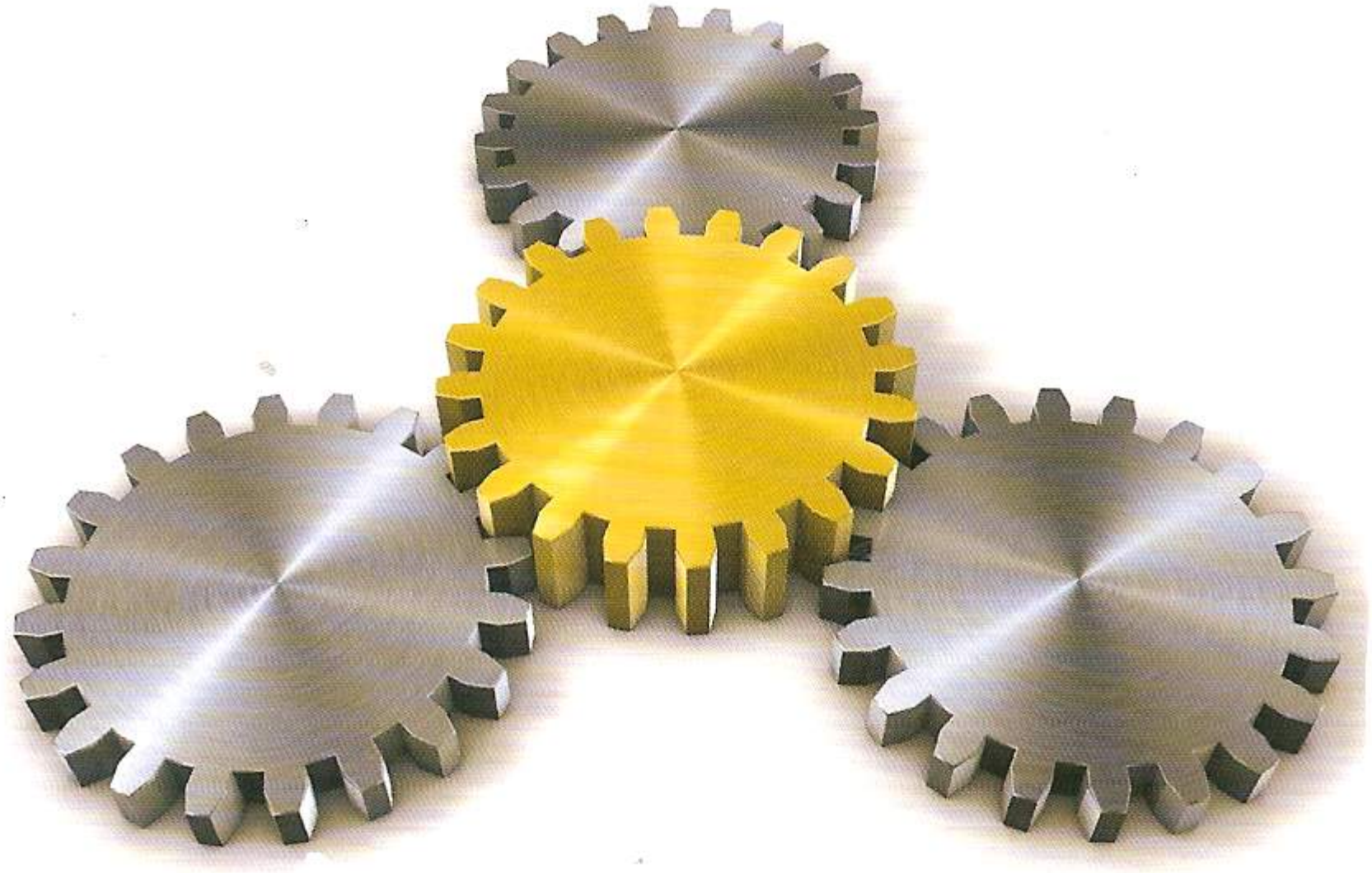
PROCESSOS DE FABRICAÇÃO



PROF. DR. MARCO STIPKOVIC FILHO

ELABORAÇÃO

- **PROF. DR. MARCO STIPKOVIC FILHO**
- **Professor associado (MS-5) da Escola Politécnica da Universidade de S. Paulo, professor pleno da Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário Mauá e professor adjunto da Escola de Engenharia Mackenzie da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Diretor da STIP engenharia e consultoria S/C Ltda. Diretor da Bardella S/A Industrias Mecânicas (1962/1968 e 1970/1998). Presidente da Comissão de Competência do Centro Universitário Mauá (2003/2006).**

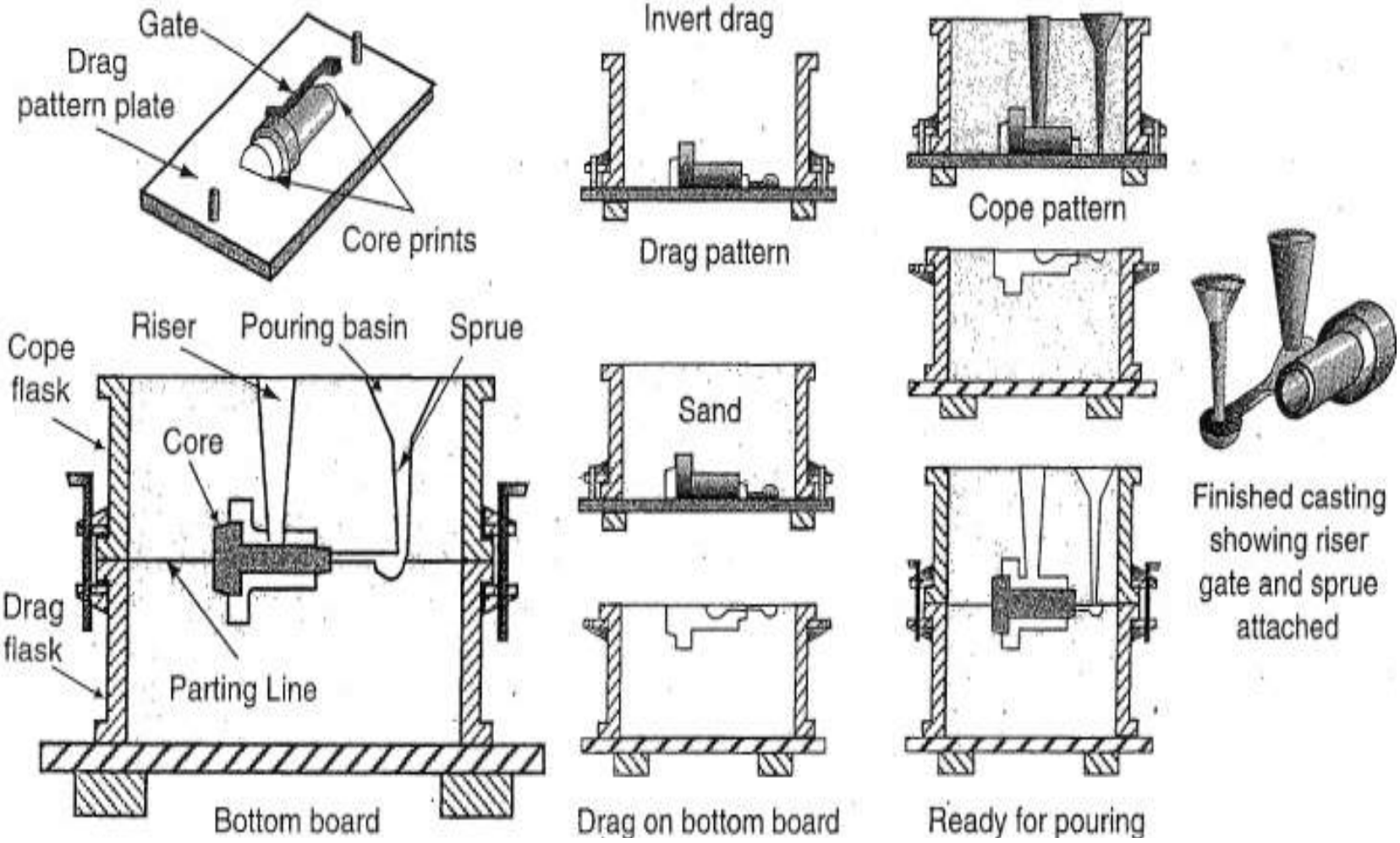
SUMÁRIO

- **1.Revisão de fundamentos dos principais processos de fabricação mecânica (fundição, usinagem, processos de conformação plástica, tratamentos térmicos e processos especiais).**
- **2.Fundamentos do processo de manufatura - usinagem**

- **3.Soldagem de materiais metálicos.**
- **4.Sinterização.**
- **5.Injeção de materiais poliméricos.**
- **6.Tolerâncias de conjuntos acoplados.**
- **7.Métodos e Processos de Fabricação.**
- **8.Metrologia.**
- **9.Controle Estatístico de Fabricação.**
- **10.Manufatura integrada por computador**

CAP. 1- REVISÃO DOS PRINCIPAIS PROCESSOS DE FABRICAÇÃO

FUNDIÇÃO CLÁSSICA EM AREIA



FUNDIÇÃO - OPERAÇÕES

Fundição: Solidificação do material líquido em um molde refratário, que apresenta a forma da peça desejada.

Operações:

Modelagem;

Moldagem;

Macharia (se necessário);

Fusão;

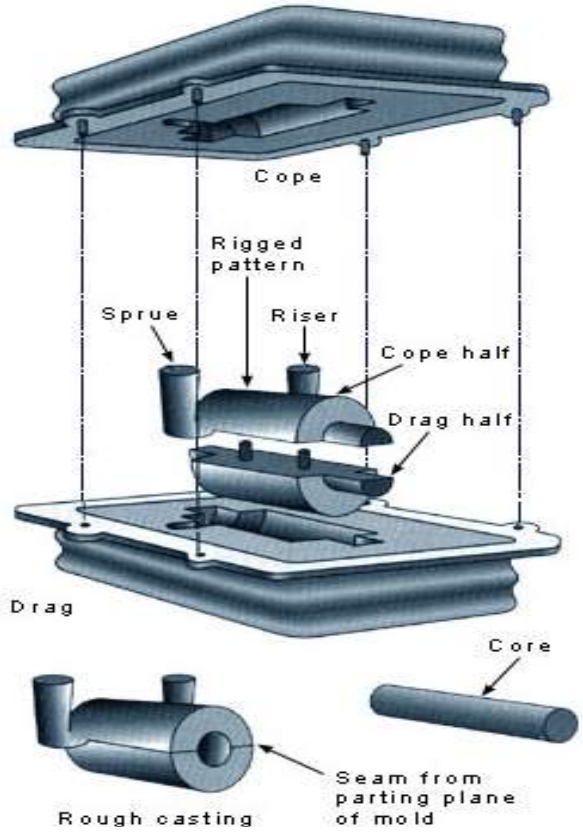
Vazamento;

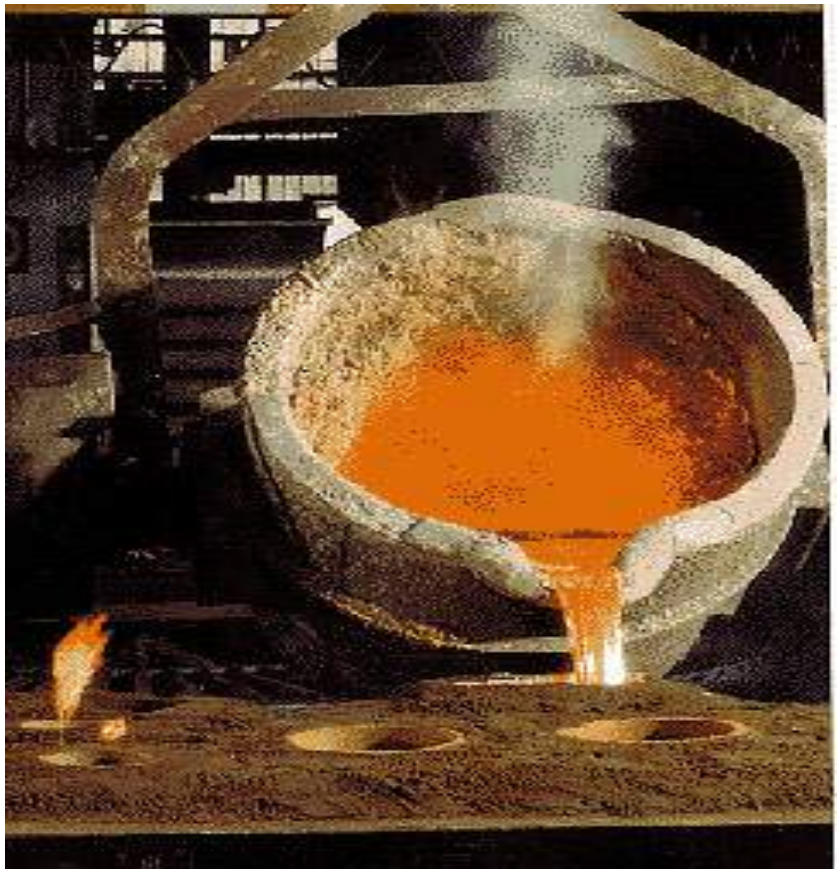
Desmoldagem;

Acabamento (rebarbação e limpeza)

OPERAÇÃO

MOLDAGEM E VAZAMENTO





AREIA DE MOLDAGEM (VERDE)

- Mais conhecida e mais empregada
- Economia e rapidez
- Usada com a maioria dos metais (ferrosos e não-ferrosos)
- Produção em série

Areia de moldagem:

areia (sílica) + **Argila (5 a 7 %)** + **Água (2 a 3,5%)** **+ Pó de carvão mineral + Pó de madeira + Óxido de Ferro**

Não necessita de secagem

PROCESSO CO2

Processo CO2

Confecção do molde como no processo de areia verde.

Tratamento com CO2 ao final do processo de moldagem

Precisão dimensional superior ao de areia verde

Mistura: areia lavada + silicato de sódio (aglomerante) + água

$Na_2SiO_3 + H_2O + CO_2 \Rightarrow Na_2CO_3 + SiO_2 + H_2O$

Endurecimento rápido, alta resistência a impacto, sem a necessidade de estufas

Desvantagens:

Custo do CO2

Areia não reaproveitável

Moldagem em casca (Shell moulding)

Mistura: Areia + resina sintética polimerizável a quente (termofixa) 3 a 10%

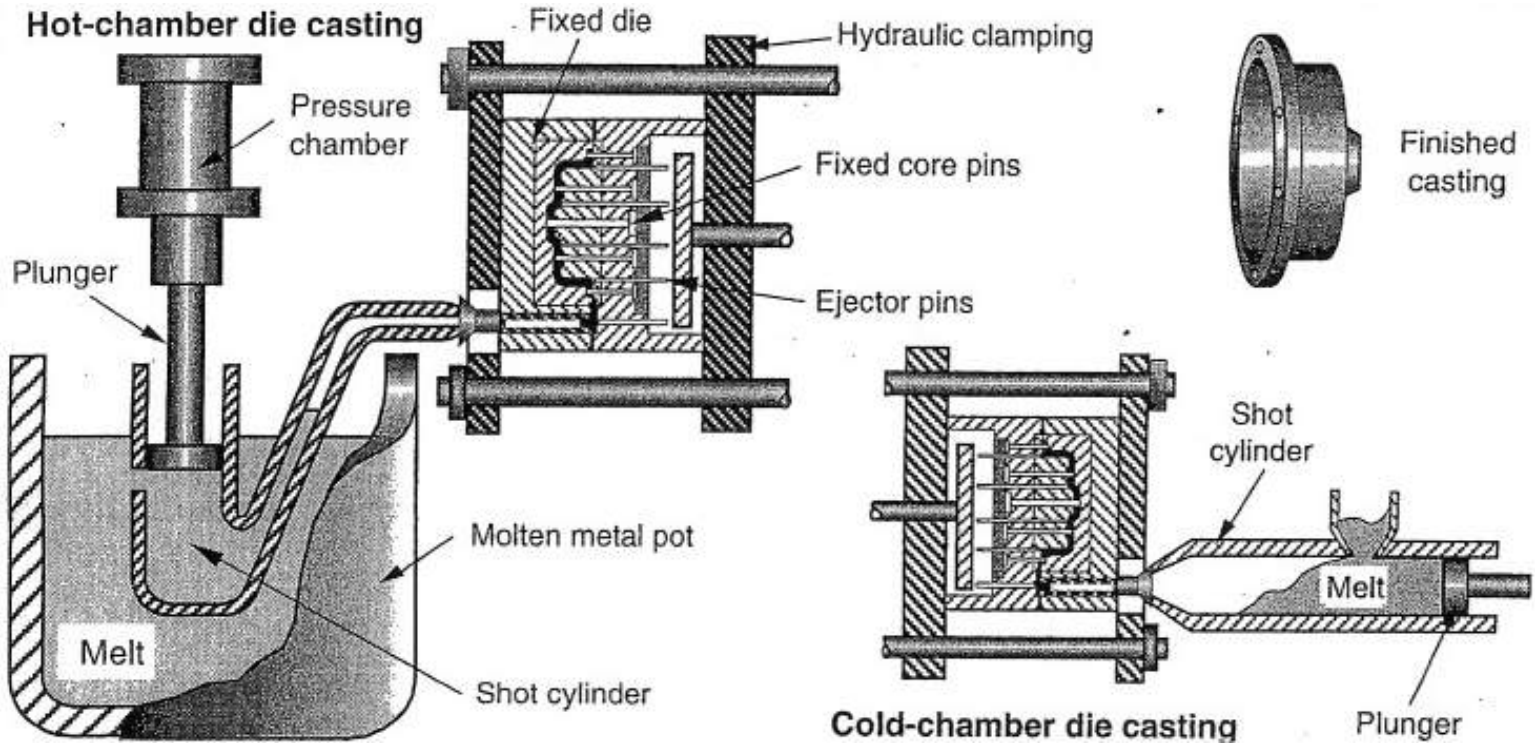
Estufa: 150 a 350°C

Acabamento excelente;

Alta rigidez ⇒ boa precisão dimensional

Como a **espessura** da casca é **pequena deve** ser empregada **areia fina**

FUNDIÇÃO SOB-PRESSÃO



FUNDIÇÃO SOB-PRESSÃO

- **É o processo de manufatura que consiste na transferência do metal líquido para o interior de um molde metálico, chamado matriz.**
- **A matriz é constituída por duas partes usinadas que são hermeticamente fechadas no momento do vazamento do metal líquido** .

PROCEDIMENTOS

- **O ar é eliminado da câmara de injeção.**
- **Há um rápido preenchimento da cavidade do molde.**
- **Compactação do metal para diminuir o volume das micro-porosidades.**

Métodos para injeção do metal

- **Câmara Quente**
- **Câmara Fria**

CAMARA QUENTE

- **Mantém-se um reservatório de metal líquido no interior de um forno. O sistema de bombeamento comunica a matriz com um cilindro localizado no recipiente de metal líquido, aplicando pressão ao cilindro, o metal é forçado a entrar na cavidade do molde.**

CAMARA FRIA

- **O metal líquido é transferido manual ou automaticamente para a bucha de injeção diretamente ligada à matriz, sendo então introduzido no molde por meio de um pistão.**
- **A utilização do processo de câmara fria é restrito em ligas de maior ponto de fusão e com pressões de 30 a 110 N/mm² .**

Tipos de metais utilizados na fundição sob pressão

- **Alumínio: produz peças relativamente complexas e com excelente acabamento superficial em elevado volume de produção, mas por outro lado é um dos mais severos quanto à solicitação sobre o ferramental, limitando a vida útil das ferramentas.**

Tipos de metais utilizados na fundição sob pressão

- **Magnésio: é capaz de produzir peças complexas com baixa viscosidade, excelente acabamento, e peças com parede fina.**
- **Como é o mais leve dos metais estruturais permite que se obtenha dependendo da utilização e da geometria uma redução de ate 30% de peso em relação a mesma peça feita em alumínio. E o seu molde dura em média 50% a mais do que o de alumínio.**

Tipos de metais utilizados na fundição sob pressão

- **Zinco: possuem maior campo de utilização, devido às suas particulares propriedades físicas, mecânicas e de fundição, associadas a uma capacidade de poderem ser facilmente revestidas por eletrodeposição ou por pinturas com tintas e vernizes. Facilita a obtenção de peças de formatos complexos e de paredes finas.**

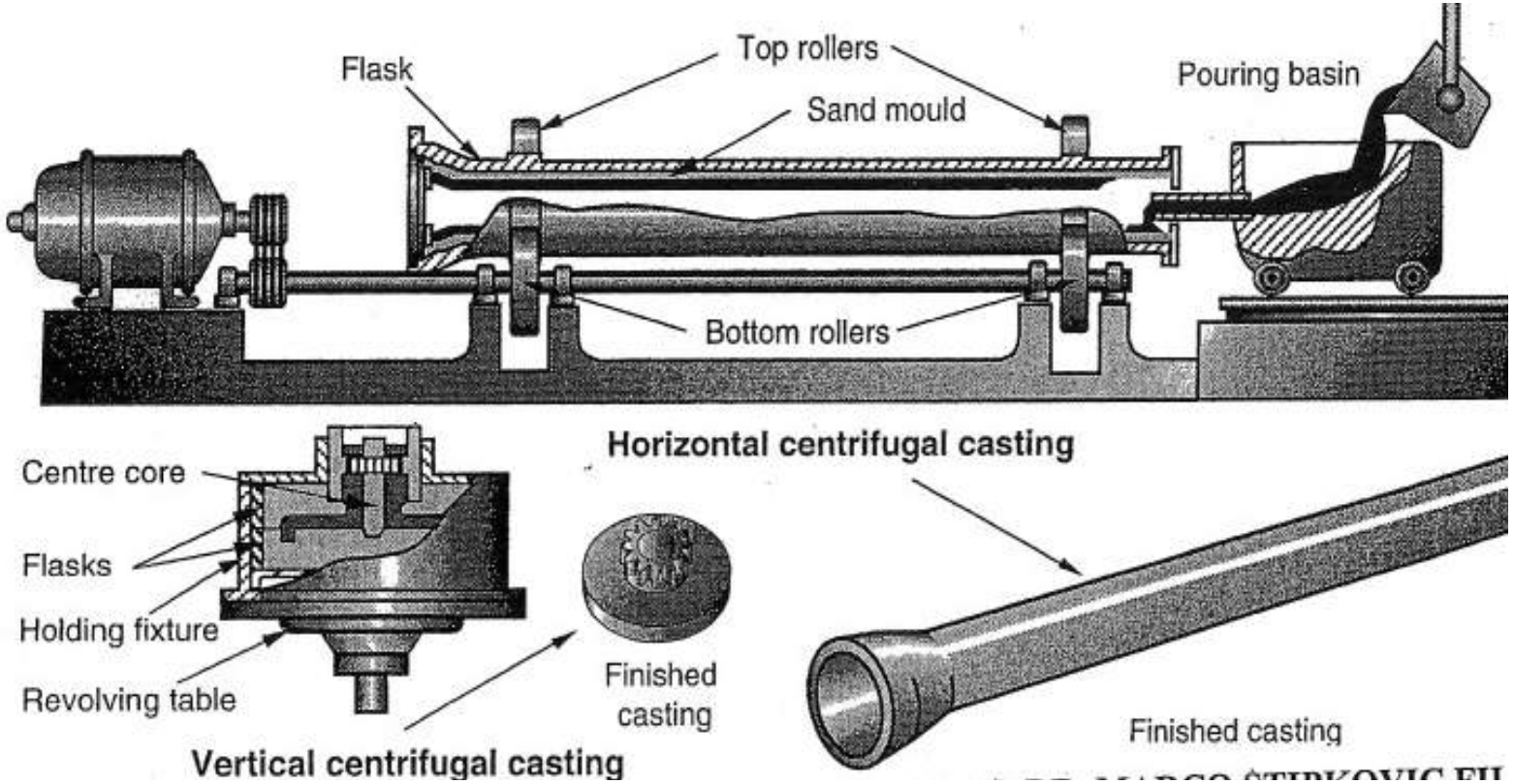
VANTAGENS

- **Redução do peso dos componentes;**
- **Menor desgaste de ferramental;**
- **Melhor acabamento superficial;**
- **Pode-se fundir peças com até 1 mm de parede;**
- **Fundir peças de geometrias complexas;**
- **Altas velocidades de produção;**
- **Baixos custos de acabamento.**

Desvantagens

- **O baixo rendimento da fundição;**
- **O metal não utilizado não pode ser reciclado diretamente;**
- **Alto custo de fabricação.**

FUNDIÇÃO CENTRIFUGADA



TUBO CENTRIFUGADO

FUNDIÇÃO POR CENTRIFUGAÇÃO

Descrição do Processo

O metal derretido é derramado em um molde girando. A linha central de rotação é geralmente horizontal, mas pode ser na vertical para pequenas peças.

MATERIAIS

A maioria de metais : ligas de aços, de ferro, de cobre, de alumínio e ligas de níquel.

Também, vidro, plásticos e cerâmicas (moldes do metal pulverizados com um material refratário)

VARIAÇÕES DO PROCESSO

Semi-centrífugo: usa as partes moldadas com simetria radial.

Centrifugando: as cavidades do molde de toda a forma são colocadas a uma determinada distância da linha central de rotação. O metal derretido é derramado no centro e forçado no molde por forças centrífugas. As propriedades da carcaça variam pela distância da linha central de rotação.

APLICAÇÕES TÍPICAS

Tubulações para a água.

Tubulações para gás.

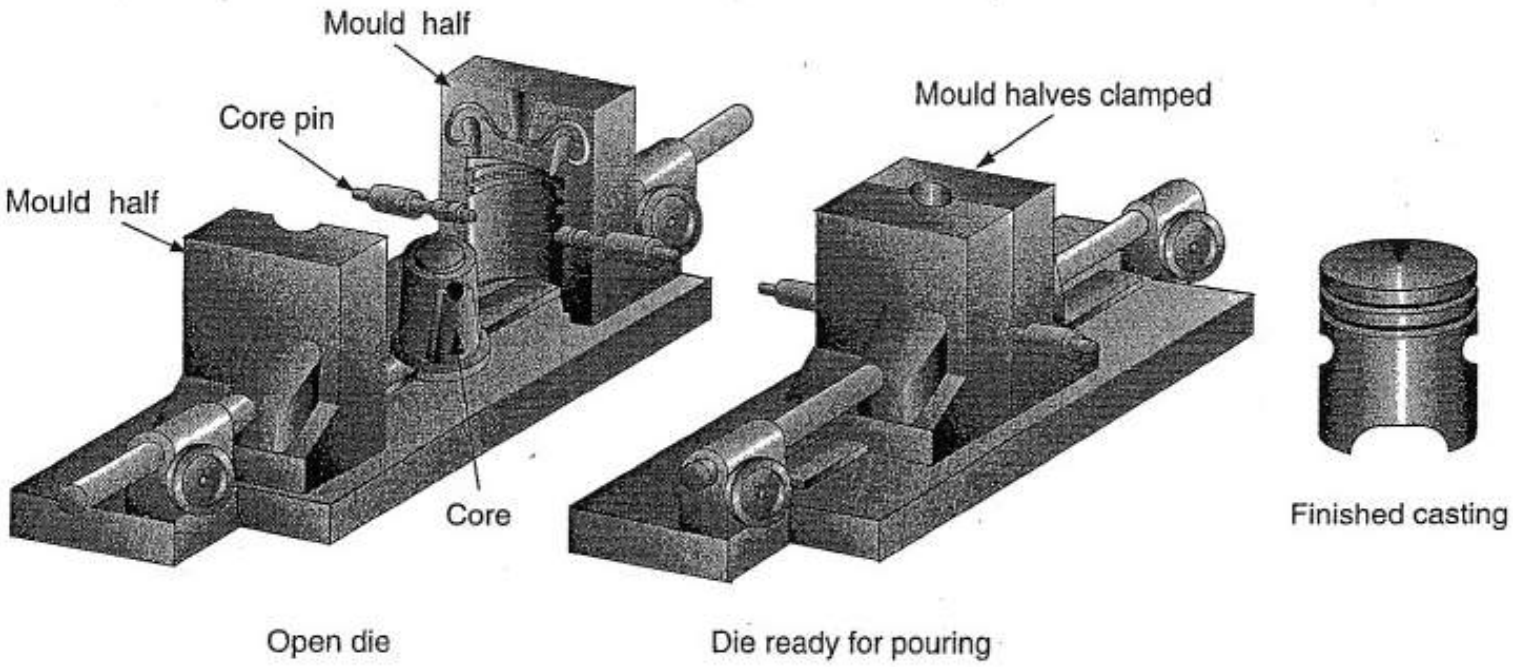
Anéis de pistão.

