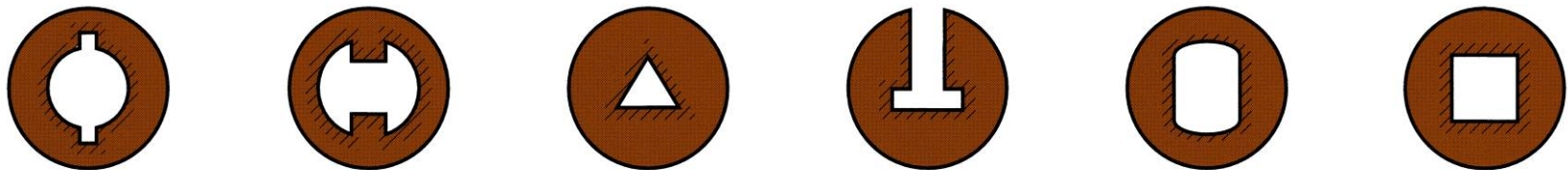
- Bom acabamento
- Tolerâncias apertadas
- Variedades diversas de forma são possíveis

Ferramenta é chamada de *brocha*

- Devido à geometria complicada e frequentemente em formato personalizado, o ferramental é caro

Brochamento interno

- Realizado na superfície interna de um furo
- Um orifício inicial deve estar presente na peça para inserir a brocha no início do curso



(b)

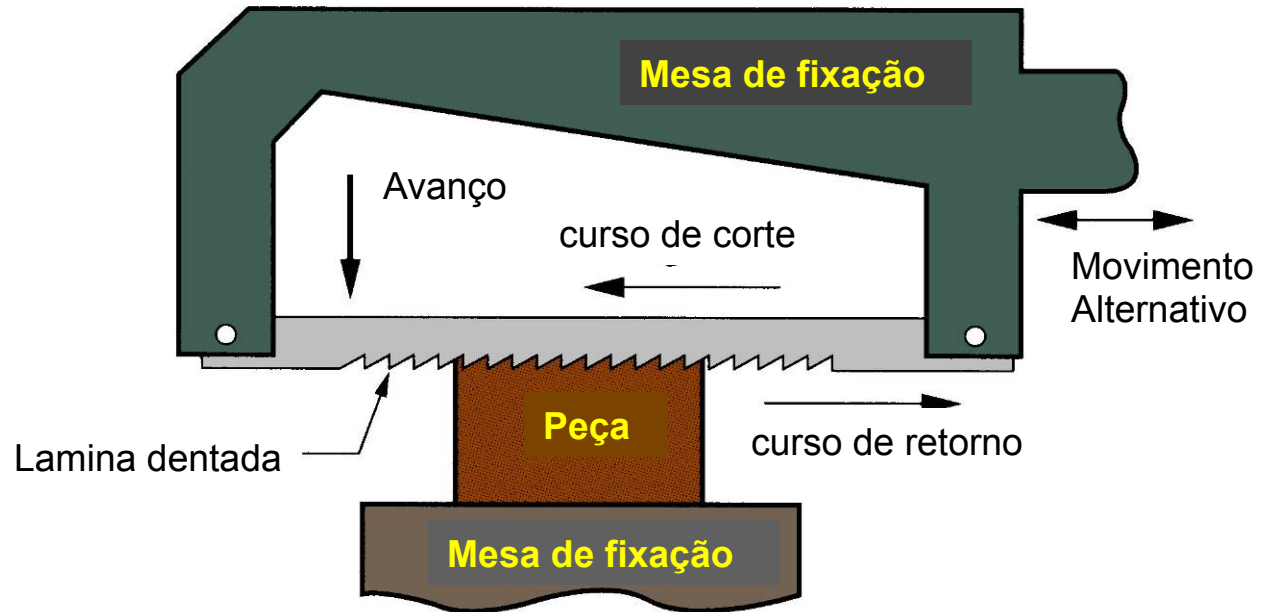
Figura 27 Formas de peça que podem ser cortadas por brochamento interno; hachuras cruzadas indicam as superfícies brochadas.