Rolos para fabricação de papel.

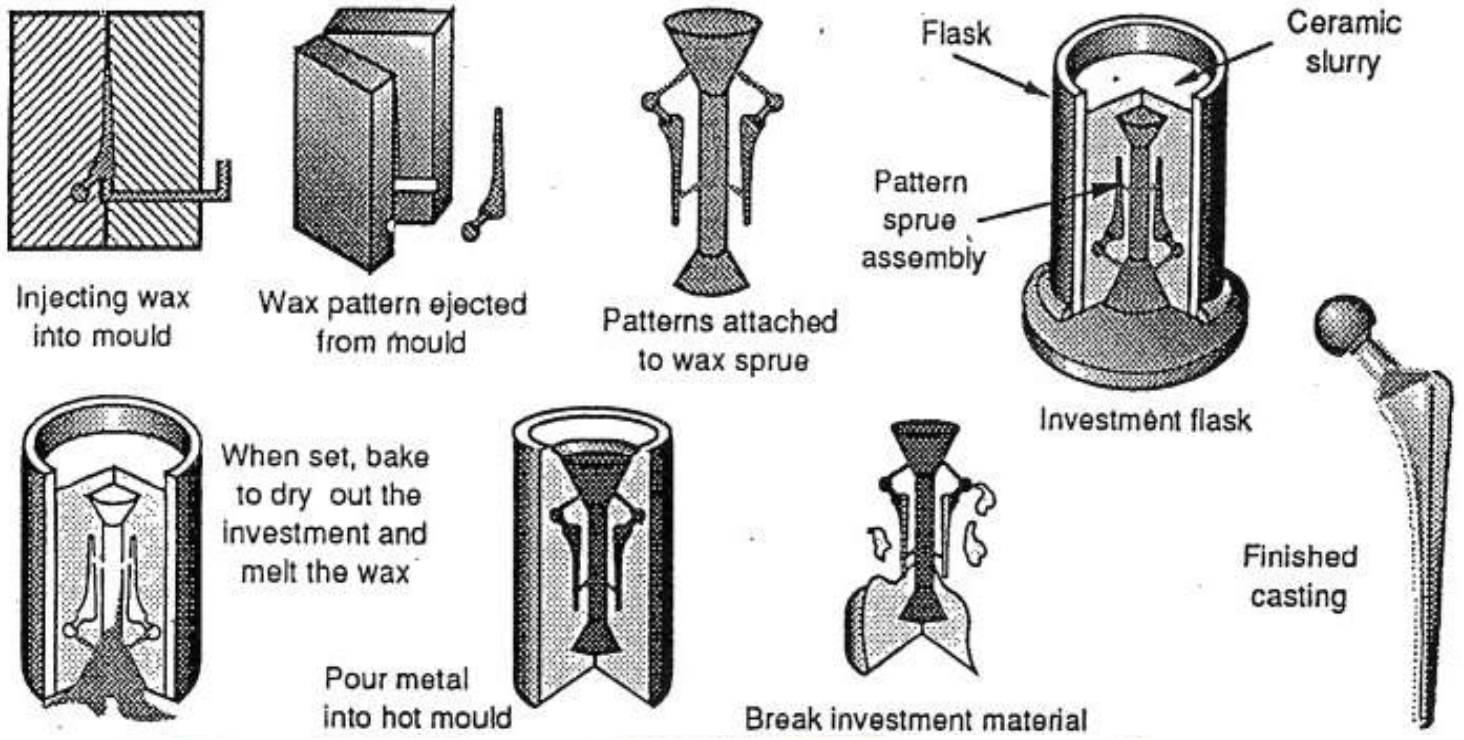
Placas de embreagem.

Tambor hidráulico:-

FUNDIÇÃO COM FERRAMENTA POR GRAVIDADE



FUNDIÇÃO POR CERA PERDIDA



SEQUÊNCIA OPERACIONAL

Injeção dos modelos em cera nos moldes metálicos

Montagem dos cachos

Revestimento do cacho com lama refratária

Revestimento do cacho com material refratário granul

Eliminação da cera através de pressão e calor

Calcinação do molde cerâmico à alta temperatura

Preenchimento do molde cerâmico com metal

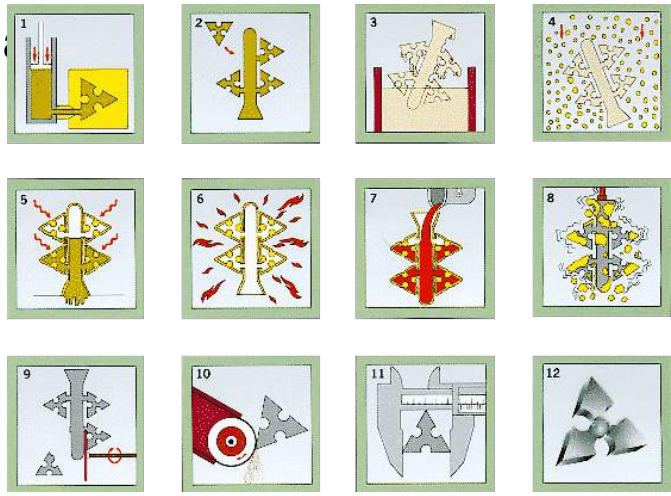
Remoção do material refratário

Separação das peças do cacho por corte

Operação de lixamento do canal de ataque

Inspeção visual, dimensional e metalográfica das peças.

Produto pronto para ser enviado ao cliente



APLICAÇÕES

- Indústria Automobilística - Indústria Bélica - Indústrias Mecânicas - Indústria de Próteses Ortopédicas.

- Joalharia - Válvulas - Ventoinhas - Indústria Têxtil - Sistemas Pneumáticos e Hidráulicos

- Indústria Eletroeletrônica - Indústria Alimentícia - Indústria Aeroespacial - Câmaras - Computadores -

Medicina Dentária e Ferramentas Dentárias - Equipamento de Construção - Bicicletas e Motociclos - Comunicações

-

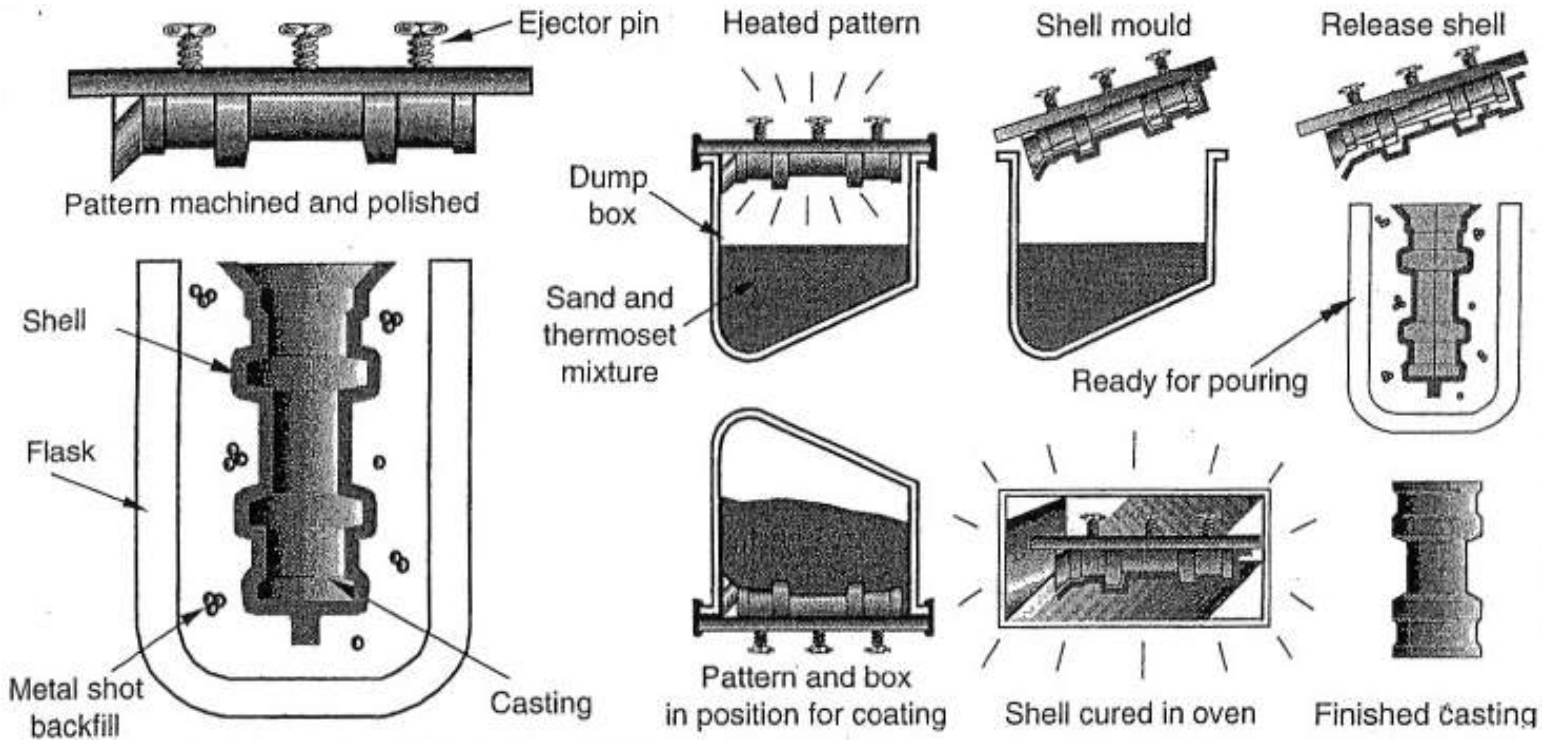
Equipamento para a Metal-mecânica - Equipamento Óptico - Equipamento para Armazenamento

- Indústria de Transportes e Motores a Diesel - Equipamento de Produção de Arame, Fio

-

Equipamento Recreacional e Desportivo

FUNDIÇÃO EM SHELL-MOULDING



PROCESSO SHELL MOULDING

É um processo de aglutinação de areia com resina termo-ativa, em cima de uma placa moldada (de acordo com a peça requerida) à 280º C, formando a casca.

Após o fechamento da casca é despejado metal líquido a mais ou menos 900º C formando a peça requerida. Não há divergência na qualidade, pois em algumas peças houve aumento da mesma.

A figura 1 mostra um lado de uma "casca", que recebe os acessórios de fundição (filtros, luvas exotérmicas, etc.) e é fechada para ser colocada na caixa onde recebe o encosto da granalha de ferro. Na figura 2 mostra-se um molde pronto para o vazamento.

MOLDES SHELL

Figura 1 – Metade de um molde *shell*.

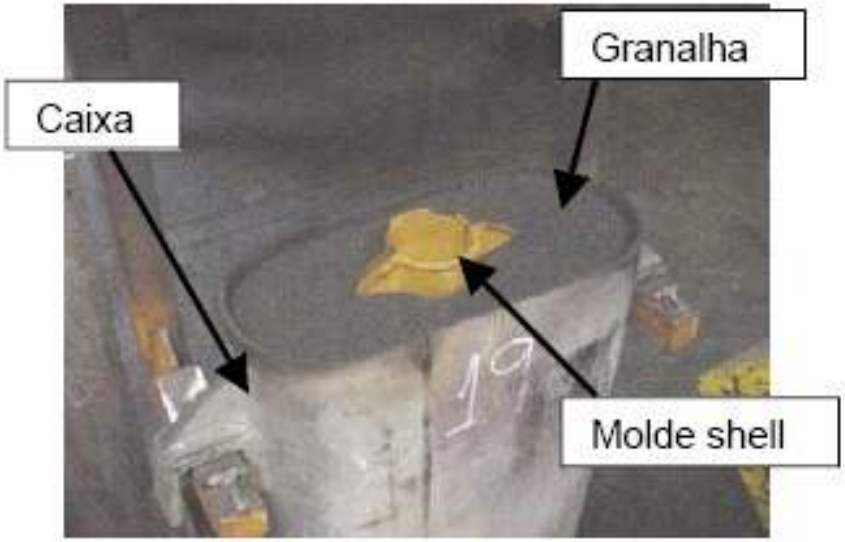


Figura 2 – Molde pronto para o vazamento.

APLICAÇÕES

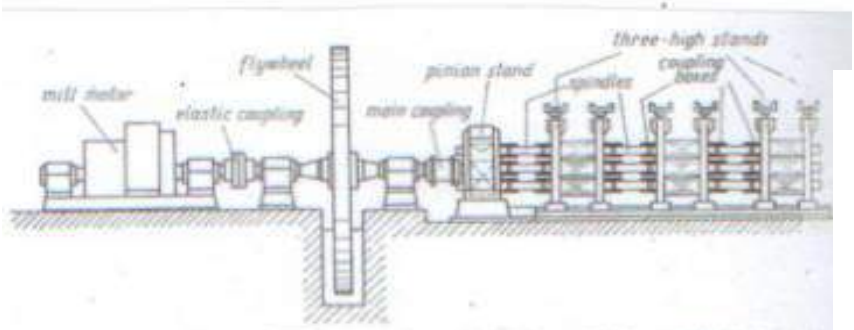
Usado em altas produções com precisão dimensional e bom acabamento.

Alto custo para fabricação do molde, baixa recuperação de areia

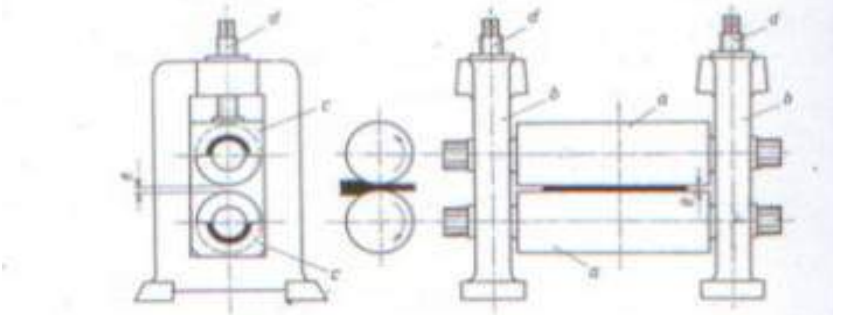
Mistura-se resina de 3% a 5% em peso à areia silicosa e funde-se a resina que servirá de aglomerante, formando assim uma casca.

O modelo tem que ser confeccionado em aço para poder garantir uma boa qualidade superficial e baixa rugosidade, o que faz com que este método só seja usado para altas produções.

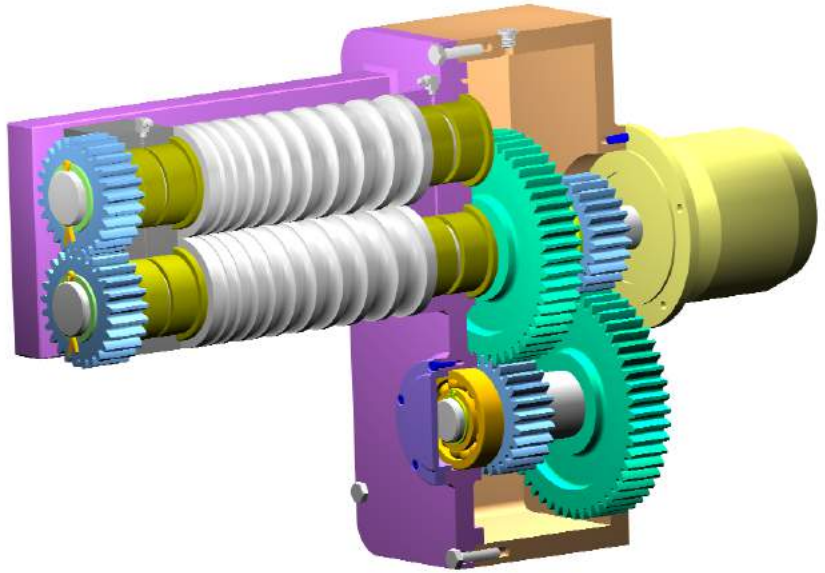
CONFORMAÇÃO PLÁSTICA - LAMINAÇÃO



–Schematic drawing of a three-high mill driven b
electric motor through coupling, flywheel and pinion stan

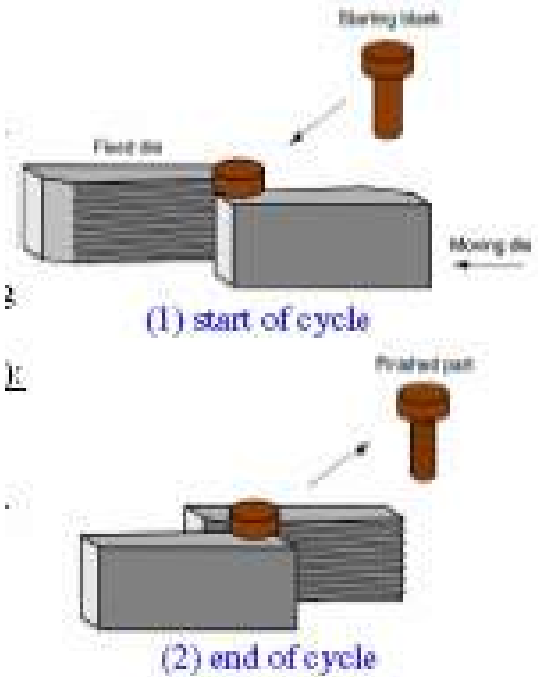


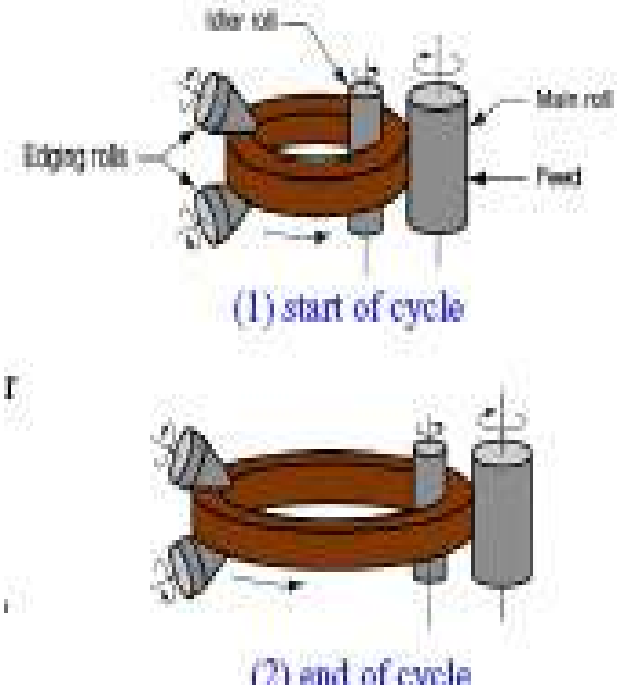
–Simple two-high stand of a sheet rolling mill with closed-top housings. *a* rolls, *b* roll housing, *c* chocks for the roll bearings and *d* screws, *e* roll throat



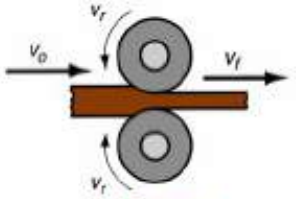
CONF. PLÁSTICA (LAMINADOR DE BARRAS)

CONF.PLÁSTICA (LAMINADOR DE ROSCAS E ANÉIS)

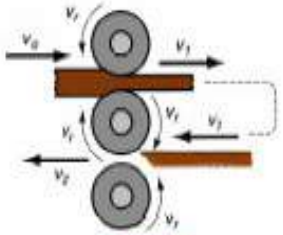




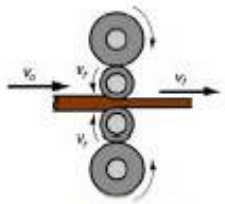
CONF. PLÁSTICA – TIPOS DE LAMINADORES



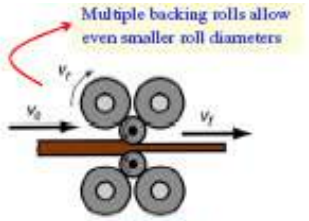
Two-high:
two opposing large diameter rolls



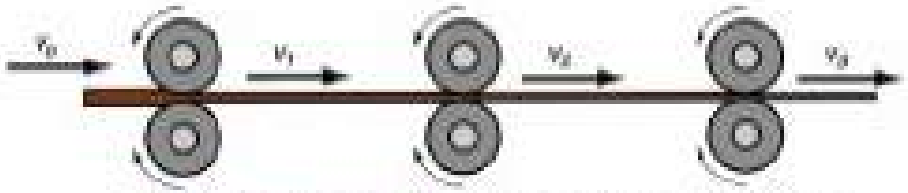
Three-high:
work passes through both directions



Four-high:
backing rolls support smaller work rolls

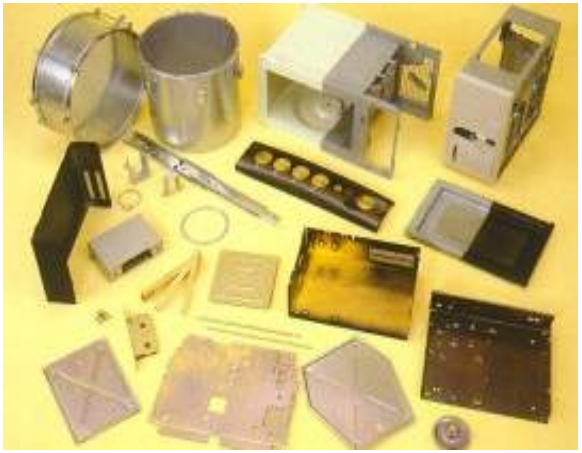


Cluster mill:
multiple backing rolls on smaller rolls

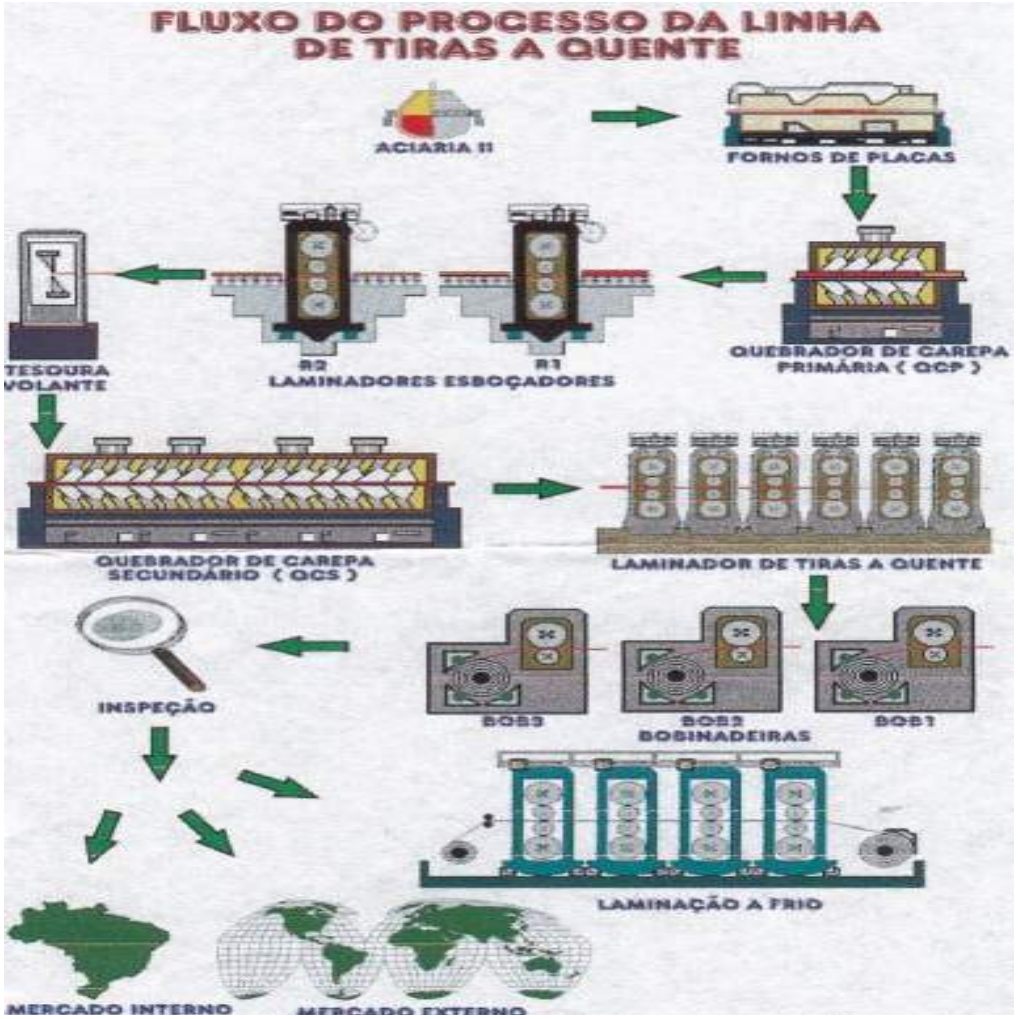


Tandem rolling mill: sequence of two-high mills

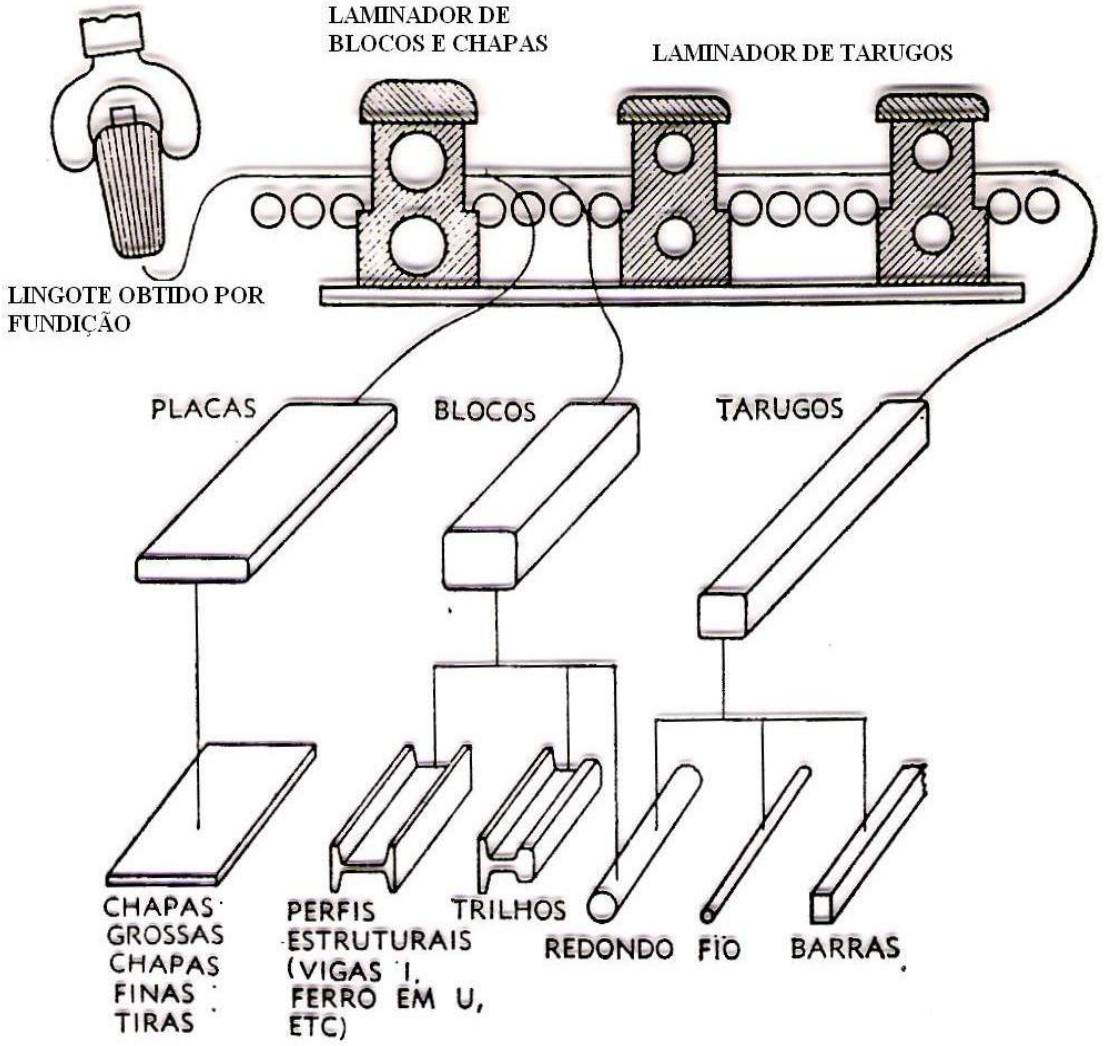
CONF. PLÁSTICA – PRODUTOS FINAIS OBTIDOS DE LAMINADOS



CONF. PLÁSTICA – LAMINAÇÃO DE TIRAS A QUENTE



CONF. PLÁSTICA – PRODUTOS LAMINADOS



CONF. PLÁSTICA – LAMINAÇÃO A QUENTE

Vantagens:

- Maior conformação por passe;
- Necessita de menor esforço para conformação;
- Não necessita de recozimento;

Desvantagens:

- Baixa precisão de espessura;
- Baixa qualidade de acabamento;
- Formação de carepa;

CONF. PLÁSTICA – LAMINAÇÃO A FRIO

Vantagens:

Alta precisão de espessura; Baixa taxa de deformação;

Excelente acabamento superficial; Necessidade de tratamento térmico

(**recozimento**);

Não há formação de carepa; Necessita de alto esforço para conformação

Desvantagens:

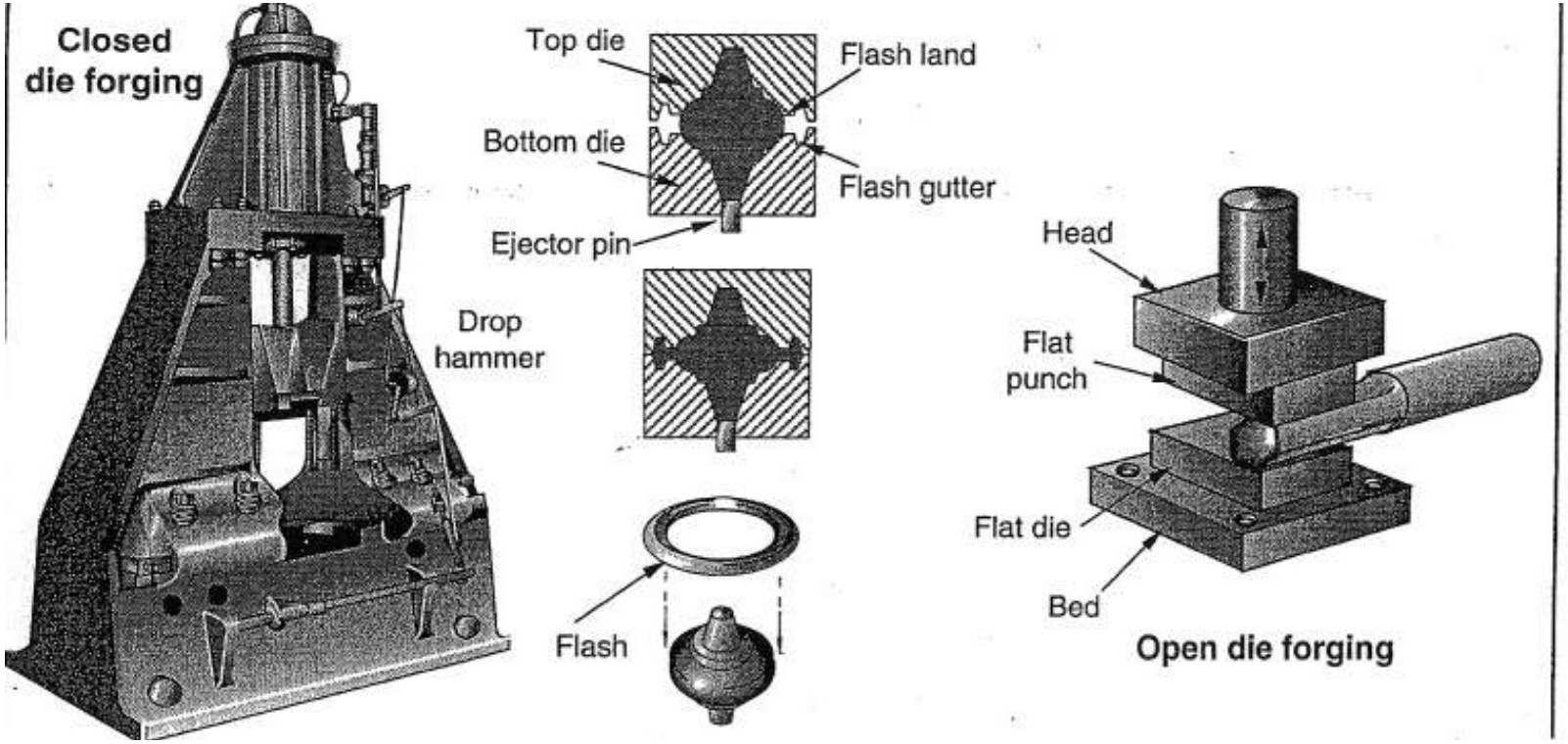
Alta precisão de espessura; Baixa taxa de deformação;

Excelente acabamento superficial; Necessidade de tratamento térmico

(**recozimento**);

Não há formação de carepa; Necessita de alto esforço para conformação

CONF. PLÁSTICA – FORJAMENTO A QUENTE



Introdução

- **Pode produzir uma grande variedade de peças em diversos materiais;**
- **Pode produzir desde peças com poucos milímetros até peças com alguns metros;**
- **O procedimento básico do processo baseia-se na deformação plástica do material;**
- **A matéria prima é usualmente encontrada em barras ou lingotes;**
- **O material é aquecido para melhorar sua ductilidade;**
- **A formação de rebarba é obrigatória no processo em matrizes fechadas.**

Características do processo

- **O processo de forjamento é dividido em vários estágios;**
- **O numero de estágios depende de alguns fatores como:**
- **- A complexidade da peça a ser forjada;**
- **- O material que constitui a peça.**

Tipos de processos de forjamento

- Forjamento em matriz aberta;
- Forjamento em matriz fechada;
- Forjamento em blocos;
- Forjamento de precisão.

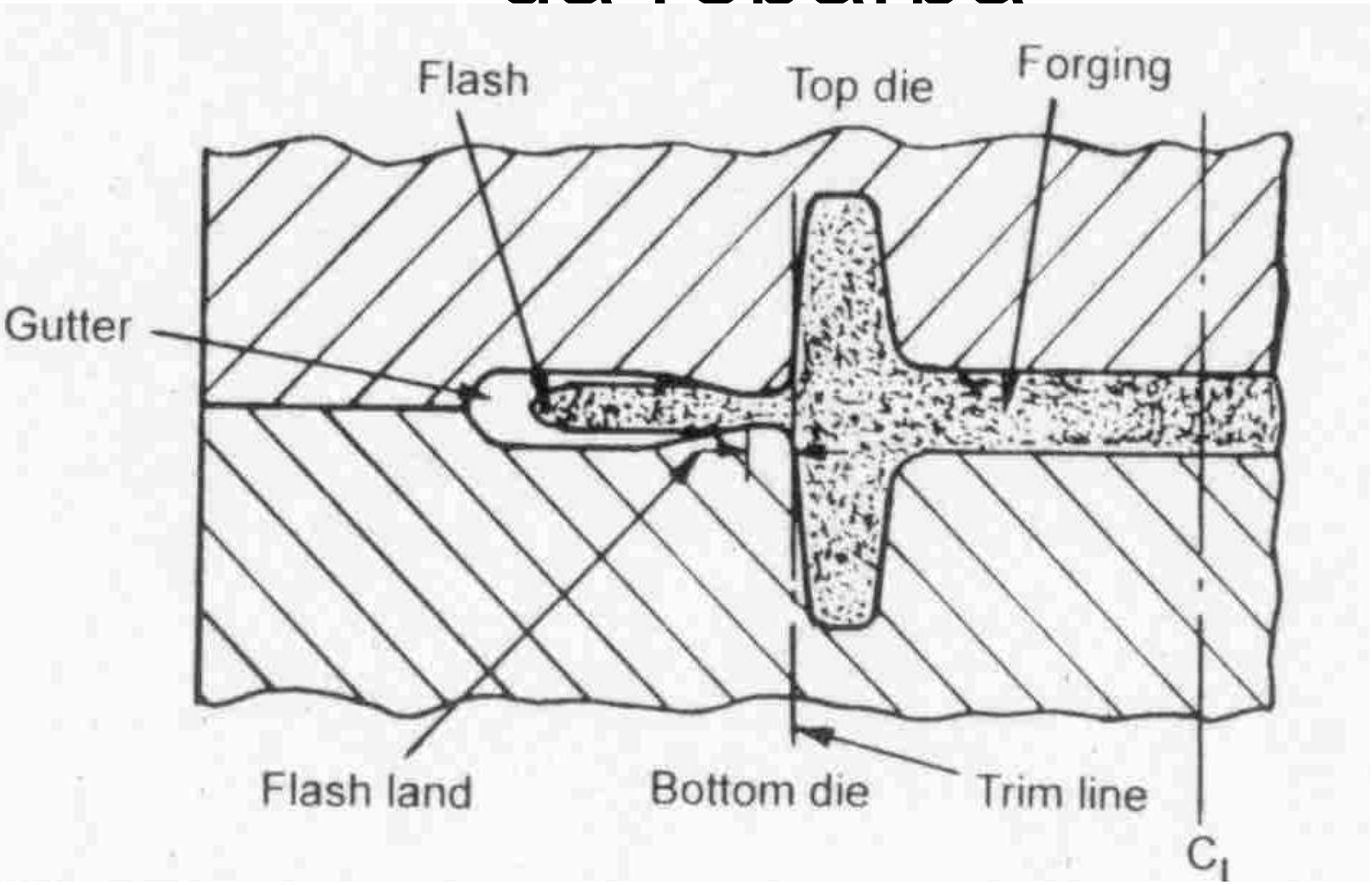
O papel da rebarba no forjamento

- **O volume da rebarba produzida em alguns casos pode ultrapassar 50% do volume da peça;**

- **A quantidade de rebarba influi na complexidade da peça;**

- **O controle da rebarba é necessário para o sucesso do processo.**

Determinação da geometria da rebarba



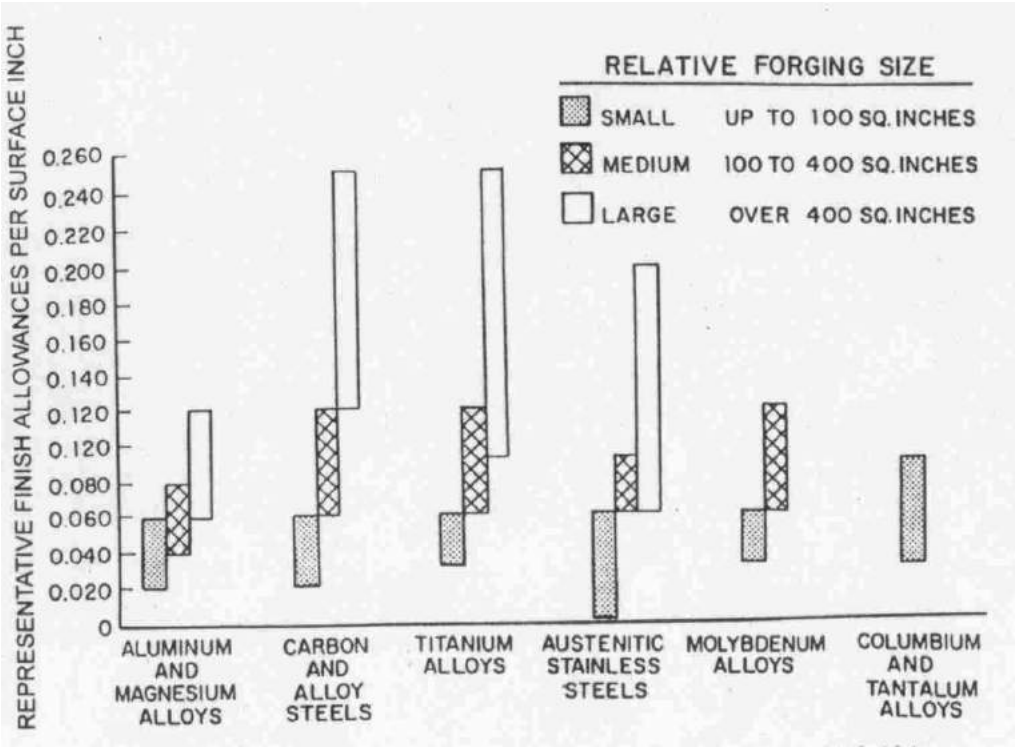
Quantidade de rebarba

- **O custo do sobremetal é determinado pelo peso da geometria acabada da peça;**

- O material descartado no processo de rebarbação é reaquecido, fundido e devolvido ao forno para formar novos lingotes.

Tolerâncias no forjamento

- **Segue abaixo um gráfico onde podemos ver a tolerância em um produto acabado em função de varias ligas de materiais.**



Equipamento de forjamento

- **Existem diversos tipos de equipamento de forjamento, entre eles:**

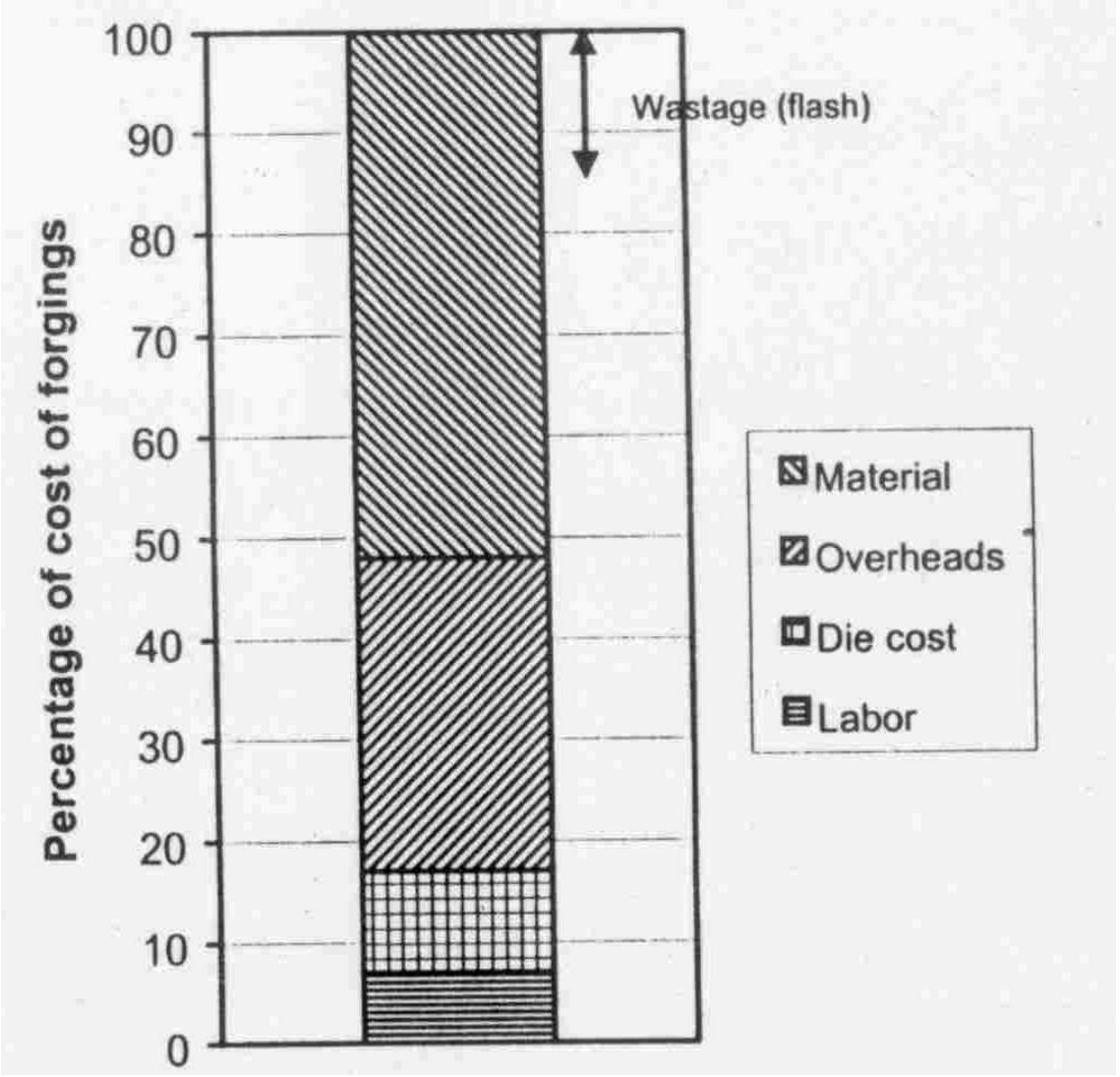
- **- Forjamento por martelo simples;**
- **- Forjamento por ação dupla ou força de martelos;**
- **- Forjamento por esmagamento de dois martelos (horizontal ou vertical);**
- **- Forjamento por pressão mecânica;**
- **- Forjamento por pressão hidráulica.**

Escolha do equipamento de forjamento

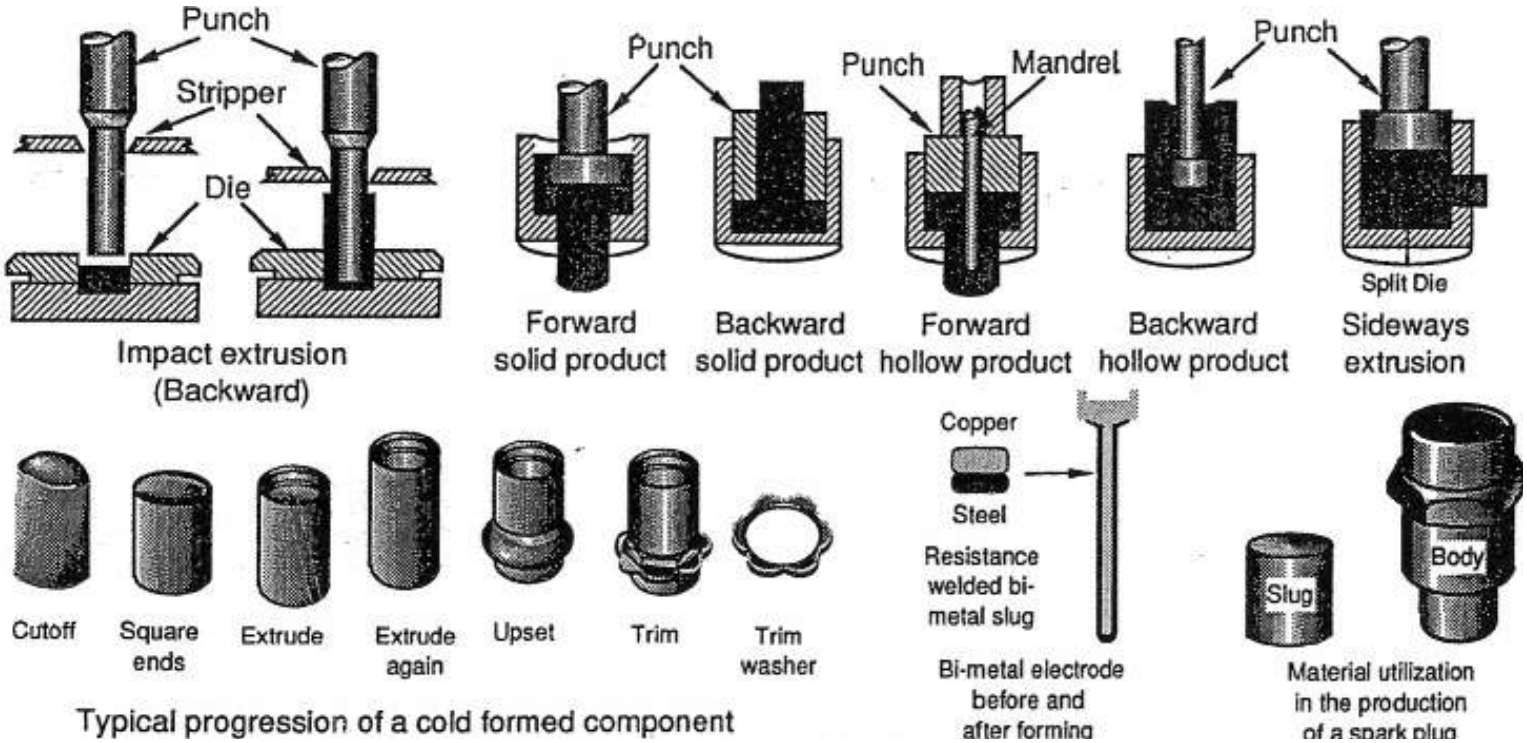
- **Para a escolha do equipamento levam – se em conta alguns parâmetros como:**

- **- Energia que o equipamento pode fornecer;**
-
- **- Velocidade fechamento das matrizes;**

Gráfico de custos no forjamento



CONF. PLÁSTICA – FORJAMENTO A FRIO



MATERIAIS

- **Qualquer material dúctil em temperatura ambiente, incluindo: alumínio, cobre, zinco, ligas a base de chumbo e estanho, e aços de baixo carbono. Além destes, ligas de aço e aço inoxidáveis, ligas de níquel e titânio podem ser processadas em uma base mais limitada.**

VARIAÇÕES DO PROCESSO

. Extrusão por impacto: similar a extrusão a frio, mas o lingote rígido é deformado plasticamente por um único golpe da ferramenta. Pode ser extrusão comum ou inversa. Formação a frio: pode ser extrusão comum ou inversa ou ambas.

. Extrusão hidrostática: metal forçado através do molde por fluido de alta pressão. Utilizado para ligas de alta resistência, frágeis e refratárias.

. Podem incorporar outros processos como: formação de cabeças a frio, estiramento e cunhagem para produzir partes complexas em um único setor

APLICAÇÕES

. Fixadores.

. Soquetes de ferramentas.

. Velas de ignição.

. Discos de metal.

. Tubos

ASPECTOS DE QUALIDADE

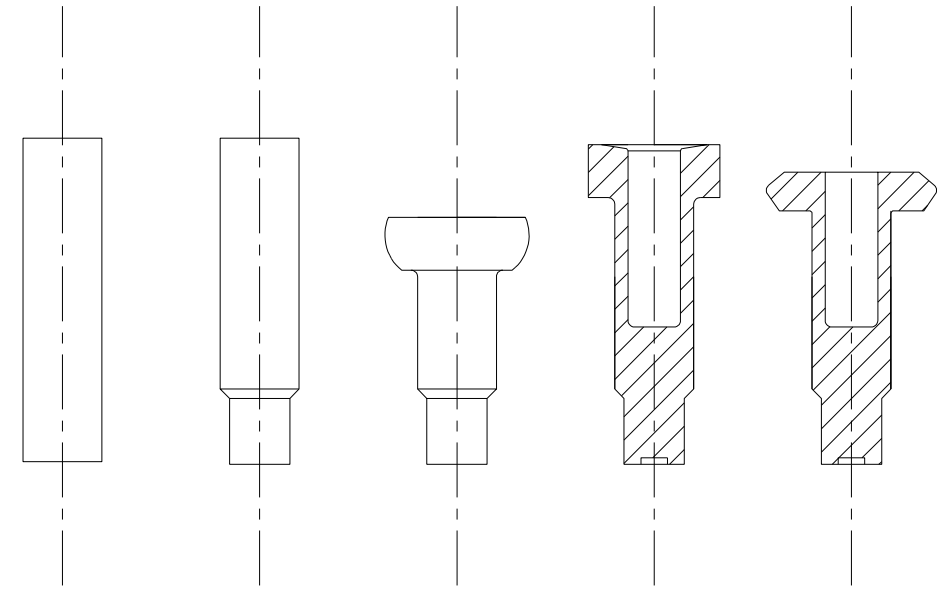
. Detalhes da superfície excelentes.

. Rugosidade da superfície na escala de 0,1 a 1,6 µm Ra são de possível obtenção.

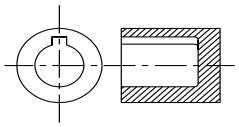
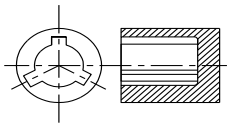
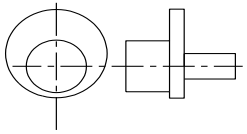
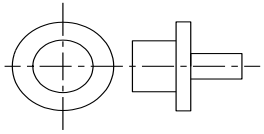
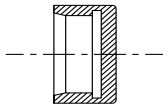
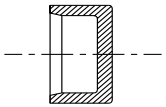
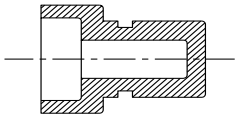
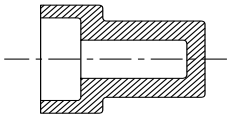
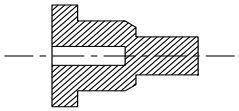
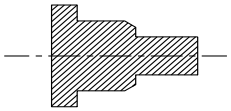
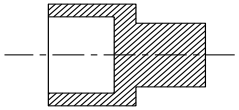
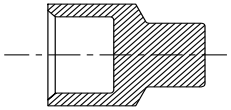
. Diagrama da capacidade do processo mostra a boa precisão em termos de tolerância dimensional.

. Tolerâncias dimensionais para componentes não-circulares são, no mínimo, 50% superiores do que as do diagrama de capacidade.

Representação das operações de forj. a frio de um eixo.