Serramento

- Corta fendas estreitas em peças por uma ferramenta que consiste em uma série de dentes espaçados proximamente
- Ferramenta chamada de Lâmina de serra
- Funções gerais:
 - Separar uma peça em duas partes
 - Cortar uma parte indesejada da peça

Serramento Alternativo

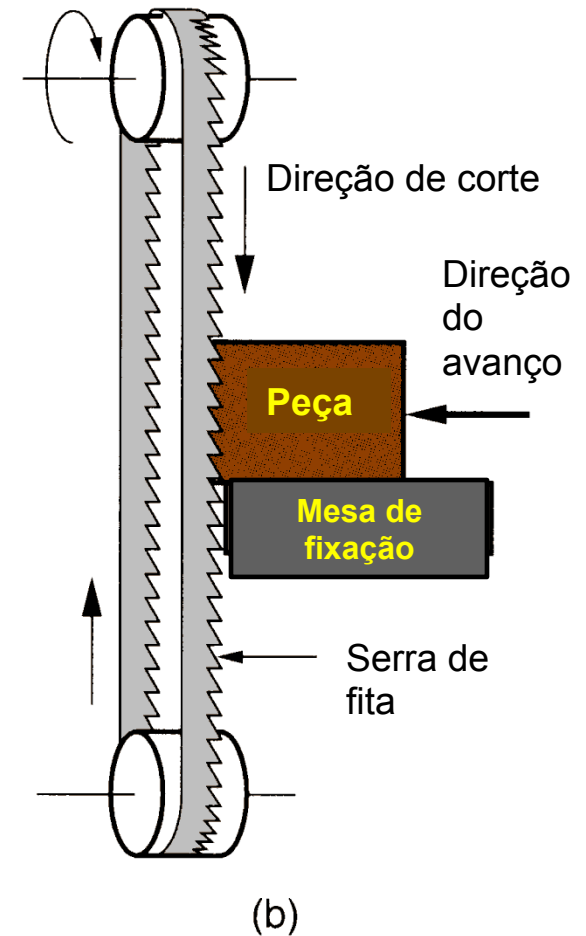


(a)

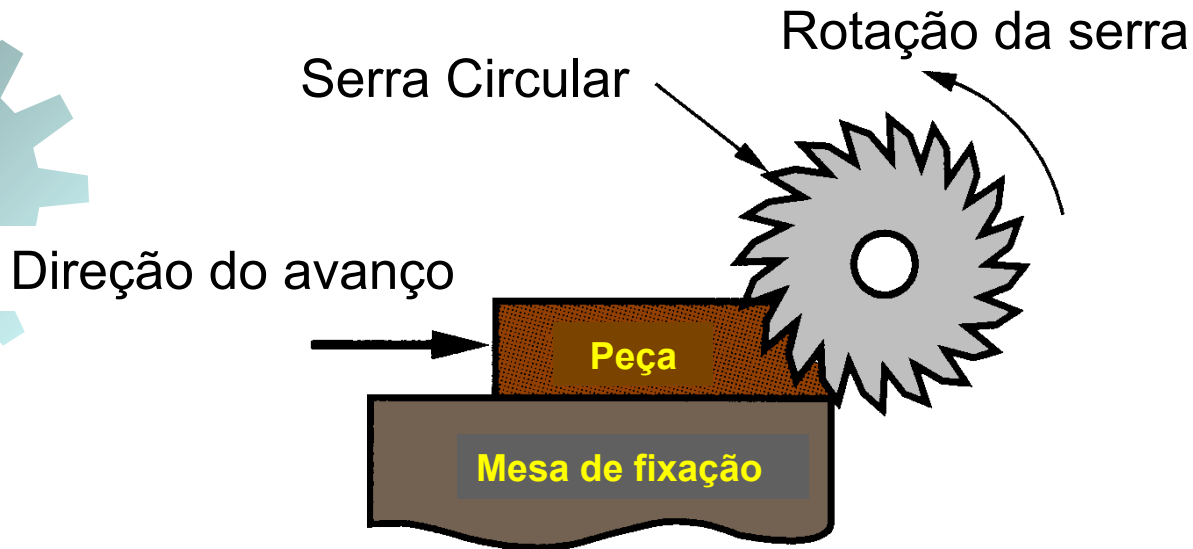
Figure 28 (a) Alternativo – movimento linear alternado da serra em relação à peça.

Serra de Fita Vertical

Figura 28 (b) Serra de fita (vertical) - movimento linear contínuo da lâmina da serra de fita, que tem a forma de um laço flexível sem fim com dentes em uma das bordas.



Serra Circular



(c)

Figura 29 (c) serra circular - a lâmina de serra rotativa fornece movimento contínuo da ferramenta enquanto a peça passa.