RESTRIÇÕES GEOMÉTRICAS DE FORJ. A FRIO

Item	Desfavorável	Favorável
(a) Simetria		
(b)		
(c) Detalhes internos e externos		
(d)		
Furos pequenos e longos (e)		
Cantos vivos (f)		

DEFEITOS EM FORJ. A FRIO

Os defeitos que surgem em produtos forjados a frio são causados basicamente por fatores como:

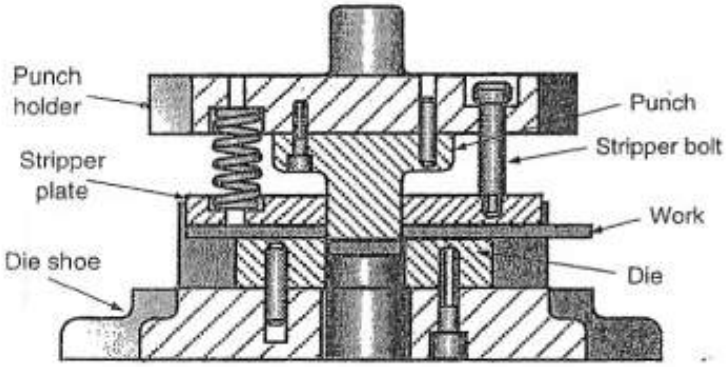
tratamento térmico incorreto e baixa qualidade superficial dos tarugos de partida;

deficiência da lubrificação na interface tarugo-ferramenta;

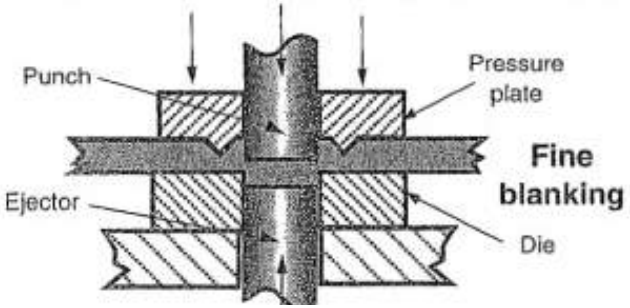
execução de etapas de extrusão ou recalque com graus de deformação excessivos

uso de ferramentas com geometrias inadequadas.

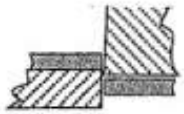
CONF. PLÁSTICA - ESTAMPAGEM

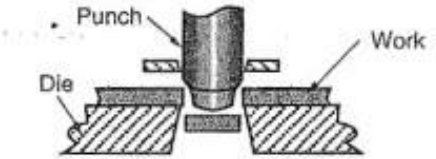


A typical die set showing punch and die in place



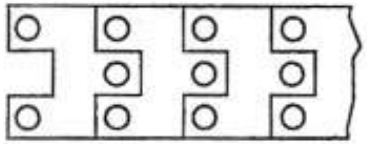
Typical sheet metal shearing operations

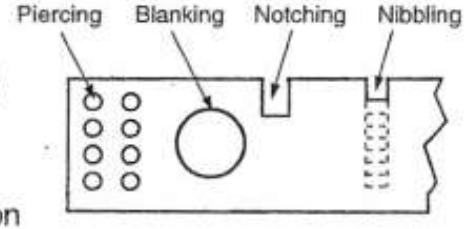

Cutting



Smooth wall hole piercing

Piercing/blanking


Example of material utilisation

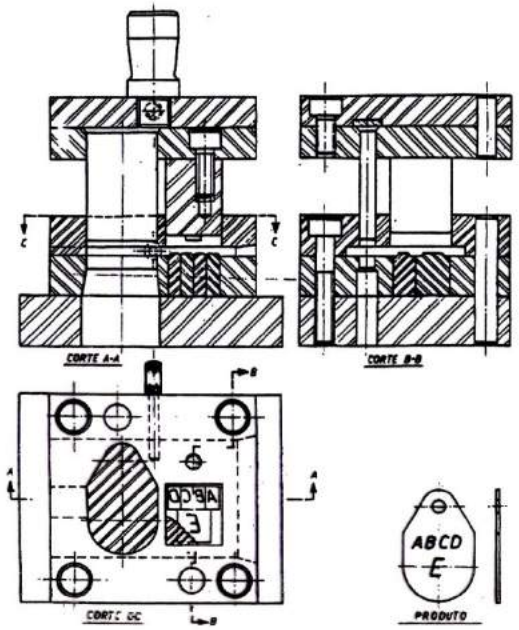


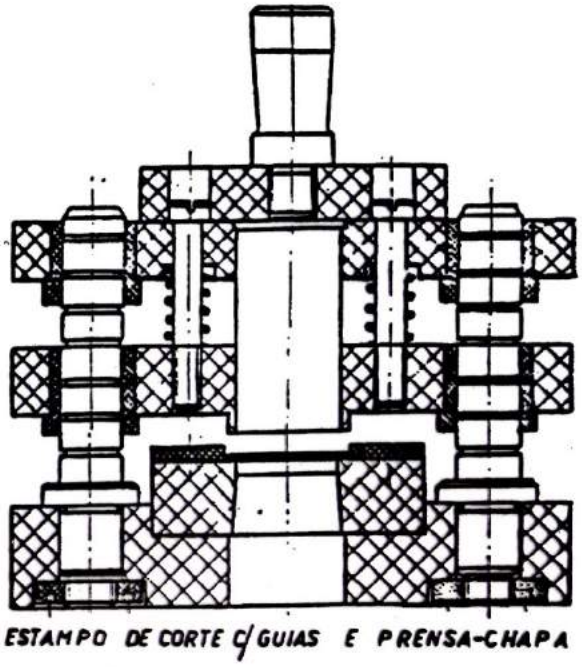
PROCESSOS POR CONFORMAÇÃO - ESTAMPAGEM

Consiste na fabricação de peças a partir de chapas, por meio de corte, dobra e embutimento.

ESTAMPAGEM - CORTE

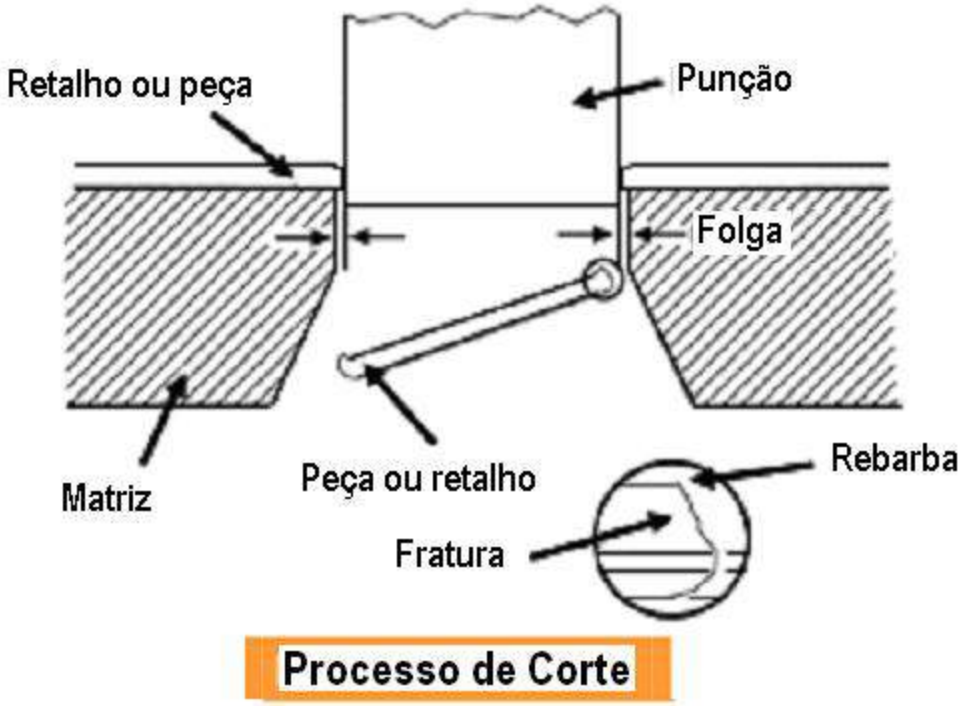
Estampo de Corte





ESTAMPO DE CORTE C/ GUIAS E PRENSA-CHAPA

CORTE



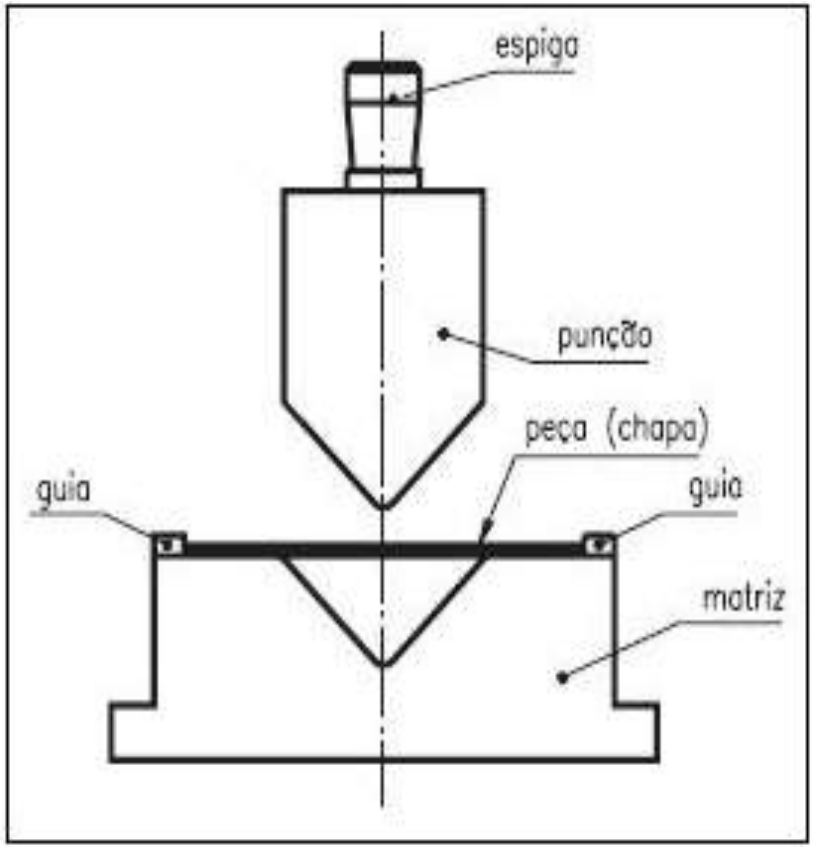
Processo de Corte

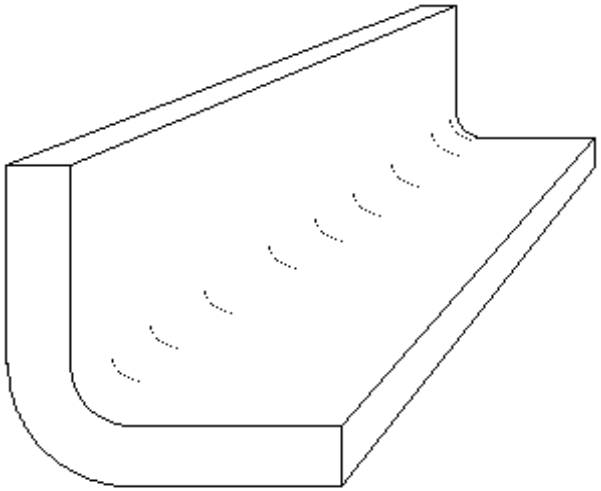
Compreende a conformação pela remoção de áreas específicas por meio de aplicação de força cortante gerando tensões de cisalhamento

DOBRA

- **Compreende a conformação pela alteração de áreas específicas por meio de aplicação de momento fletor gerando tensões de tração e compressão e transformando uma superfície plana em uma superfície espacial ou uma linha reta em uma linha curva**

ESTAMPAGEM - DOBRA





ESTAMPAGEM - EMBUTIMENTO

- **Compreende a conformação pela alteração de áreas específicas por meio de aplicação de força de compressão de uma superfície de encontro a uma matriz gerando tensões de tração**

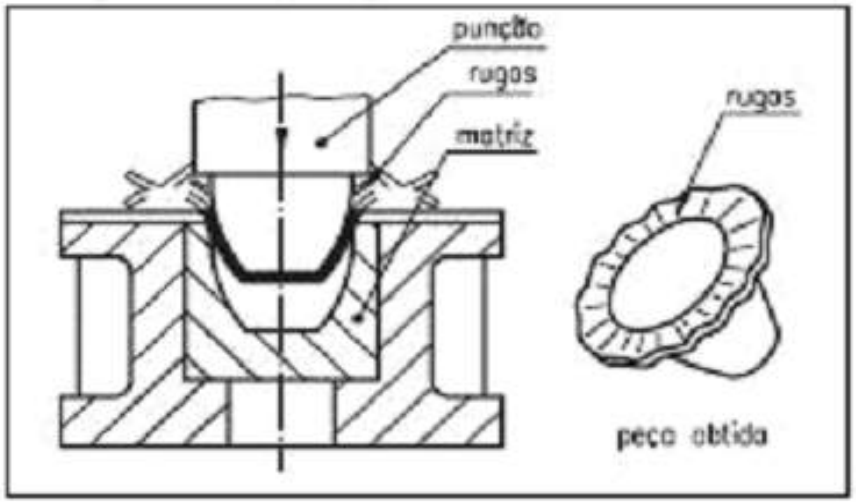
ESTAMPAGEM

- **EMBUTIMENTO (REPUXO)**

- **Uma chapa plana tem sua forma modificada pela aplicação de força de compressão / tração em uma ferramenta com folga entre o punção e a matriz**

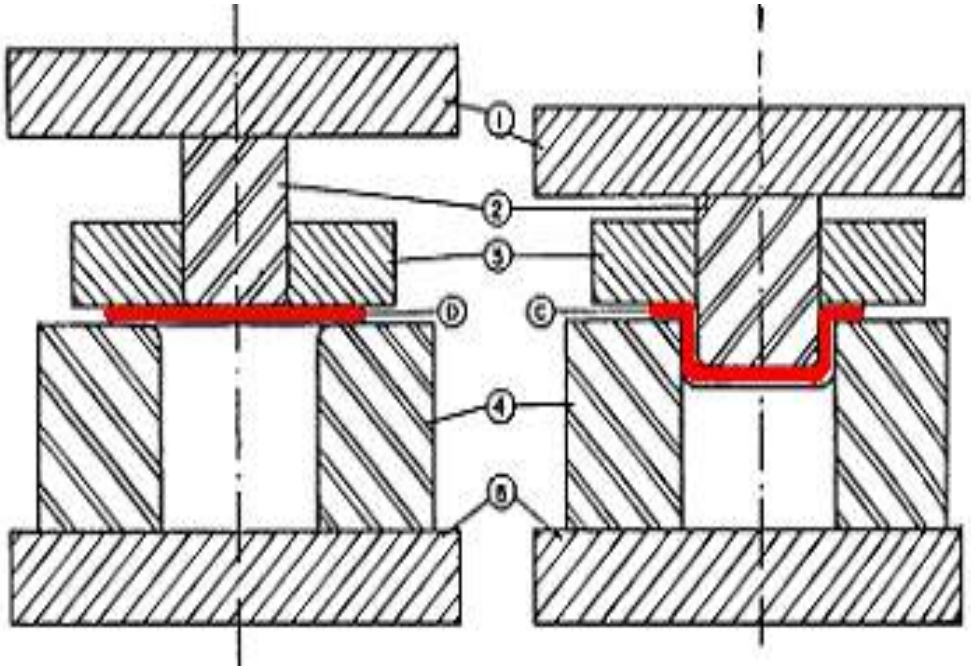
ESTAMPAGEM

- **EMBUTIMENTO (REPUXO)**
- **Uma chapa adquire forma volumétrica oca, previamente definida, em uma ferramenta composta de punção e matriz**



ESTAMPAGEM

- **EMBUTIMENTO (REPUXO)**

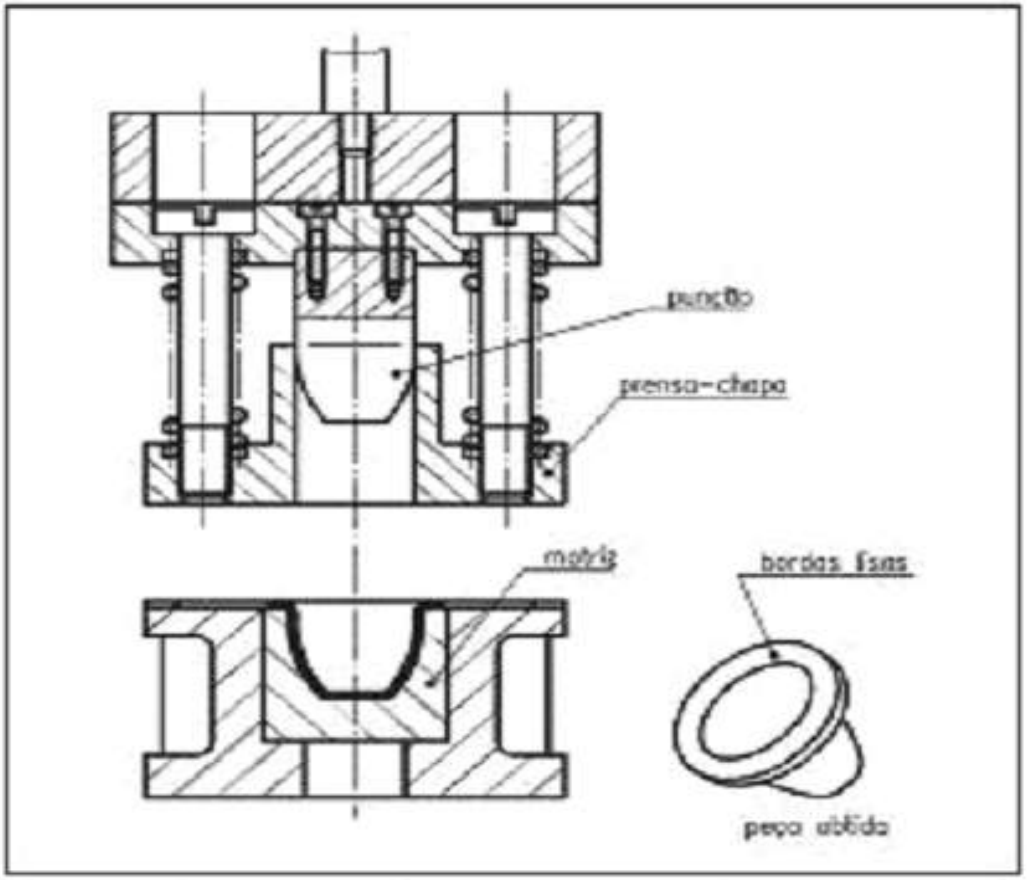


1 - Suporte do punção
2 - Punção
3 - Prensa-chapas ou sujeitador
4 - Matriz
5 - Suporte da matriz
D - Disco (peça recortada)
C - Copo (peça parcialmente conformada)

ESTAMPAGEM

- O prensa chapas tem a função de manter a chapa sob pressão para que ocorra o deslizamento para o interior da cavidade sem a formação de rugas

ESTAMPAGEM



ESTAMPAGEM

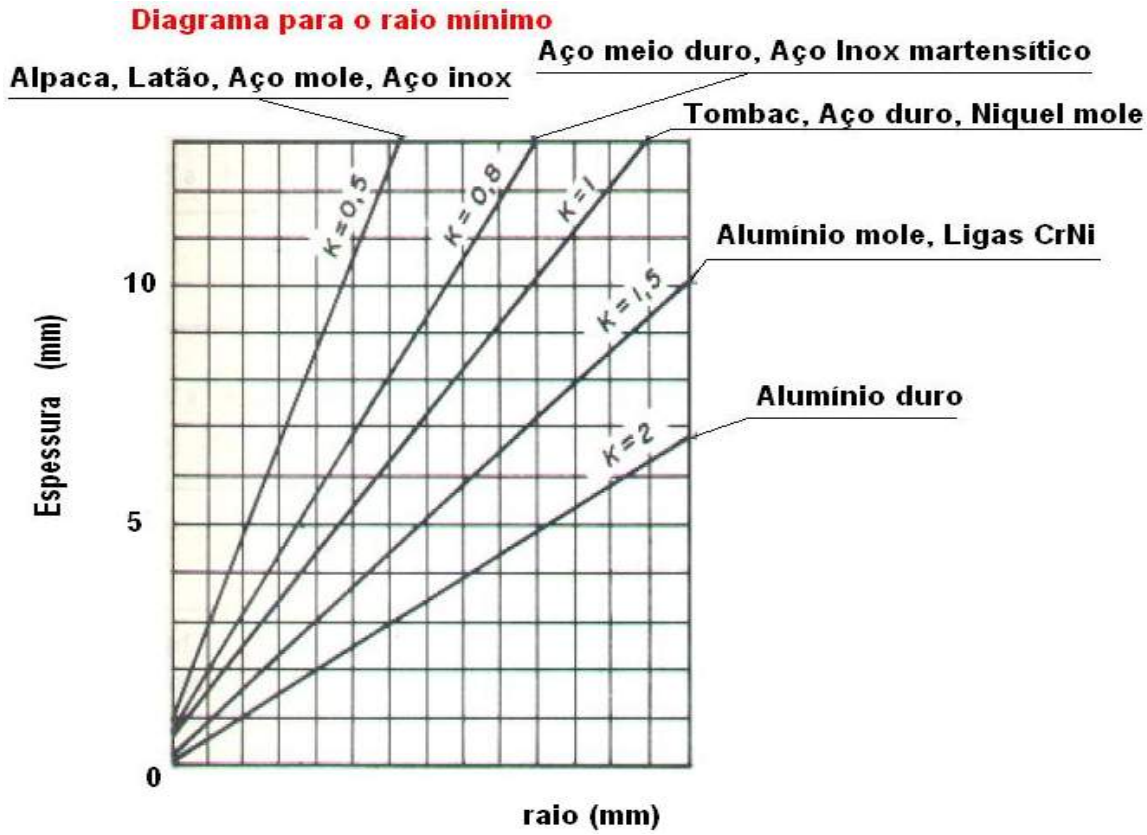
- A utilização de Draw-bead reduz a formação de rugosidades na peça

ESTAMPAGEM

- **Para evitar a formação de trincas ou fissuras são determinados :**
  - **O raio da matriz por meio de cálculos relacionados com a espessura e o material**
  - **O lubrificante adequado para as condições de conformação**
  - **A folga entre o punção e a matriz de acordo com o material e a espessura**
  - **A pressão exercida pelo prensa-chapas**

ESTAMPAGEM

- **O raio da matriz é obtido em função da espessura (e) do material**
- **R ≥ K . e**



ESTAMPAGEM

- **Os lubrificantes líquidos, em pasta ou sólidos são selecionados de acordo com o material a ser estampado**

MATERIAL	LUBRIFICANTE
Aços	Sabão em pasta, óleo de rícino, talco, emulsões de óleos minerais
Alumínio e suas ligas	Querosene, óleo de coco, vaselina, sebo, óleo grafitado
Zinco, estanho, chumbo e metal branco	Sebo
Cobre, bronze e latão	Óleo mineral grosso, pasta de sabão com água, petróleo grafitado
Aço inoxidável	Água grafitada

ESTAMPAGEM

- **A folga δ corresponde ao valor da espessura acrescido de um coeficiente determinado empiricamente de acordo com**

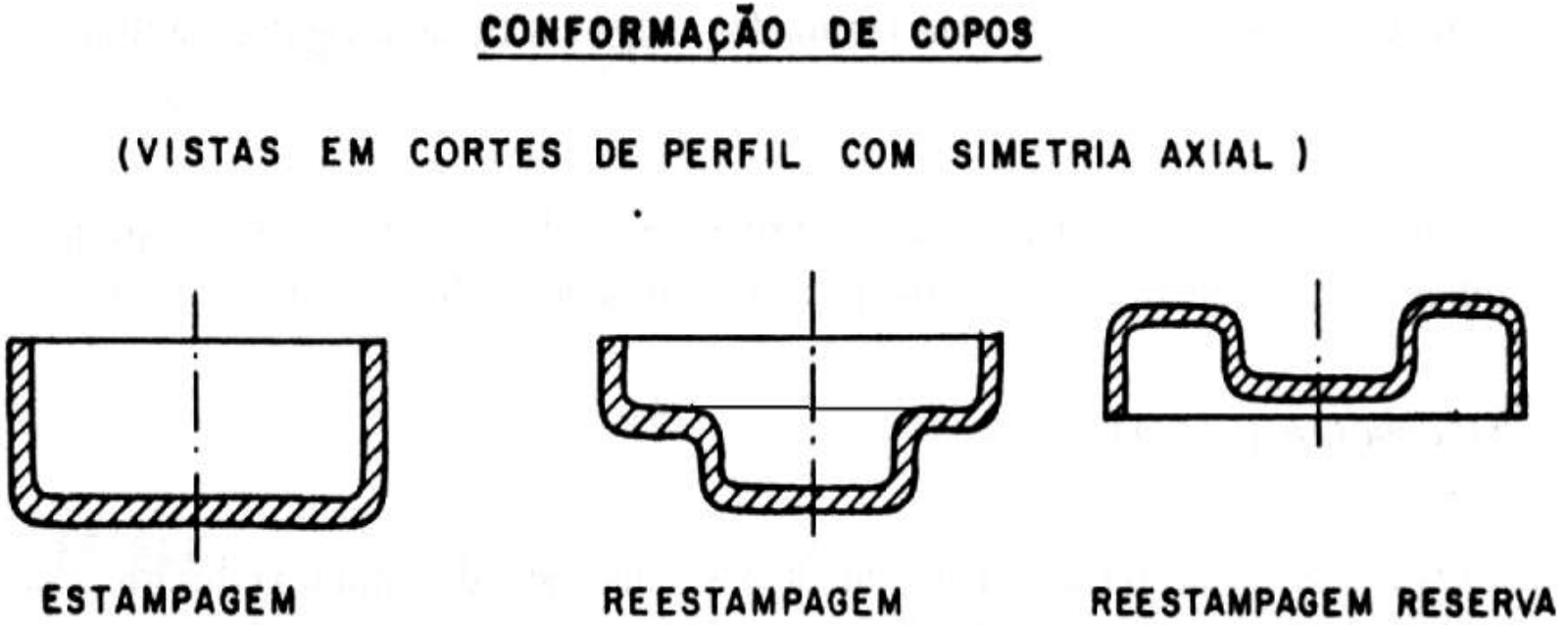
FÓRMULA	GRUPOS DE MATERIAIS (CHAPAS)
$\delta = e + 0{,}07\sqrt{10 \times e}$	aço
$\delta = e + 0{,}04\sqrt{10 \times e}$	metais não ferrosos
$\delta = e + 0{,}02\sqrt{10 \times e}$	alumínio
$\delta = e + 0{,}20\sqrt{10 \times e}$	metais resistentes ao calor

ESTAMPAGEM

- A pressão exercida pelo prensa-chapas é determinada em ensaios de try-out com alteração da carga nas molas

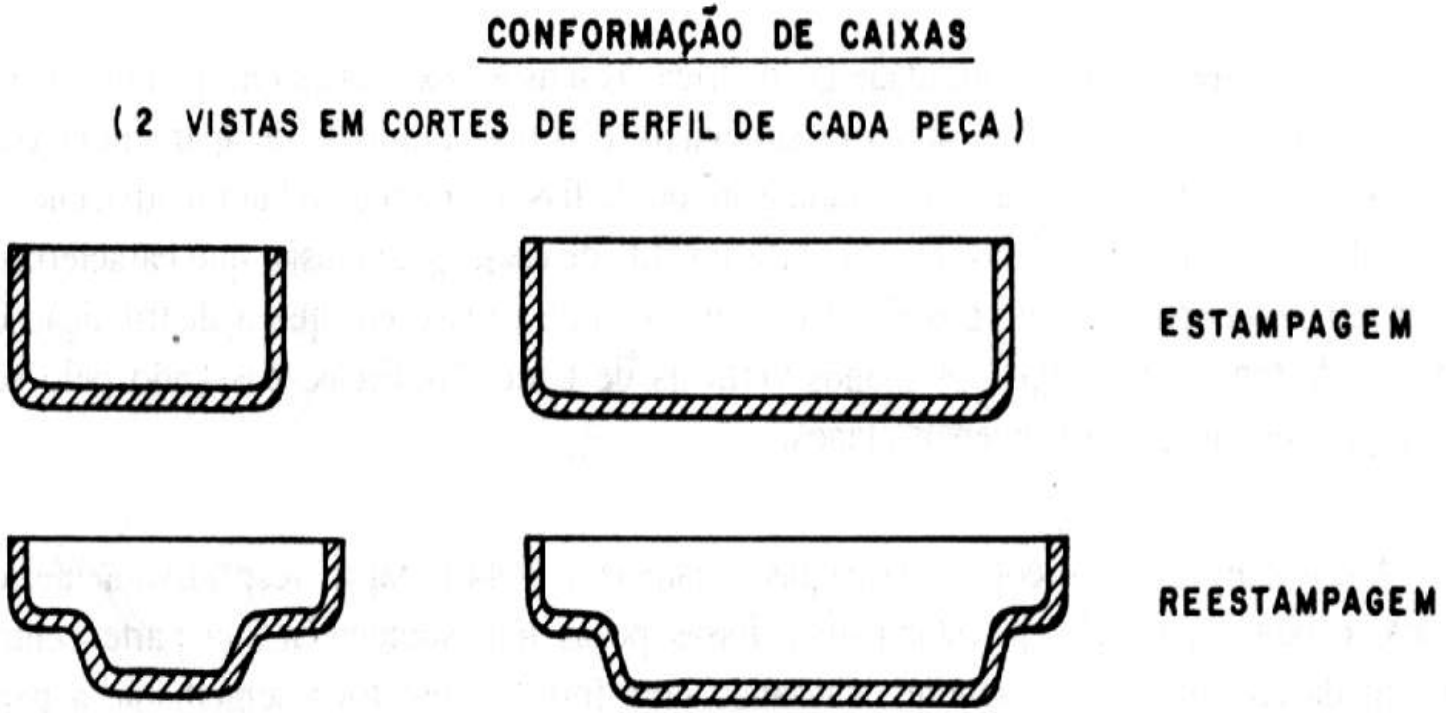
ESTAMPAGEM

- **EMBUTIMENTO (REPUXO)**



ESTAMPAGEM

- **EMBUTIMENTO (REPUXO)**



ESTAMPAGEM

VARIÁVEIS QUE AFETAM O REPUXO

- **1 Geometria do produto:**
  - profundidade de repuxo;
  - uniformidade da profundidade de repuxo;
  - formas com ângulo negativo;
  - raios;
  - espessura do material;
  - qualidade do material.

- **2 Lubrificantes:**
  - tipo;
  - viscosidade;
  - quantidade e distribuição;
  - temperatura.

ESTAMPAGEM

- **3 Chapa de aço:**
  - variação de espessura;
  - variação de dureza;
  - variação de *r* e *n* ao longo da largura e do comprimento;
  - alongamento uniforme;
  - limite de escoamento;
  - limite de resistência;
  - óleo de usina;
  - uniformidade do revestimento;
  - rugosidade da superfície;
  - uniformidade da superfície

ESTAMPAGEM

- **4 Blank:**
  - direção de laminação;
  - forma;
  - pré-forma;
  - planicidade;
  - limpeza;
  - rebarbas;
  - temperatura.

ESTAMPAGEM

- **5 Ambiente:**
  - temperatura do ar;
  - umidade do ar;
  - limpeza do ar;
  - velocidade do vento na fábrica.

ESTAMPAGEM

- **6 Prensa:**
  - velocidade dos cabeçotes (anel e punção);
  - tonelagem (anel e punção);
  - equilíbrio (anel e punção);
  - rigidez da prensa;
  - força do anel;
  - guias.

ESTAMPAGEM

- **7 Frisos:**
  - altura;
  - forma;
  - configuração;
  - quantidade.

ESTAMPAGEM

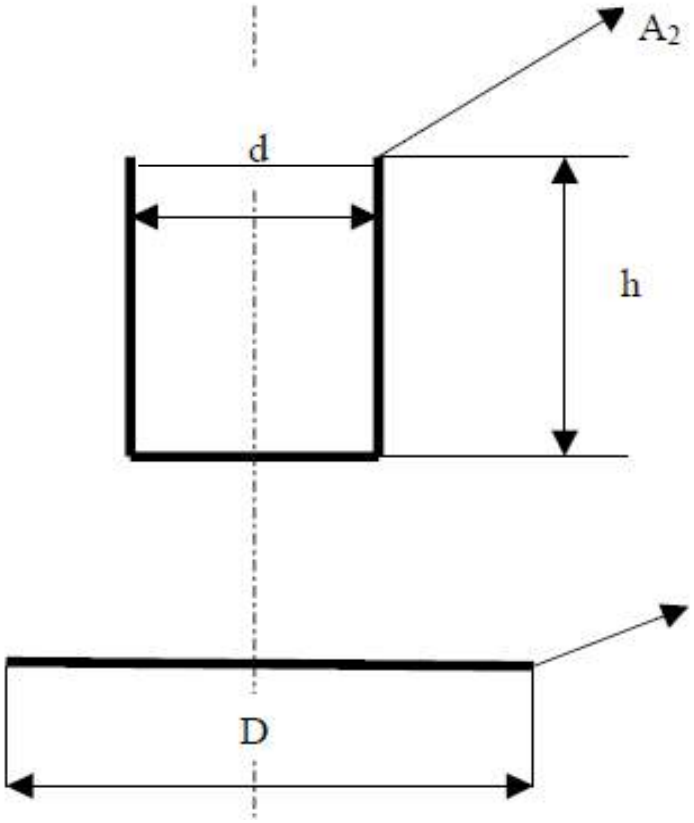
- **8 Ferramenta de repuxo:**
  - adequada seleção dos aços da ferramenta;
  - bons fundidos;
  - tratamento da superfície dos fundidos;
  - pontos de solda no punção e anel (precisão e uniformidade);
  - rugosidade da superfície do punção e matriz;
  - respiros (rigidez);
  - pressão de nitrogênio (superior e inferior);
  - calços da ferramenta;
  - temperatura da ferramenta;
  - desgaste;
  - sujeira.

ESTAMPAGEM

- **Dimensionamento**

- **Considerando que a conformação se desenvolve a volume constante é possível calcular as dimensões do blank a partir da área da peça admitindo espessura constante**

ESTAMPAGEM



$A_1 = A_2$

$$\frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi d^2}{4} + \pi dh$$

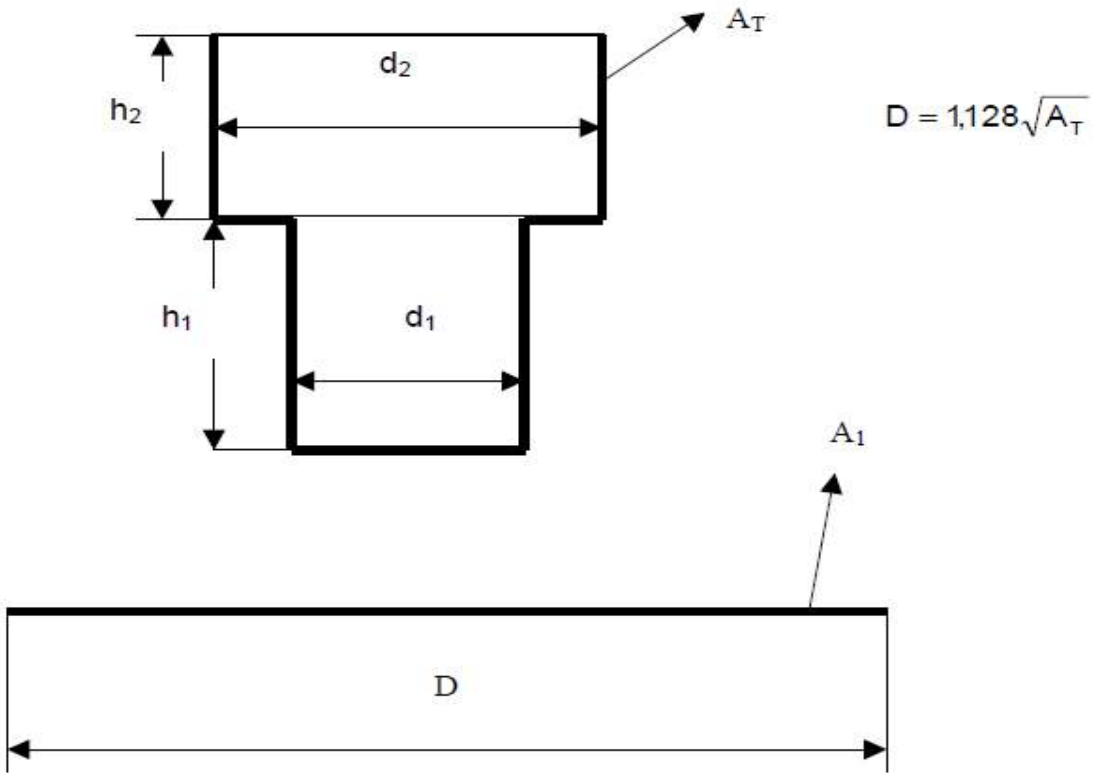
$$D^2 = d^2 + 4dh$$

$$D = \sqrt{d^2 + 4dh}$$

ESTAMPAGEM

- Com o aumento de complexidade da peça tem-se um equacionamento direcionado pela realização de experimentos

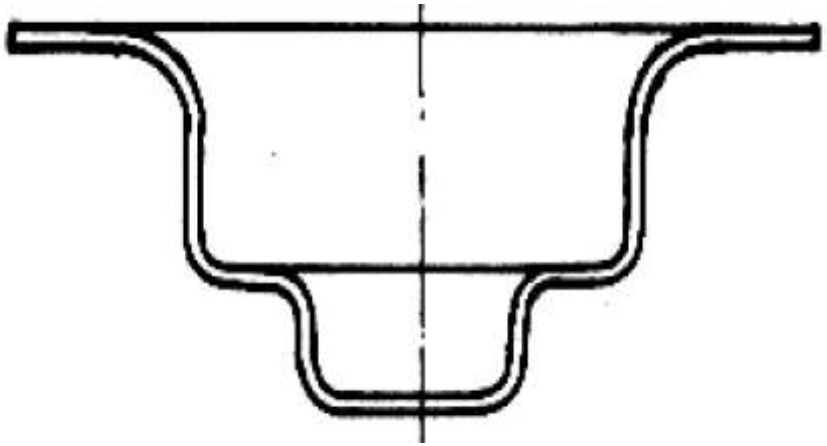
ESTAMPAGEM



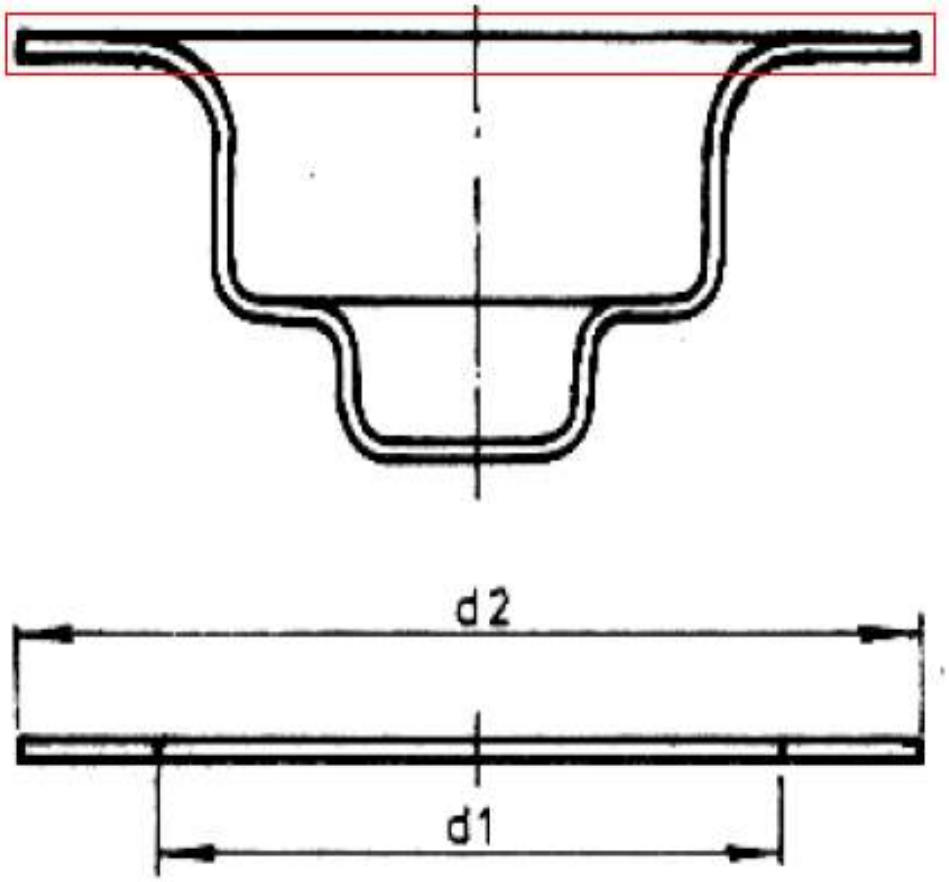
$$D = 1{,}128\sqrt{A_T}$$

ESTAMPAGEM

- **O corpo a ser fabricado é subdividido em partes de geometria mais simples**



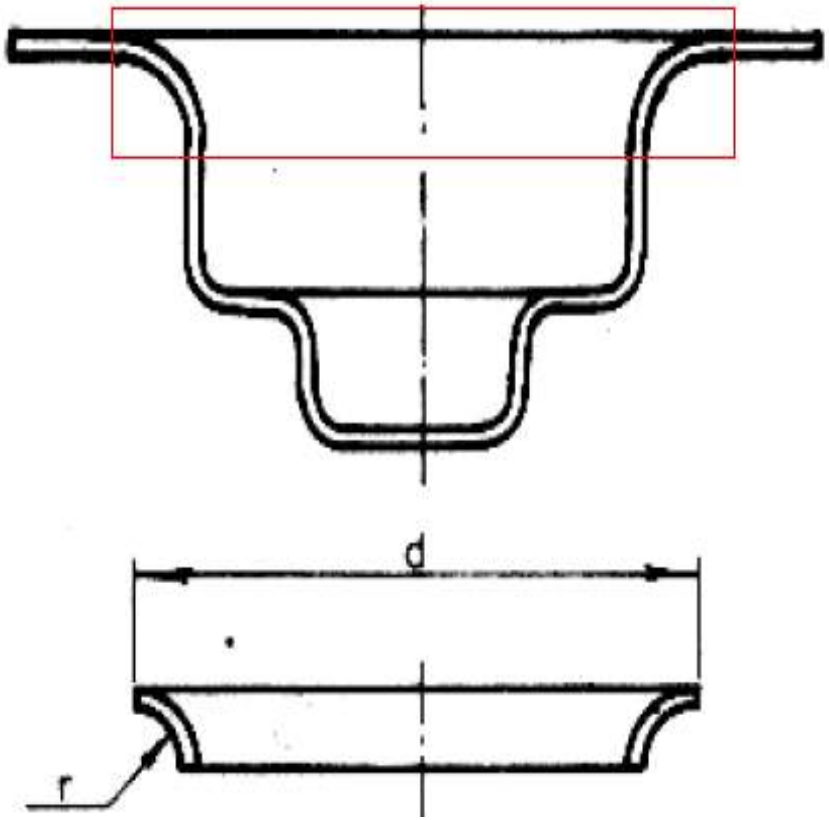
ESTAMPAGEM



A = Área

$$A = 0{,}7854\,(d^2 2 - d^2 1)$$

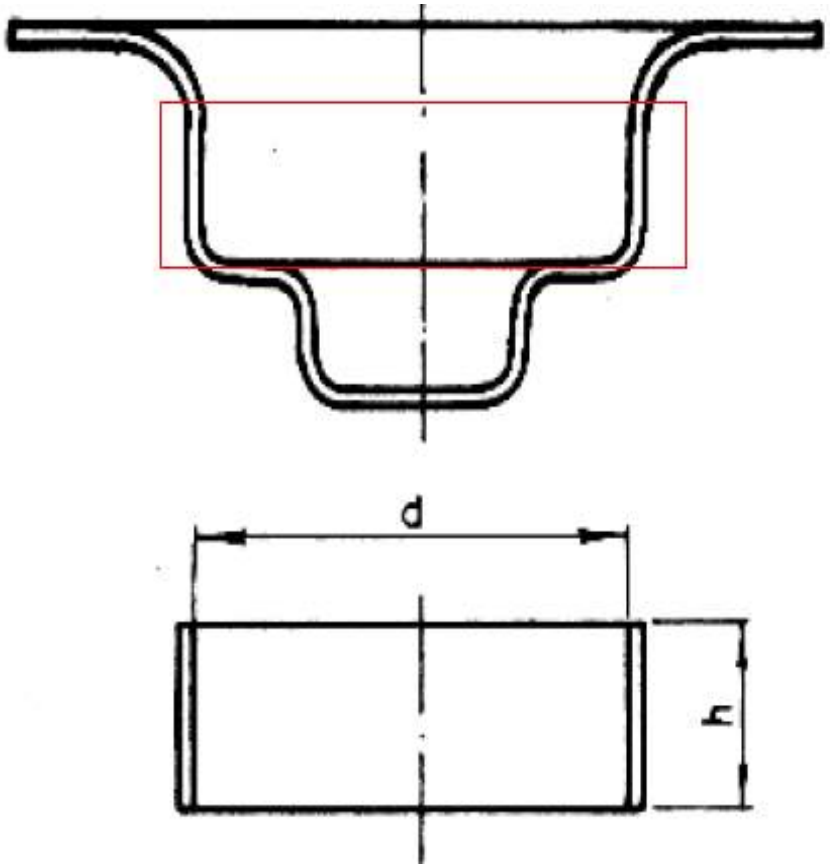
ESTAMPAGEM



A = Área

$$A = \frac{\pi^2 rd}{2} - 2\pi r^2$$

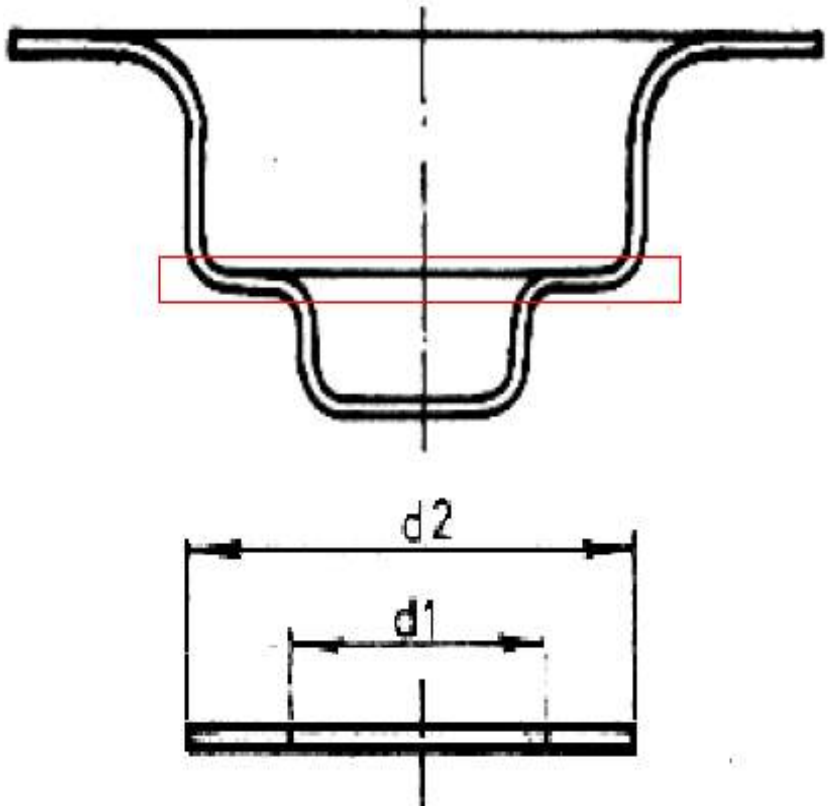
ESTAMPAGEM



A = Área

$A = \pi\, dh$

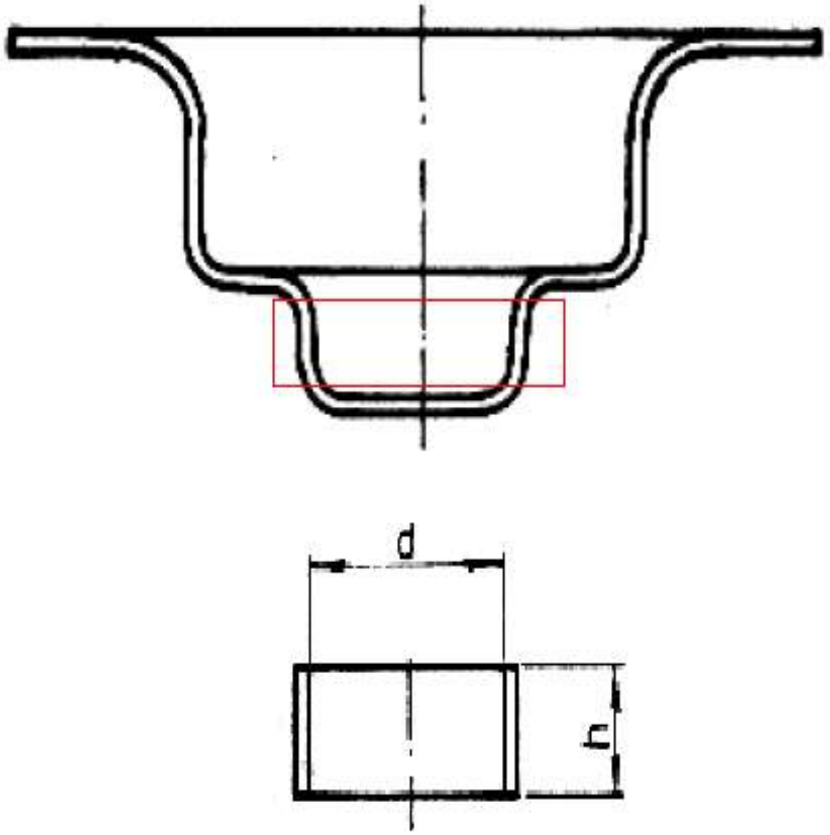
ESTAMPAGEM



A = Área

$A = 0{,}7854 \times d^2$

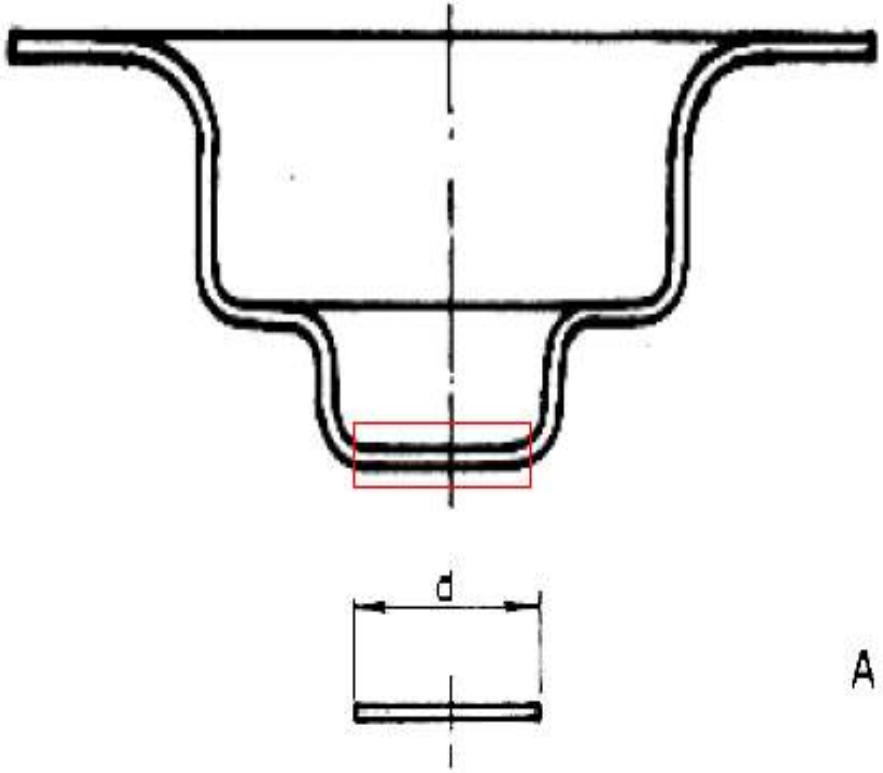
ESTAMPAGEM



A - Área

$A = \pi \times d \times h$

ESTAMPAGEM



A = Área

$$A = 0{,}7854 \left(d_2^2 - d_1^2 \right)$$

ESTAMPAGEM

- O processo requer o cálculo do número de passes necessários para que não ocorram defeitos na peça.
- A propriedade do material relacionada com a quantidade de passes é denominada Grau de Conformação

ESTAMPAGEM

- ***Grau de conformação***

$$\gamma = \ln \frac{D}{d}$$

- ***Onde :***
  - ***D é a dimensão inicial da peça***
  - ***d é a dimensão final da peça***

ESTAMPAGEM

- **A relações de controle são :**

- **Severidade do embutimento**
  - **$\beta_0 = D/d$**

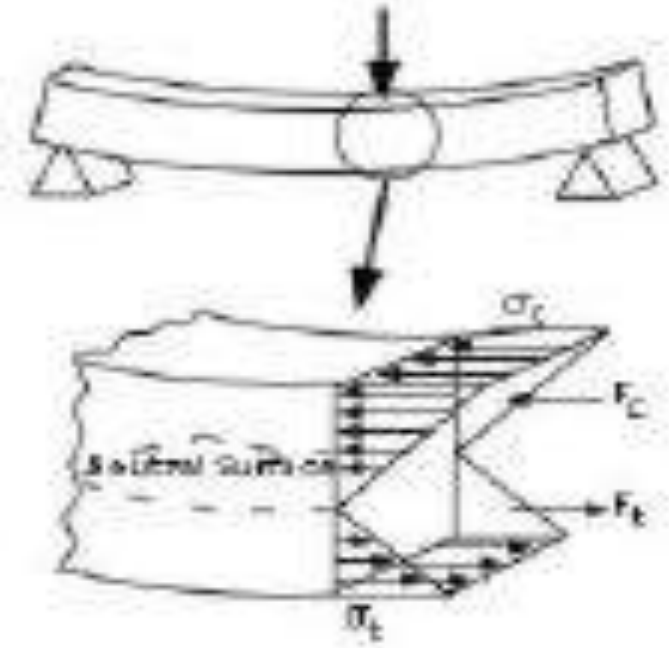
- **Severidade máxima**
- **$\beta_0 = 2,15 – 0,001\ d/e$**

ESTAMPAGEM

- O esforço de embutimento é calculado pela expressão :
- $Fe = \pi \cdot e \cdot d \cdot K_e \cdot m$ (N)
- Onde :
  - ***e = espessura (mm)***
  - ***d = diâmetro (mm)***
  - ***K_e = pressão específica de embutimento N/MM2***
  - ***$m = 1/\beta_0$***

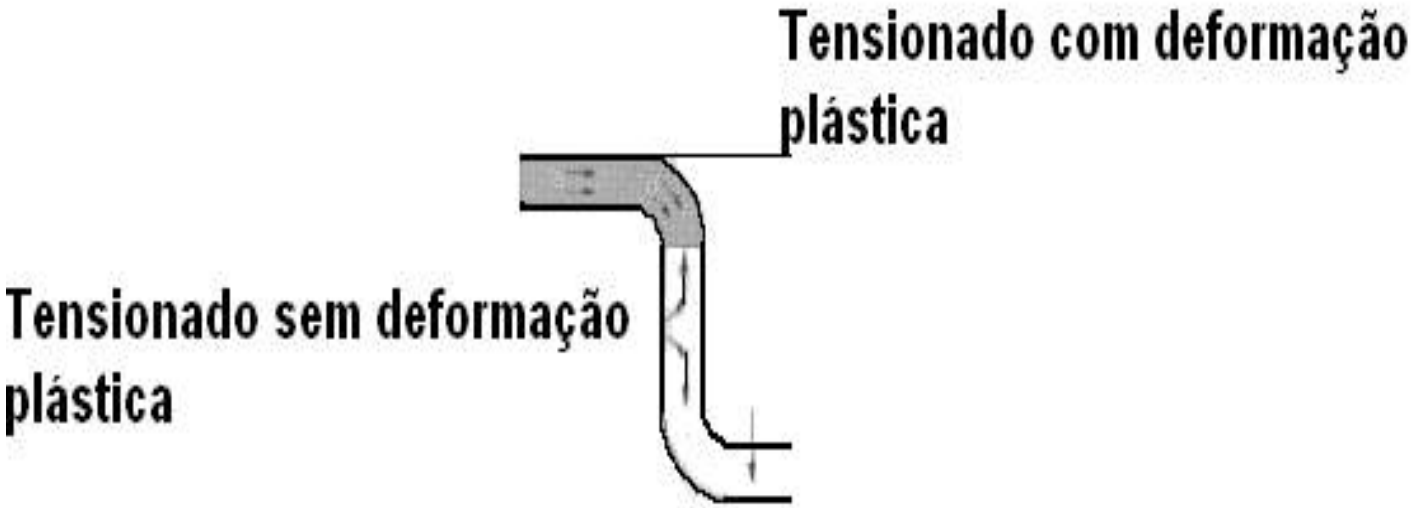
DOBRAMENTO

- Propriedades dos materiais
  - **Flexibilidade**



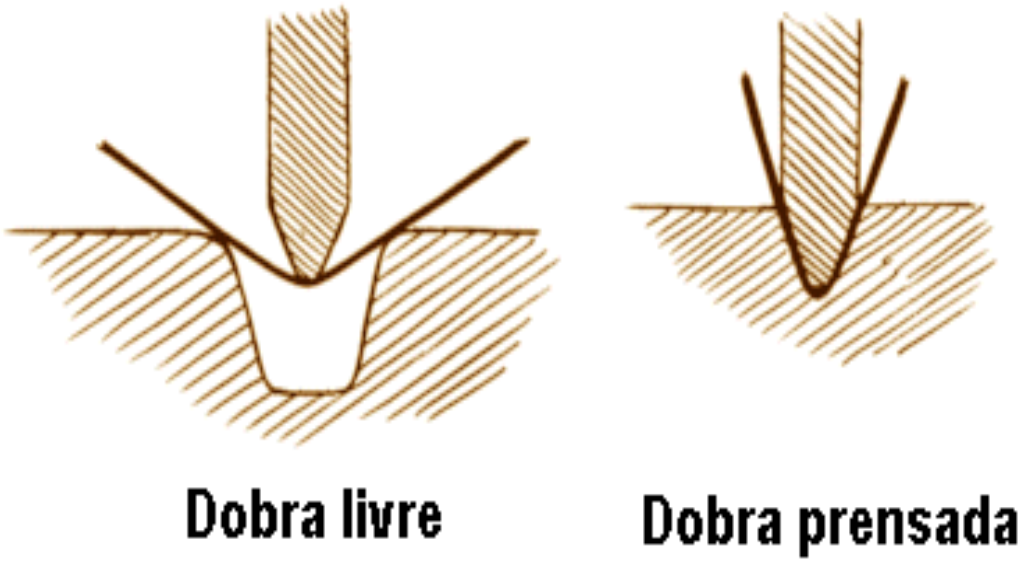
DOBRAMENTO

- **Solicitação na deformação**



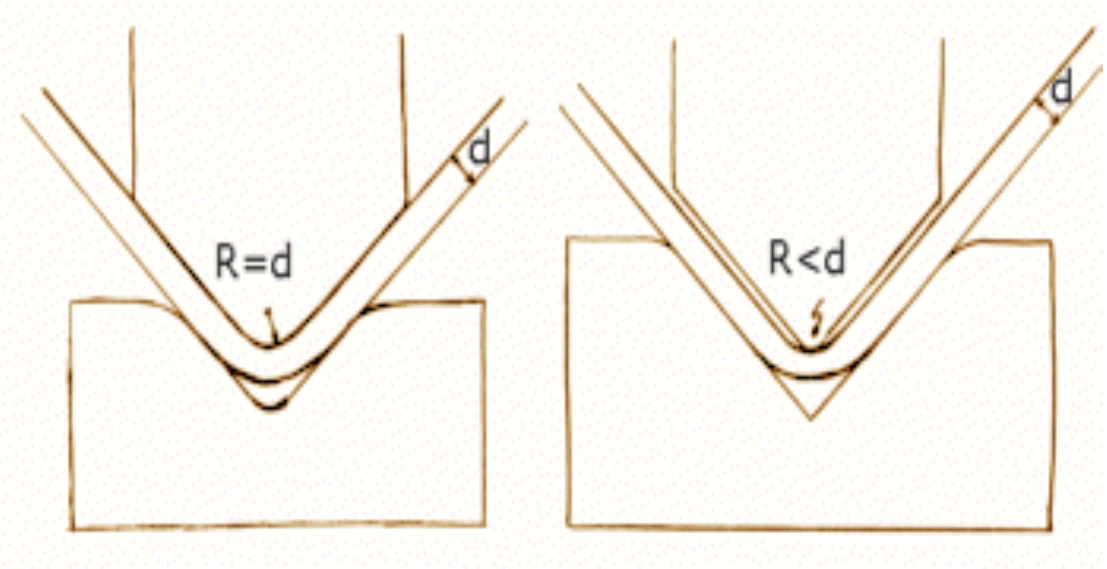
DOBRAMENTO

- **Condições de dobramento**



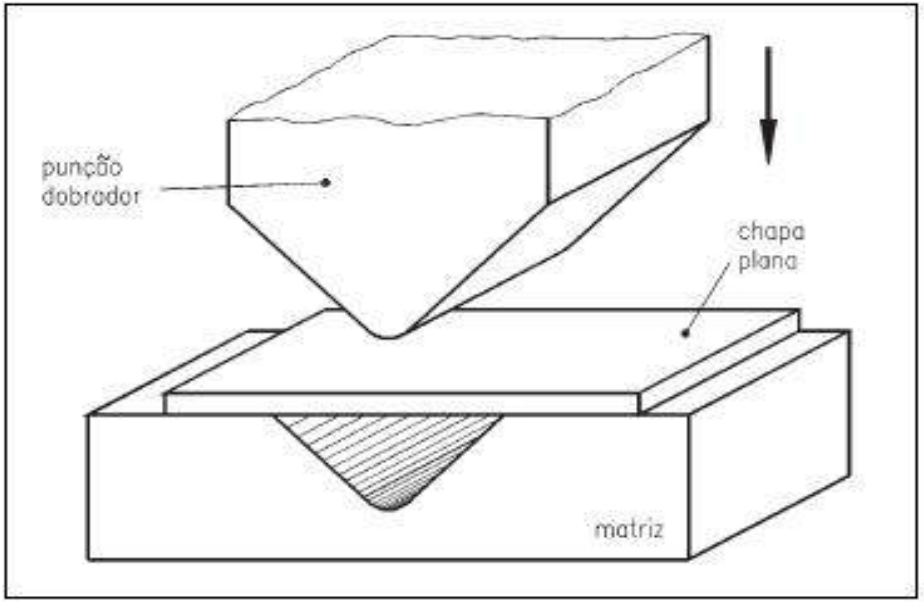
DOBRAMENTO

- **Condições de Dobramento**



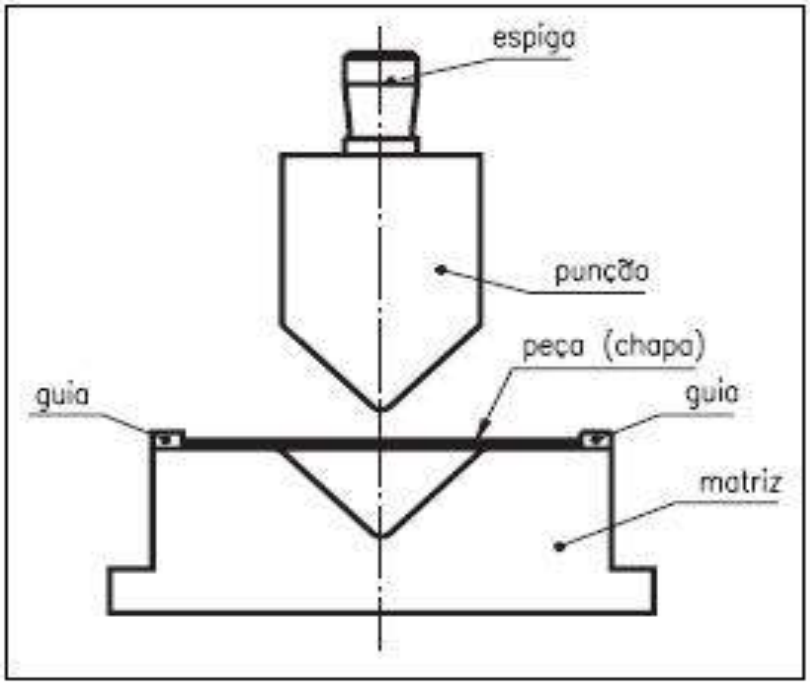
DOBRAMENTO

- Dobra biapoiada



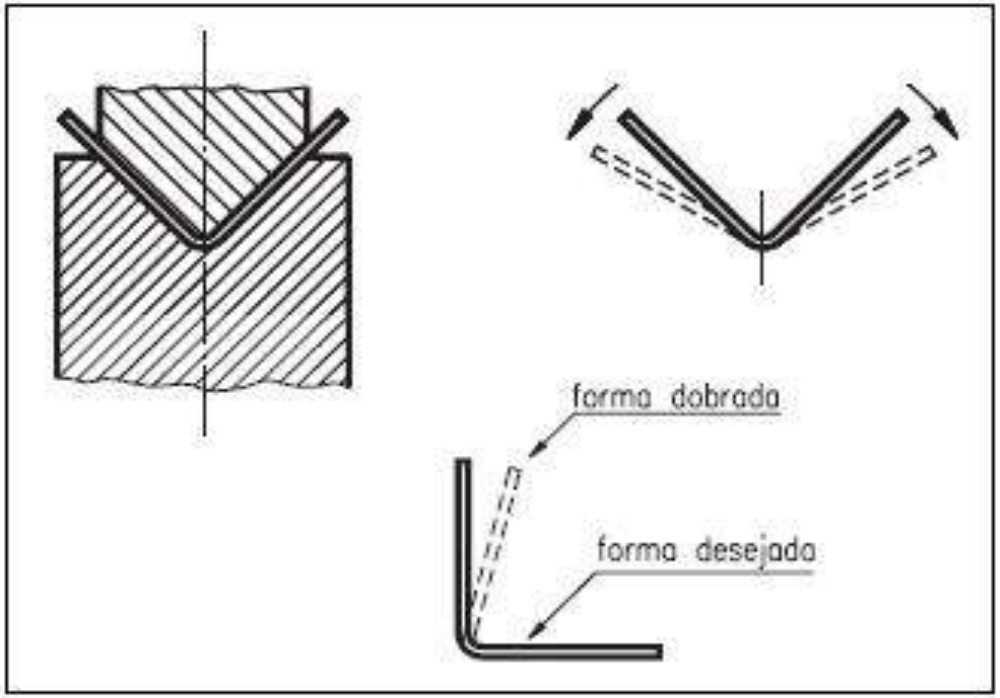
DOBRAMENTO

- **Nomenclatura da ferramenta**



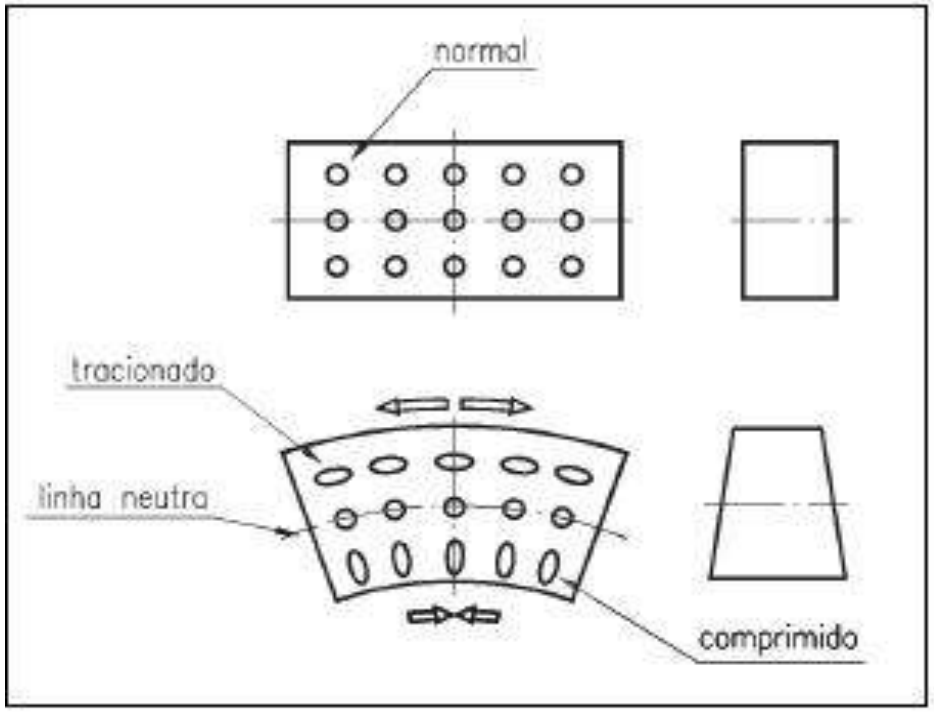
DOBRAMENTO

- Efeito mola



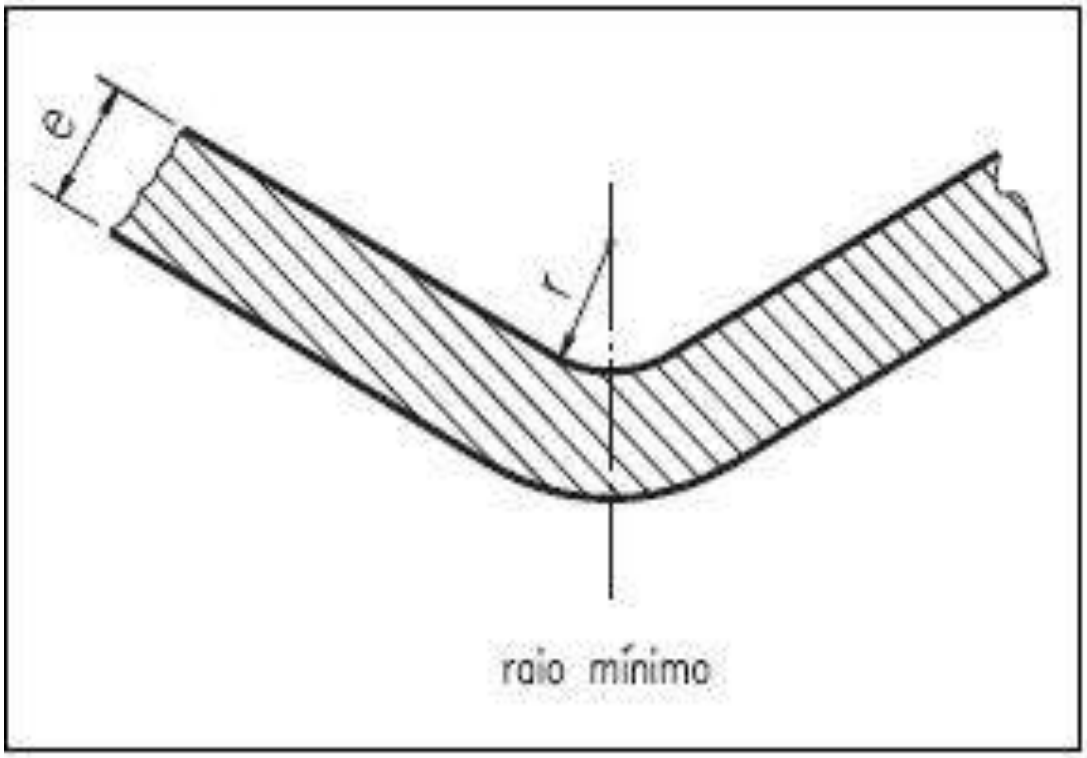
DOBRAMENTO

- Ensaio de dobramento



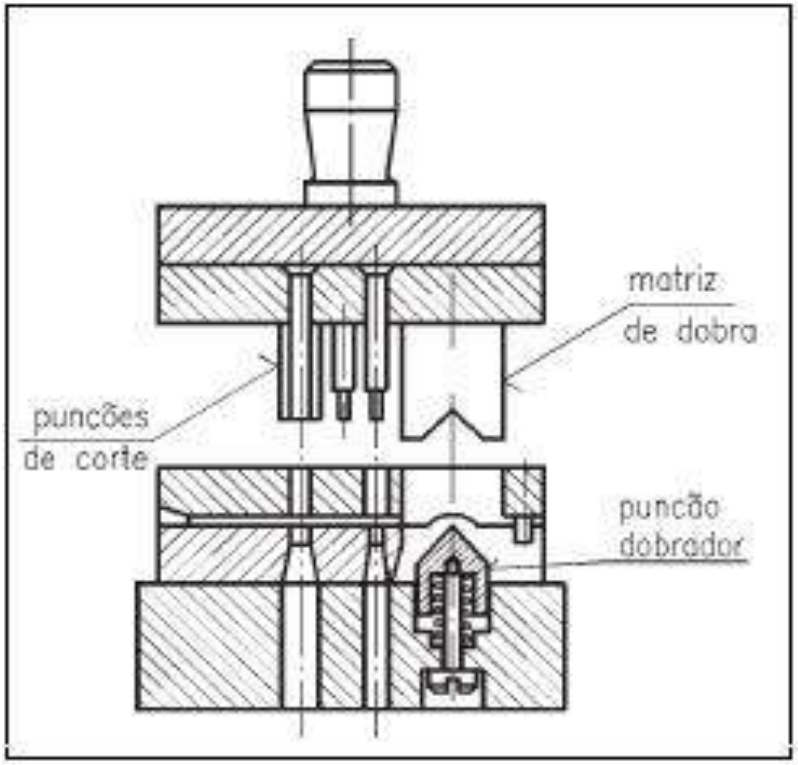
DOBRAMENTO

- Raio de dobra



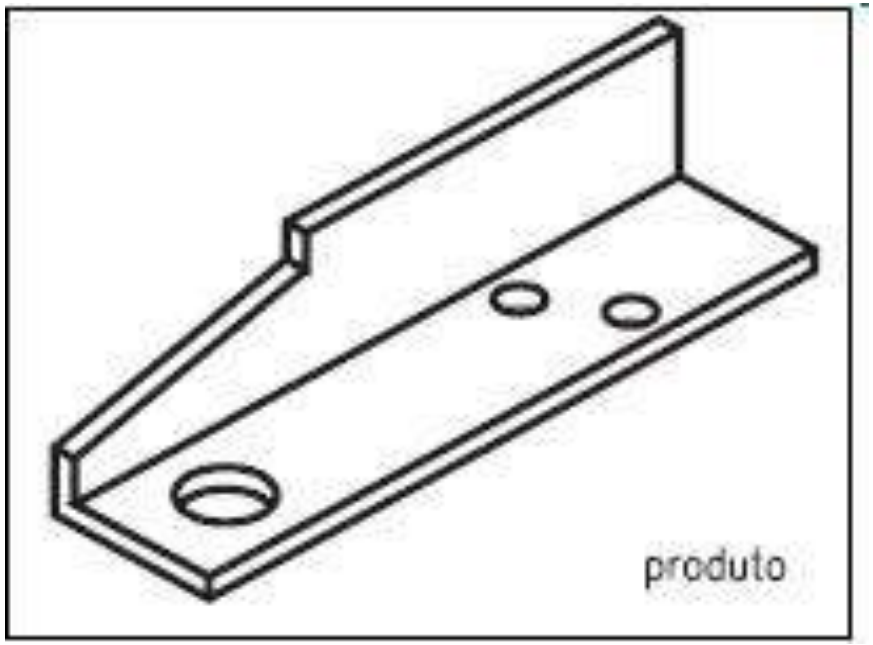
CORTE E DOBRA
(FERRAMENTA PROGRESSIVA)

- **Corte e dobra**



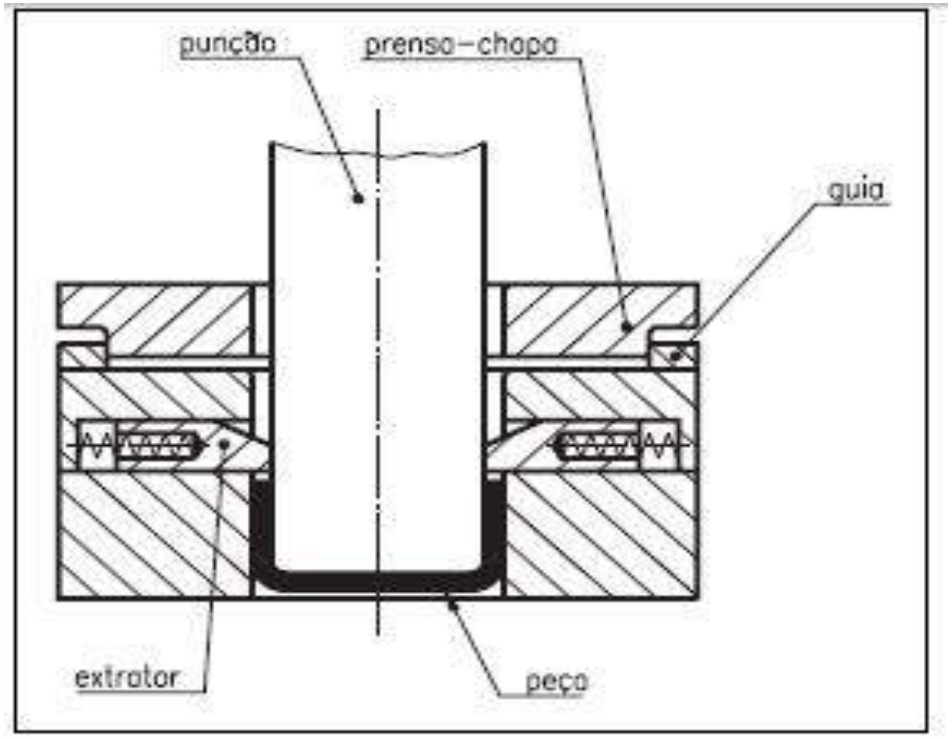
DOBRAMENTO

- Produto dobrado



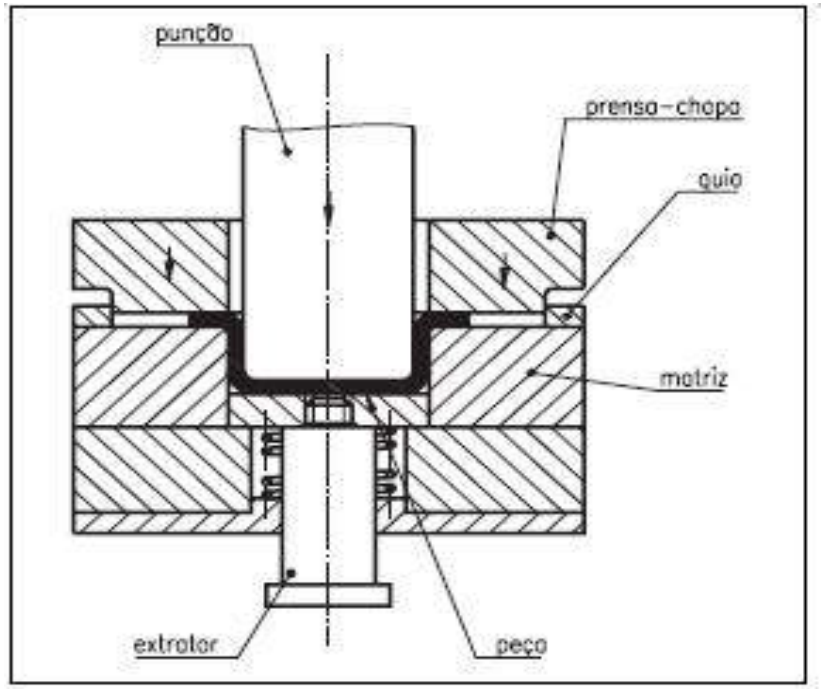
DOBRAMENTO

- **Punção e extrator**



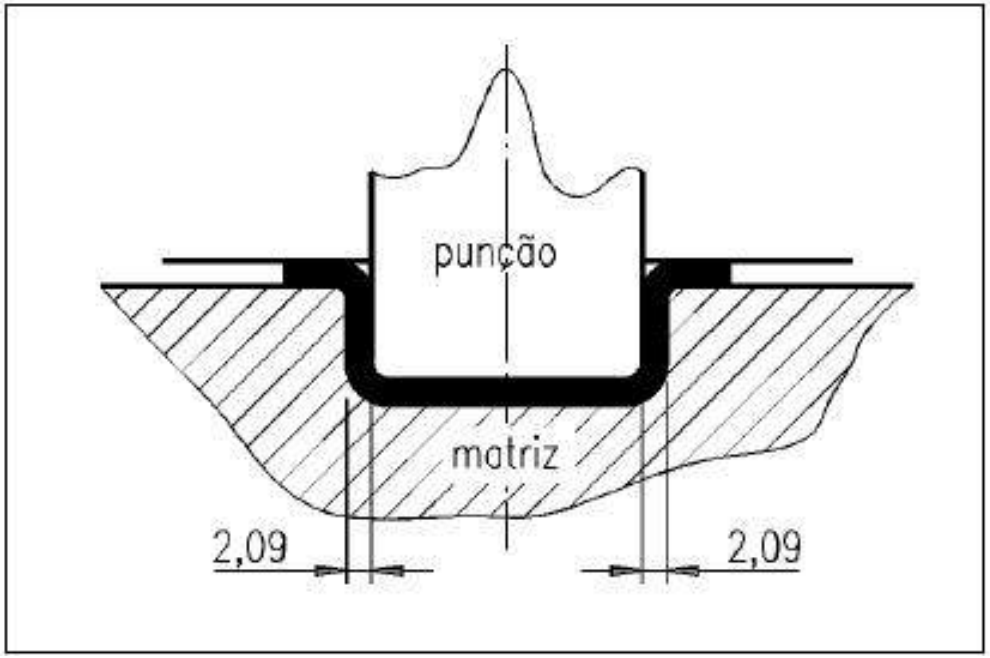
DOBRAMENTO

- Prensa chapa e extrator



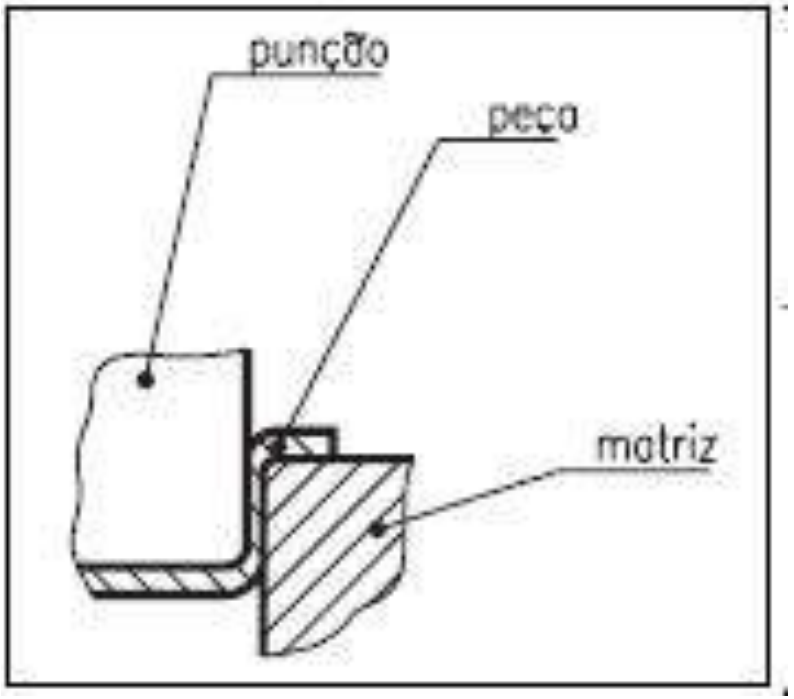
DOBRAMENTO

- **Prensa chapa com matriz fechada**



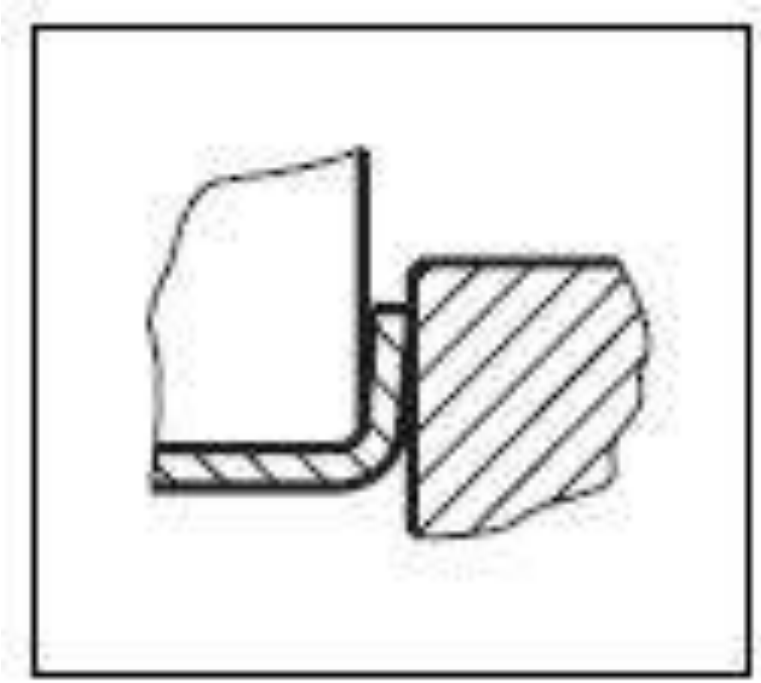
DOBRAMENTO

- Dobramento de borda



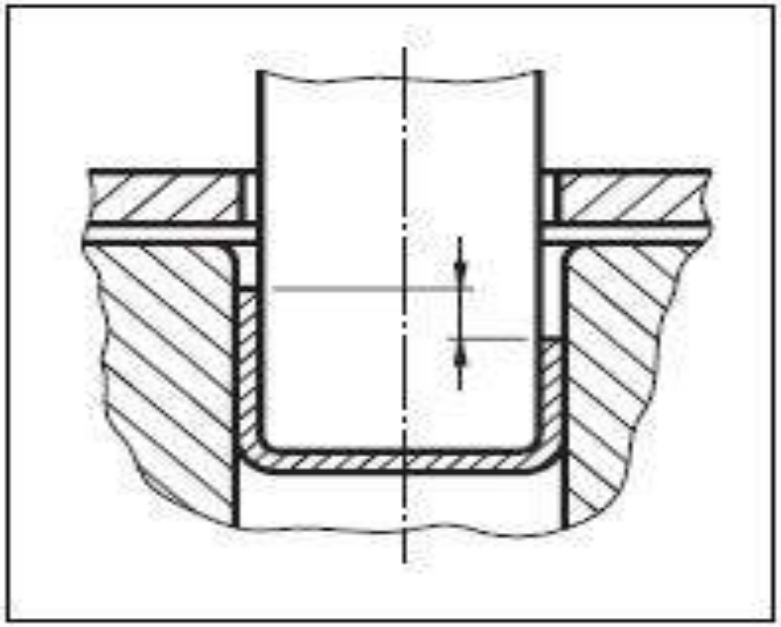
DOBRAMENTO

- Recalque da borda



DOBRAMENTO

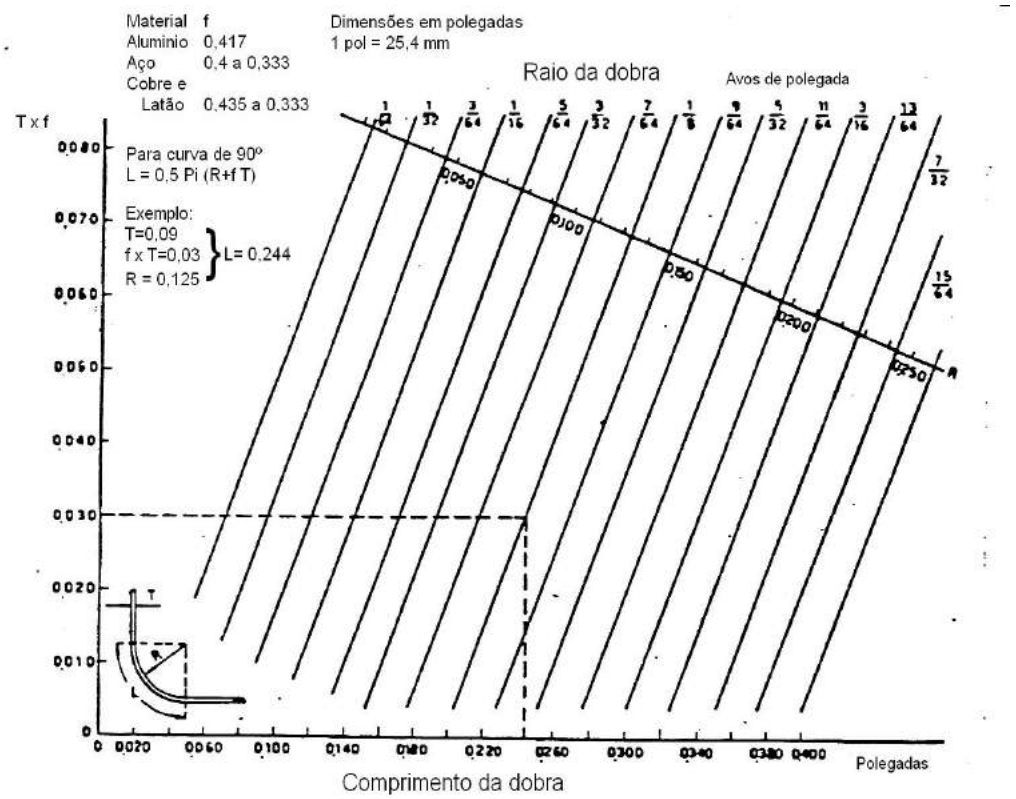
- Divisão de esforços



variação na altura

DOBRAMENTO

- **Raio de dobra**



DOBRAMENTO

- **Cálculo do esforço de dobramento**
- **Em V**

$$F_d = \frac{2 \times k_d \times e^2 \times b}{l} \quad (N)$$

- **Em U**

$$F_d = \frac{K_d \times b \times e}{3} \quad (N)$$

DOBRAMENTO

- Onde:
- pressão especifica de dobramento $K_d = 3 \times \sigma_{rup}$
- e = espessura do material (mm)
- l = abertura da matriz (mm)
- σ_{rup}= tensão de ruptura à tração do material (MPa)
- b = largura de dobra do material (mm)

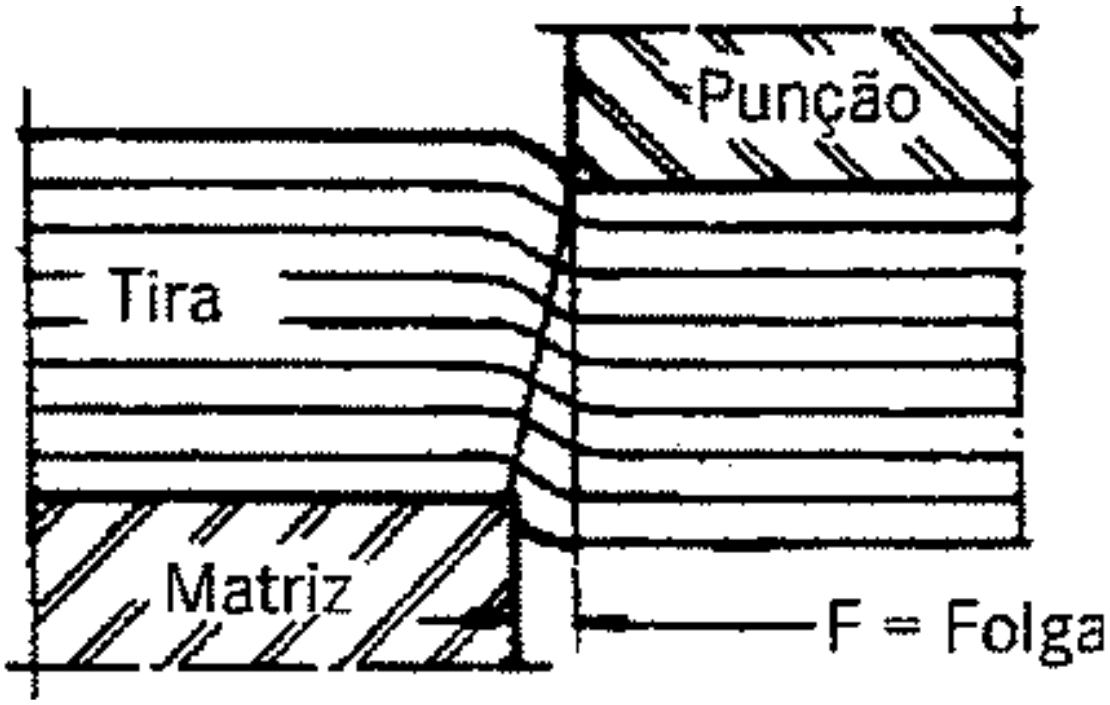
ESTAMPAGEM – PRECISÃO DE FOLGAS

- No processo de corte de precisão as folgas são reduzidas para valores de 0,01 a 0,05 mm com sensível aumento de alinhamento entre o punção e a matriz e a introdução de arestas de corte chanfradas ou estriadas para garantia de planicidade na superfície cortada.

ESTAMPAGEM

- A condição crítica para se obter a separação livre de rebarbas ou imperfeições é a folga existente entre a matriz e o punção.

ESTAMPAGEM



ESTAMPAGEM

- **Por meio de ensaios se determinam os valores adequados para a folga na fabricação de peças com materiais diversos**

Para aço macio ou latão	$F = \frac{e}{20}$ ou 5% da espessura	F = folga em mm
Para aço semi-duro	$F = \frac{e}{16}$ 16 ou 6% da espessura	e = espessura da chapa em mm
Para aço duro	$F = \frac{e}{14}$ 14 ou 7% da espessura	

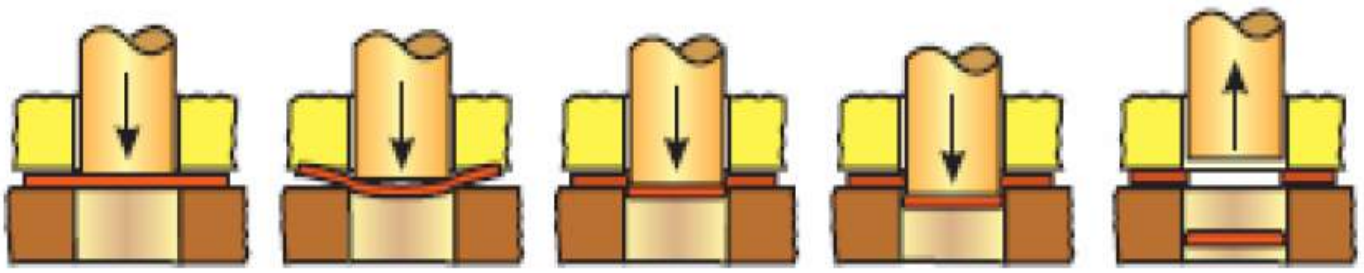
ESTAMPAGEM

- No processo de corte de precisão as folgas são reduzidas para valores de 0,01 a 0,05 mm com sensível aumento de alinhamento entre o punção e a matriz e a introdução de arestas de corte chanfradas ou estriadas para garantia de planicidade na superfície cortada.

ESTAMPAGEM

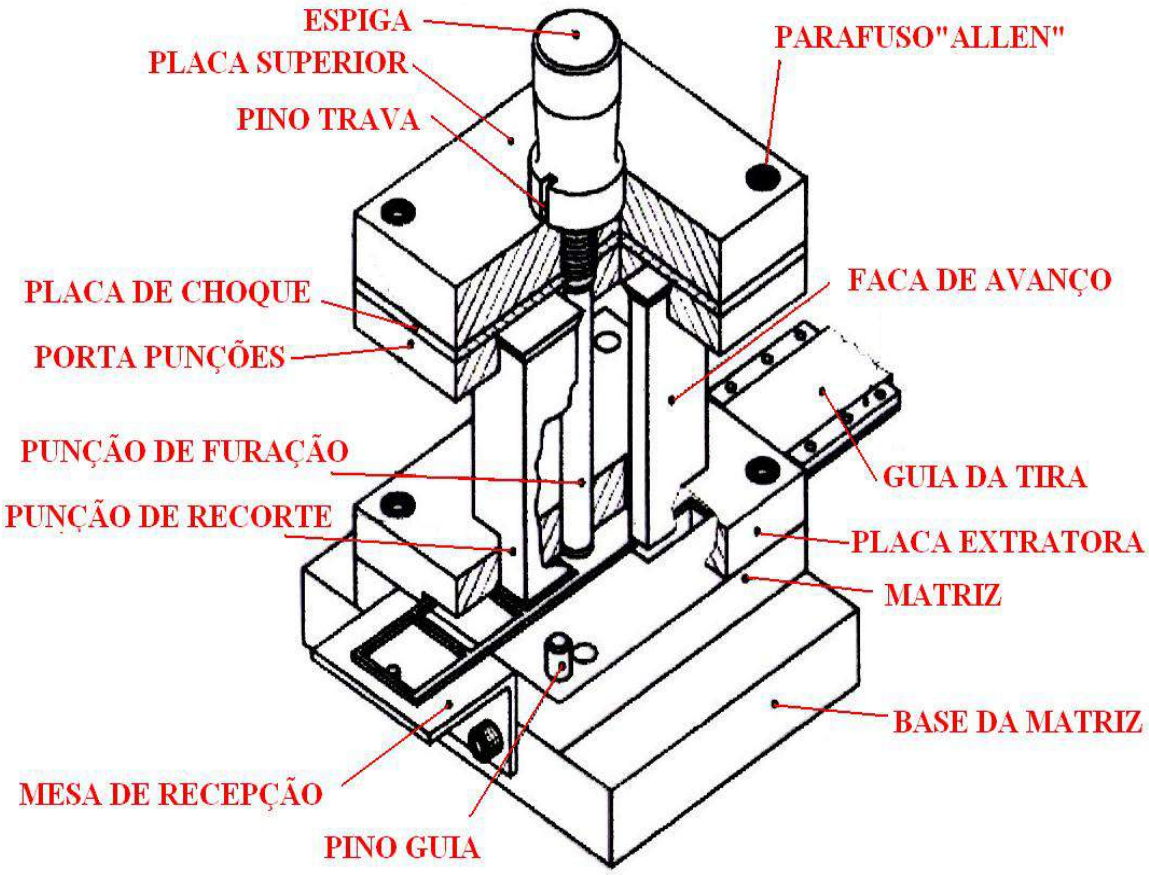
- Seqüência de corte

- Contato Pressão Cisalhamento Destaque Retorno



ESTAMPAGEM

- **COMPONENTES DE UMA FERRAMENTA DE CORTE**



ESTAMPAGEM

- **TRY-OUT**
- **Verificação da conformidade com o projeto e com o produto;**
- **Controle dimensional e de forma do produto;**
- **Certificação da ferramenta para a produção**

ESTAMPAGEM

- ***Requisitos para o try-out***
  - ***Compreensão da Conformabilidade de chapas metálicas***
  - ***Definição do nível de conformabilidade exigido pelo produto***
  - ***Certificação da matéria prima por lote de fornecimento***
  - ***Certificação de fornecedores e homologação de produtos***

ESTAMPAGEM

- *Conformabilidade :*
  - ***“ Um material pode ser facilmente conformável em uma determinada ferramenta, sob certas condições de operação enquanto que em outra ferramenta pode apresentar comportamento insatisfatório ou se romper em outras condições operacionais”(Stipkovic)***

ESTAMPAGEM

- Ensaios e Normas de qualificação de matérias primas
  - Normas Técnicas - NBR5906:1984
  - NIRIO. **Chapas finas a quente de aço-carbono para estampagem - Especificação**. RC: Associação Brasileira de Normas Técnicas, [S.d.], 3p.

ESTAMPAGEM

- Normas Técnicas - NBR5902:1980
- NIRIO. **Determinação do índice de embutimento em chapas de aço pelo método Erichsen modificado - Método de ensaio**. RC: Associação Brasileira de Normas Técnicas, [S.d.], 7p.

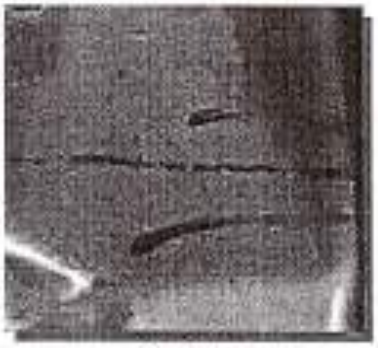
ESTAMPAGEM – DEFEITOS DE SUPERFÍCIE

- ***Defeitos de superfície***
  - ***Arranhado***
  - ***Engripado***
  - ***Oxidado***
  - ***Casca de laranja***
  - ***Linhas de distensão***
  - ***Esfoliação***
  - ***Má decapagem***
  - ***Marca de cilindro***
  - ***Super decapado***
  - ***Mancha d'água***
  - ***Mancha de recozimento***
  - ***Marca de ferramenta***
  - ***Deposito de carbono***
  - ***Quebra de borda***

risco

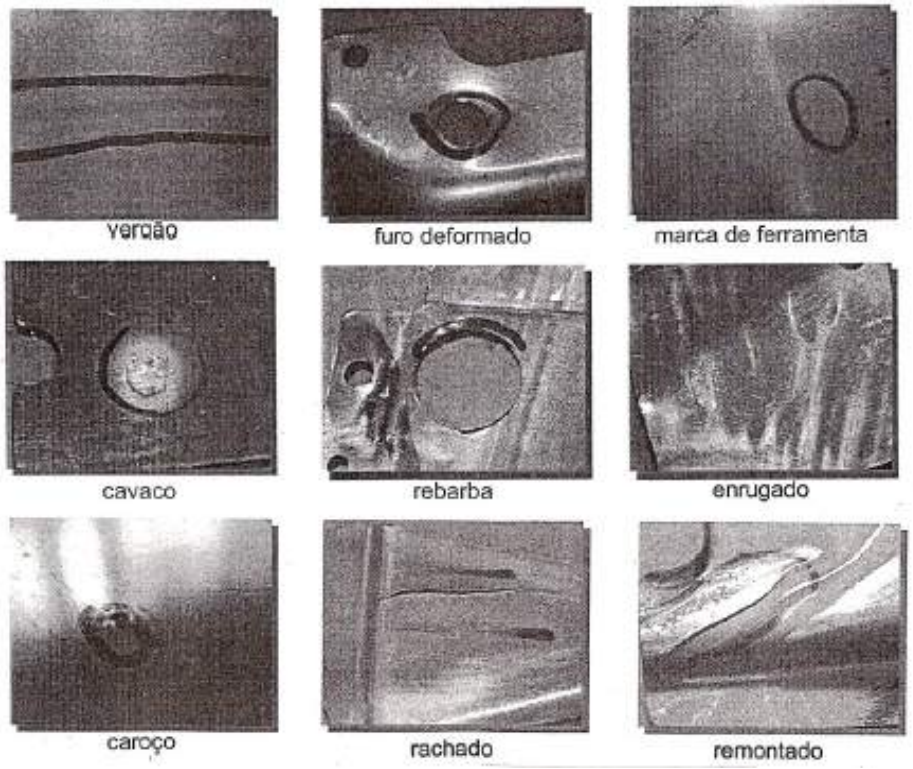
carepa

estrias


esfoliação

ESTAMPAGEM – DEFEITOS DE FORMA

- ***Defeitos de forma***
  - ***Amassado***
  - ***Mal formado***
  - ***Rachado***
  - ***Furo deslocado***
  - ***Furo deformado***
  - ***Ondulação***
  - ***Rebarba***
  - ***Fora de dimensão***
  - ***Falta de material***
  - ***Recorte mal posicionado***
  - ***Cavaco***
  - ***Caroço***
  - ***Deformado***
  - ***Empenado***
  - ***Ausência de furo***
  - ***Ausência de ângulo***
  - ***Marca de ferramenta***
  - ***Rugas***
  - ***Vergão***
  - ***remontagem***



ESTAMPAGEM – VARIÁVEIS DE QUALIDADE

- ***Variáveis que afetam a qualidade do produto estampado***

- **1 Blank:**
  - dimensões;
  - posição na ferramenta;
  - condição da borda.

ESTAMPAGEM - LUBRIFICAÇÃO

- **2 Lubrificação:**
  - tipo de óleo;
  - espessura da película;
  - distribuição sobre a chapa.

ESTAMPAGEM – MATÉRIA PRIMA

- **3 Matéria prima:**
  - espessura (nominal e perfil transversal);
  - propriedades mecânicas;
  - topografia da superfície (rugosidade);
  - química da superfície e do revestimento (modificam o atrito).

ESTAMPAGEM - EQUIPAMENTO

- **4 Prensa:**
  - guias do punção;
  - velocidade de repuxo;
  - pressão no prensa chapa e sua variação no anel;
  - rigidez.

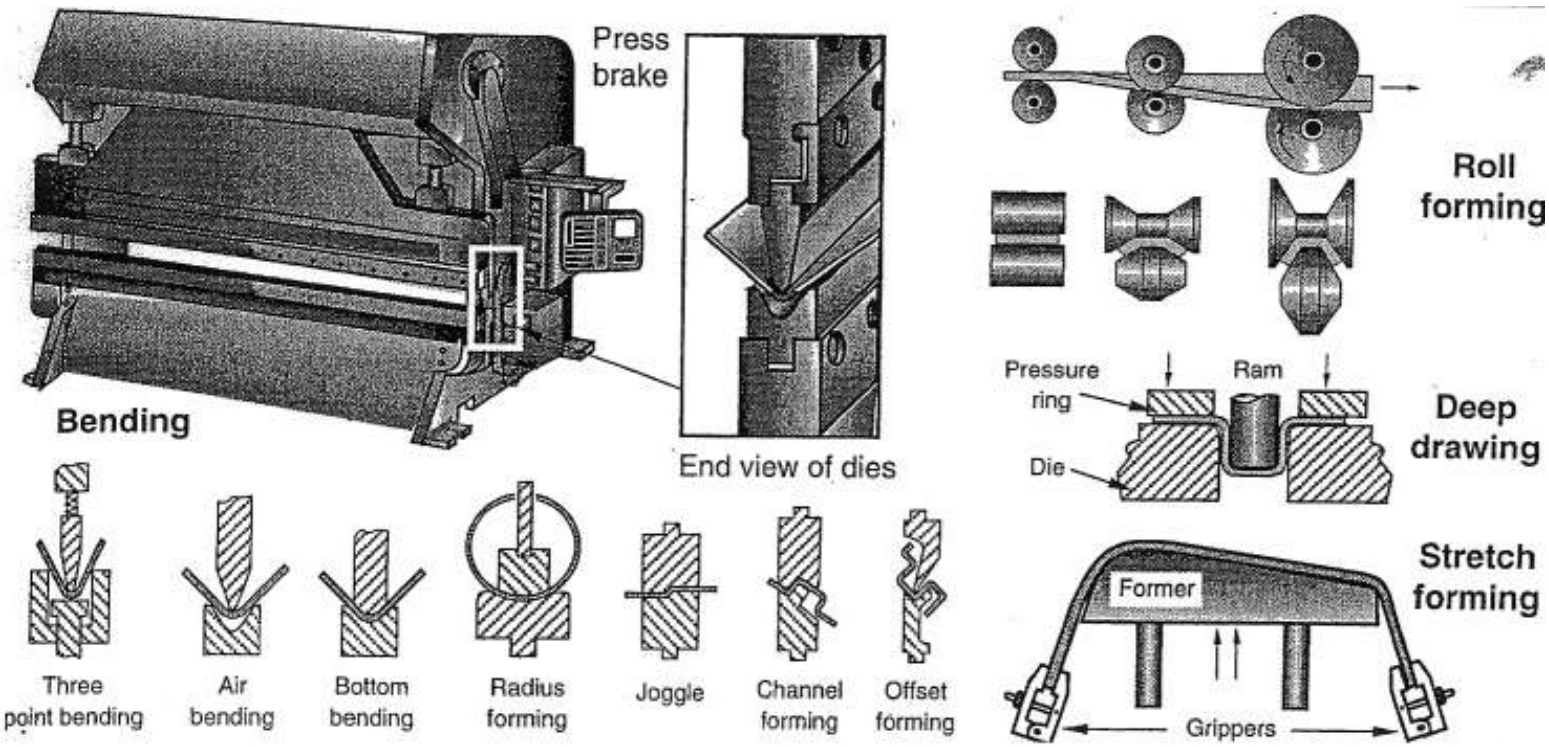
ESTAMPAGEM - FERRAMENTAS

- 5 **Ferramenta:**
  - guias;
  - alinhamento (na prensa);
  - acabamento da superfície;
  - material dos fundidos;
  - frisos (mudam efeito com o desgaste);
  - dureza;
  - raios do punção e da matriz (desgastam);
  - revestimento de superfície e sua química;
  - folgas nas buchas e facas;
  - rigidez.

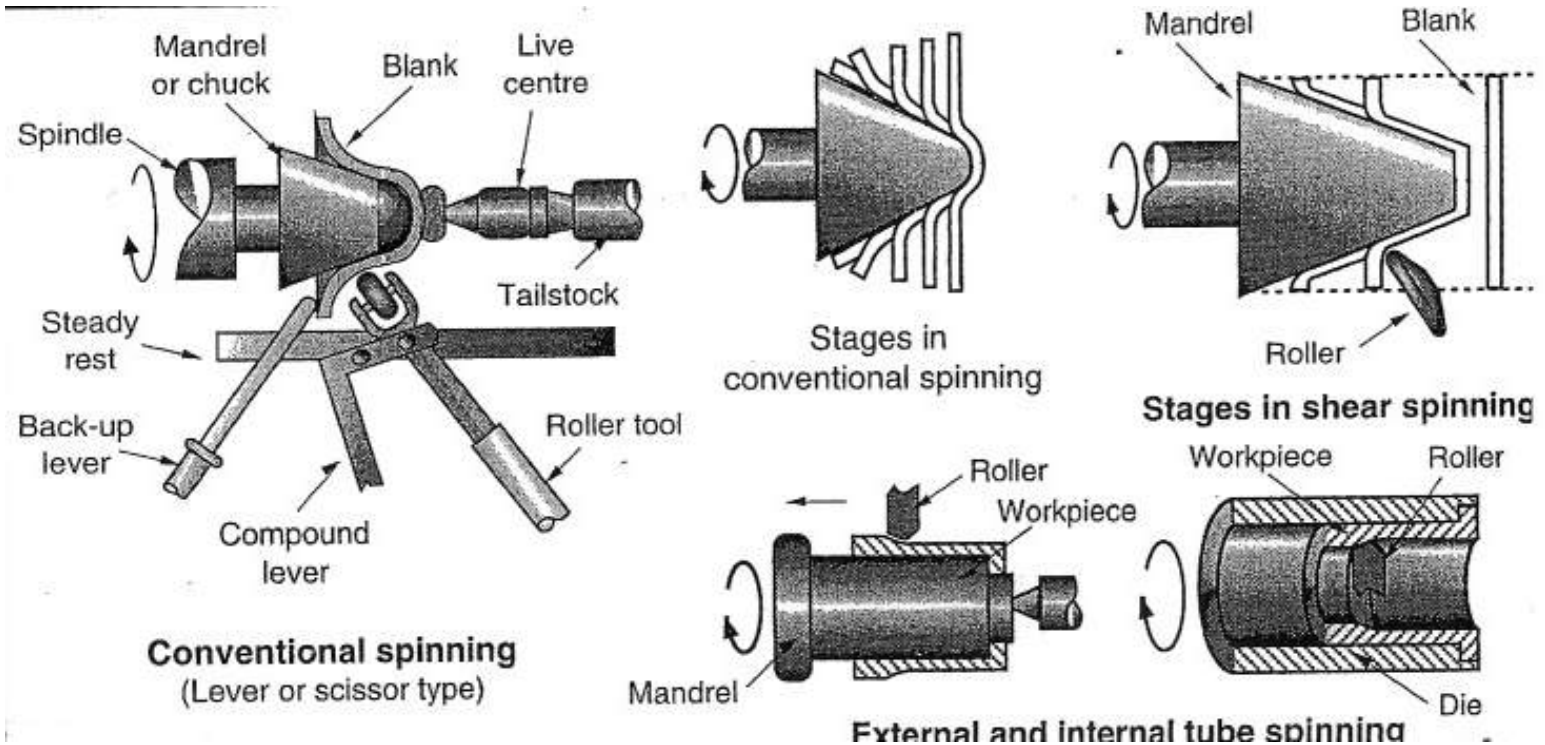
ESTAMPAGEM

- **6 Outras:**
  - sujeira no blank;
  - blank amassado.
- **7 Variáveis que interagem:**
  - temperatura da chapa;
  - temperatura da ferramenta;
  - calços nos stops (afetam distribuição da carga).

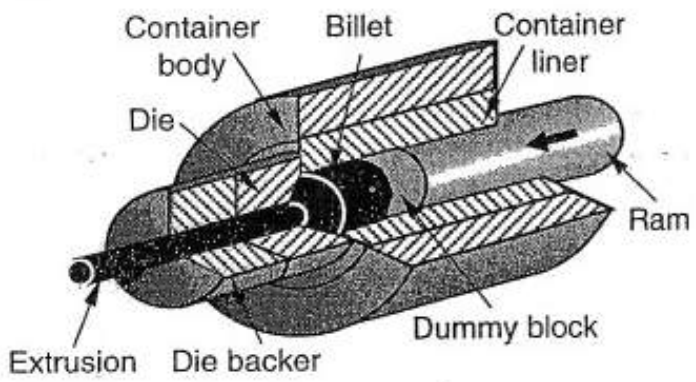
CONF. PLÁSTICA – DOBRAMENTO; EMBUTIMENTO,ETC.



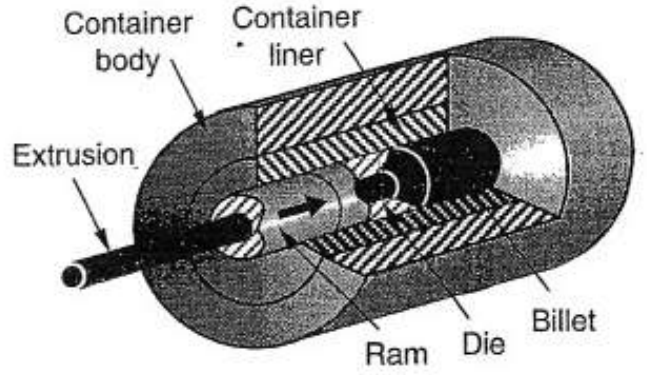
CONF. PLÁSTICA - REPUXAMENTO



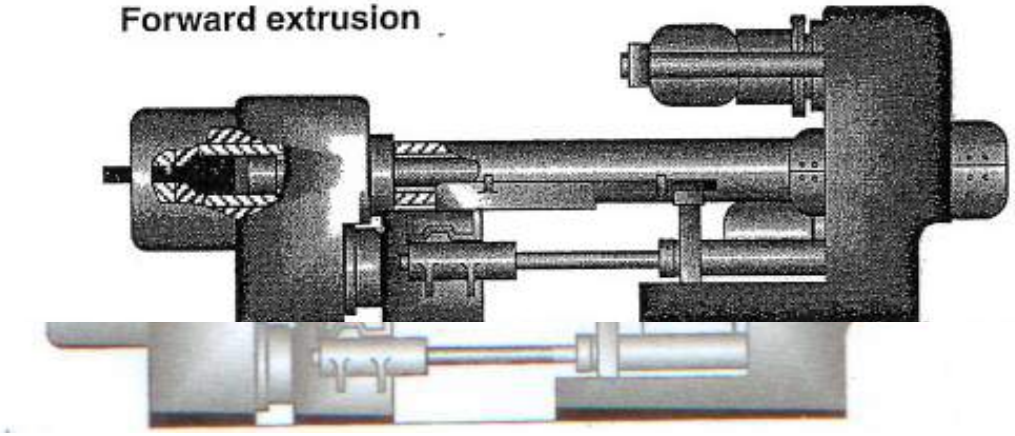
CONF. PLÁSTICA - EXTRUSÃO



Forward extrusion



Backward extrusion



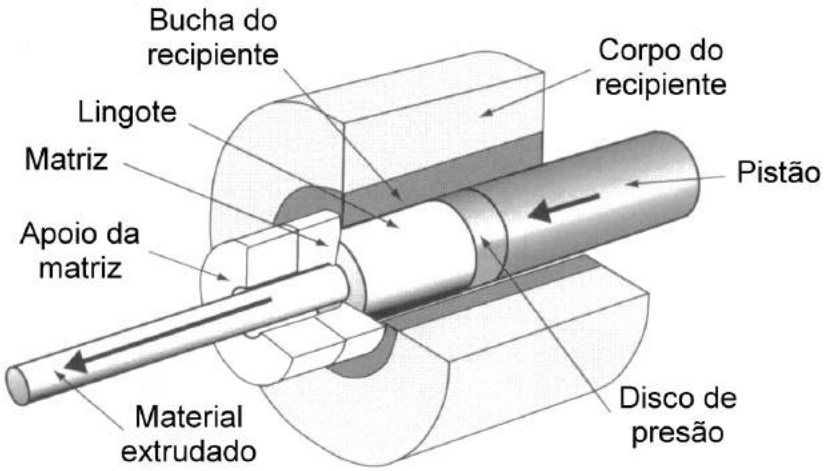
DESCRIÇÃO DO PROCESSO

A extrusão contínua é um processo possível no caso de matrizes para perfis complexos, matrizes tipo ponte ou matrizes para perfis maciços, providas de uma entrada chanfrada conduzindo o lingote para dentro da abertura da matriz. Neste processo, lingotes consecutivos são carregados e extrudados, com ou sem o descarte de extremidades, para conduzir um comprimento longo e contínuo de extrudado.

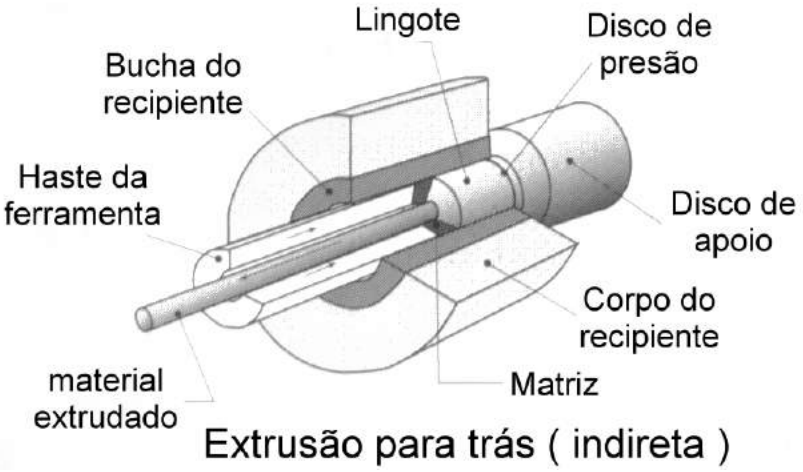
Na extrusão contínua o fluxo diferencial de metal da superfície para o centro do lingote (inter mistura do metal na passagem da matriz ou cavidade de entrada da matriz) cria uma junção entre as cargas sucessivas, mas apesar disso, a extrusão contínua produz um extrudado de qualidade

satisfatória para diversas aplicações.

VARIAÇÕES DO PROCESSO

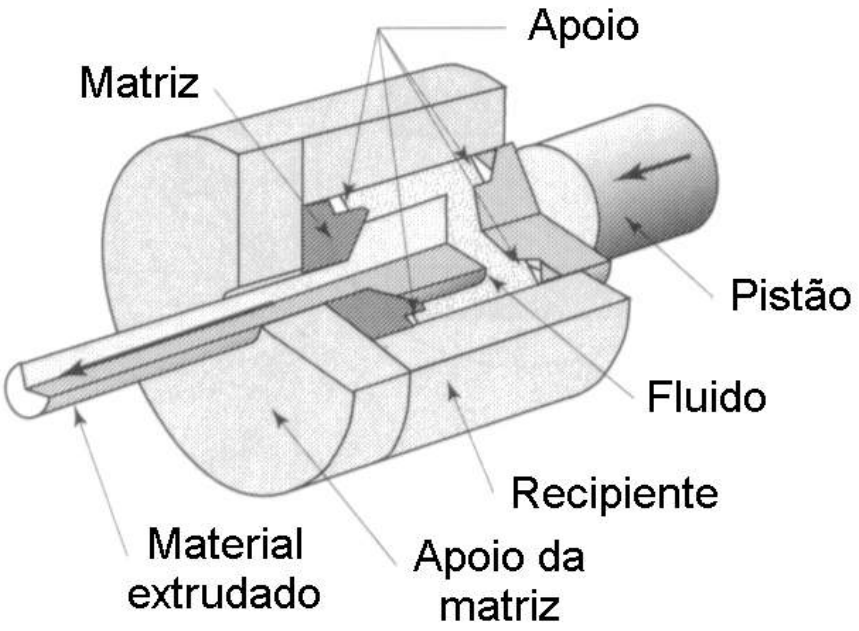


Extrusão para frente (direta)

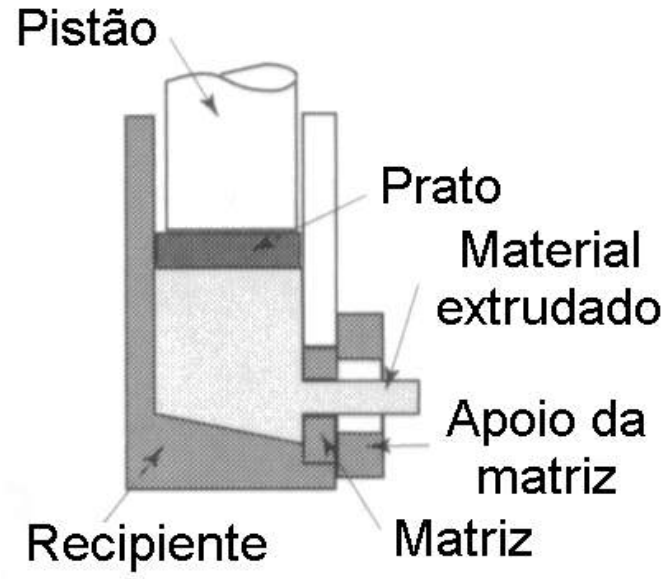


Extrusão para trás (indireta)

EXTRUSÃO HIDROSTÁTICA E TRANSVERSAL

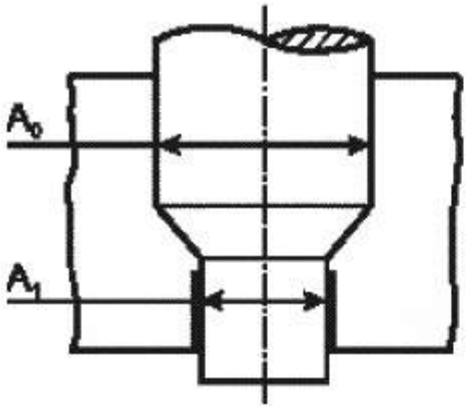


Extrusão hidrostática



Extrusão Tansversal

GRÁU DE EXTRUDUBILIDADE



Grau de conformação / Deformação verdadeira φ :

$$\varphi = \ln \frac{A_o}{A_1}$$

Deformação relativa ε :

$$\varepsilon_A = \ln \frac{A_o}{A_1}$$

Força de conformação F :

$$F = \ln \frac{A^* . k_{fm} . \varphi}{\eta_f}$$

A^* = na extrusão A_0
na trefilação A_1

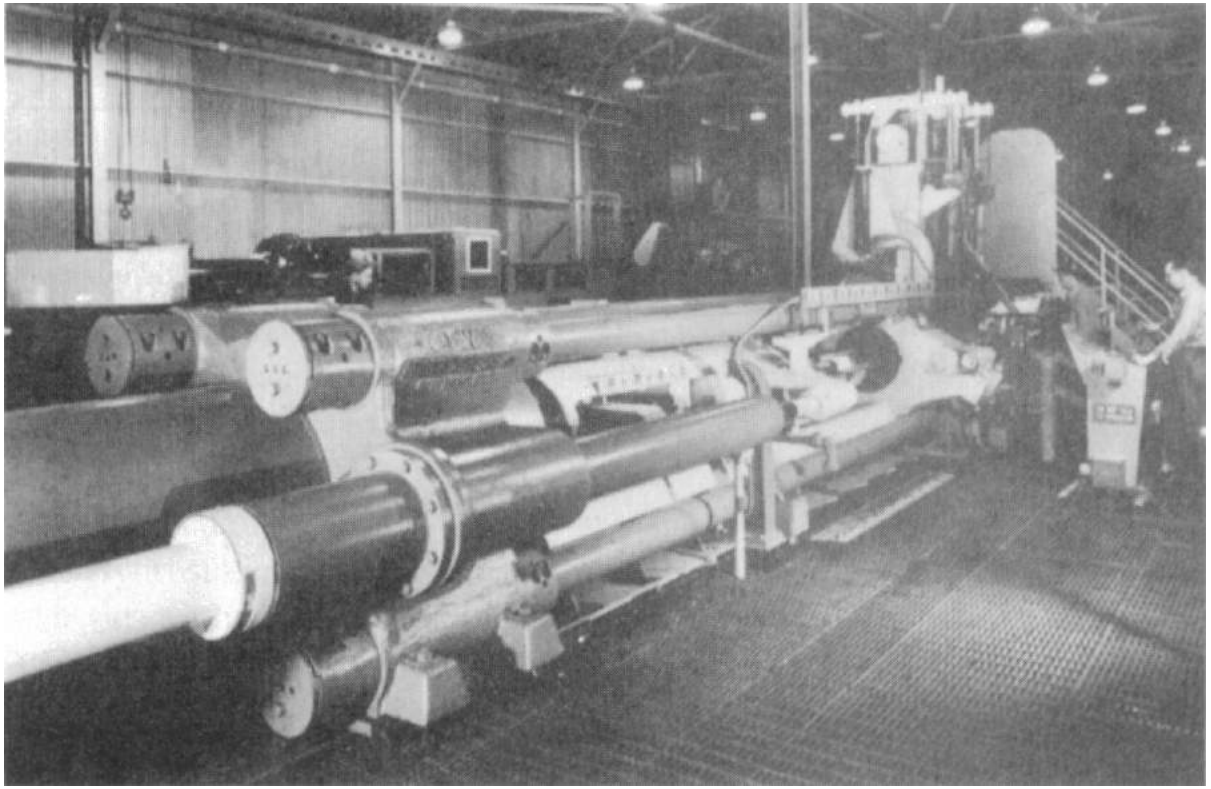
A_0 = seção transversal antes da conformação

A_1 = seção transversal após a conformação

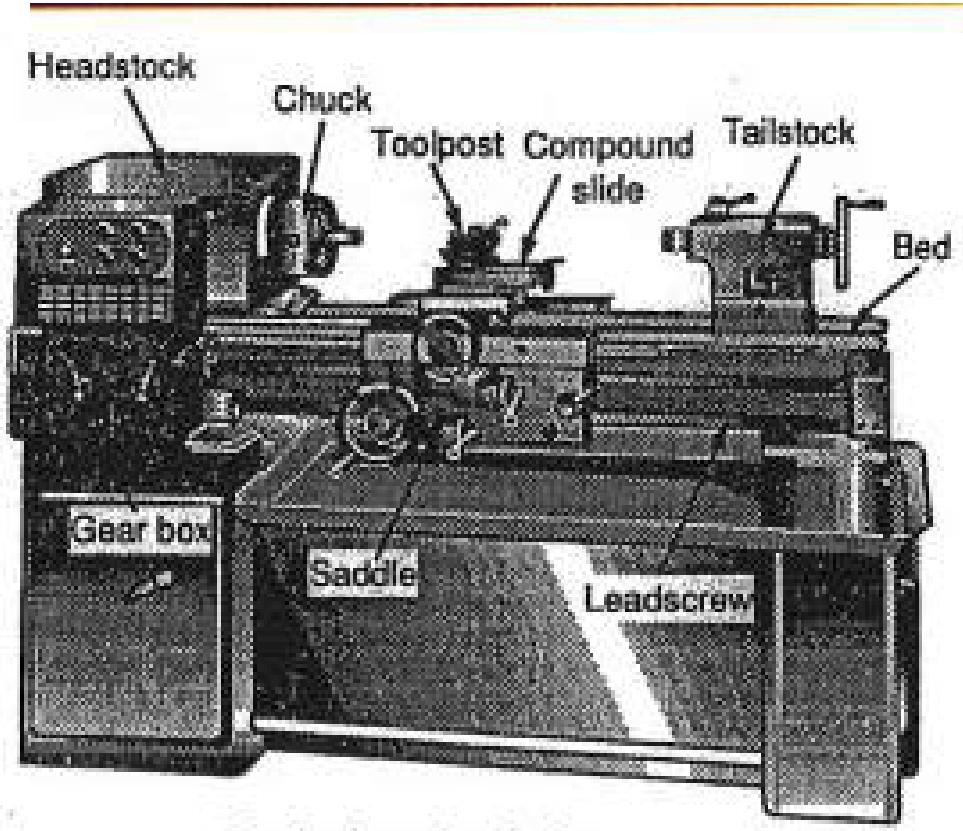
k_{fm} = tensão de escoamento média

η_f = rendimento da conformação

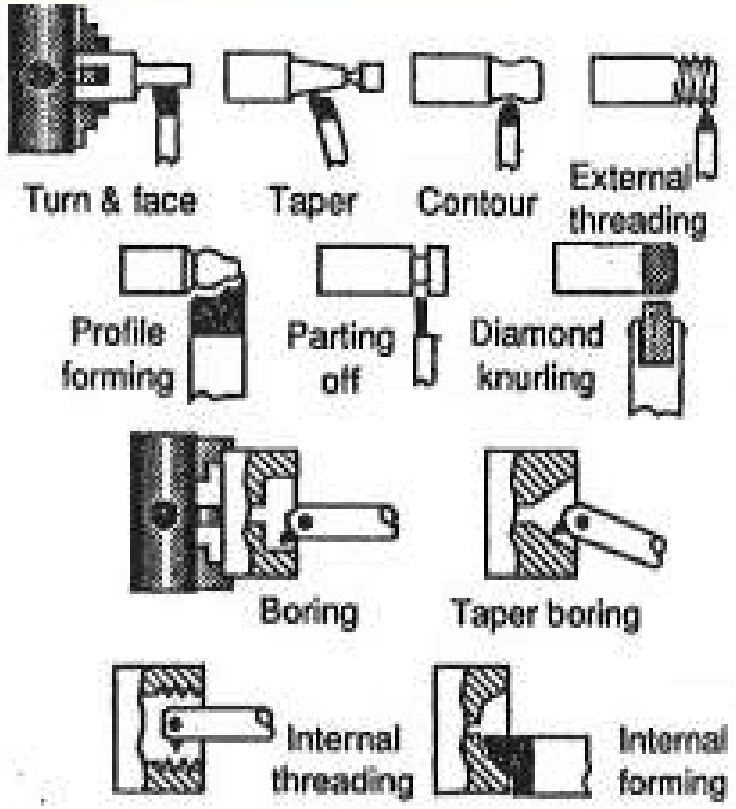
Prensa hidráulica de extrusão (1000ton)



USINAGEM - TORNEAMENTO

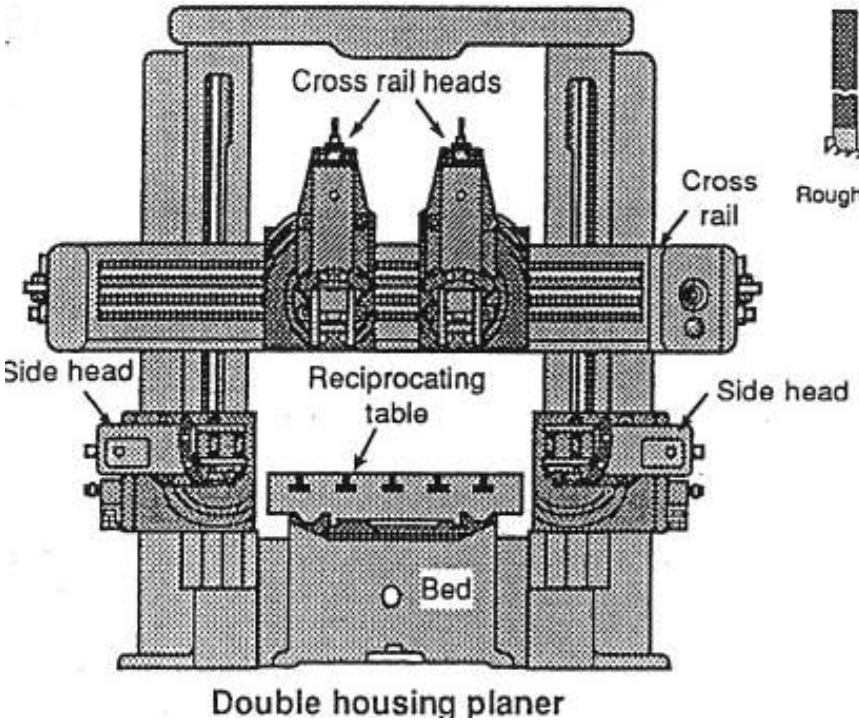


Typical engine lathe

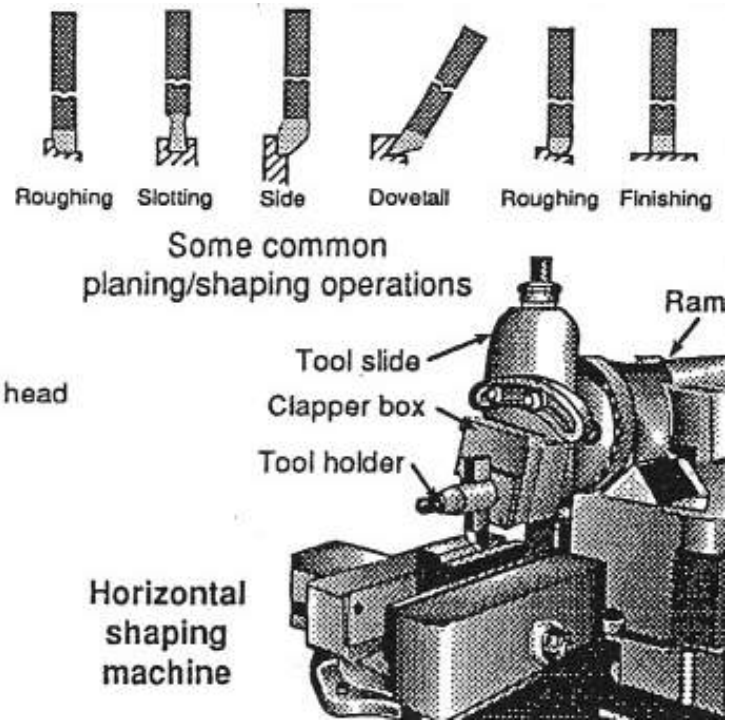


Some turning processes

USINAGEM - APLAINAMENTO

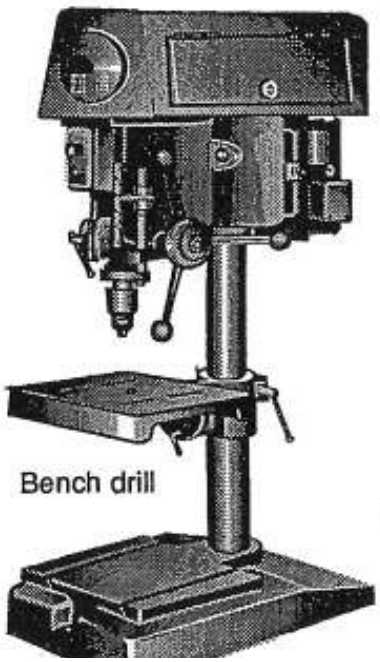


Double housing planer

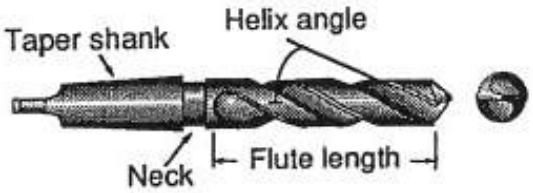


Horizontal shaping machine

USINAGEM - FURAÇÃO

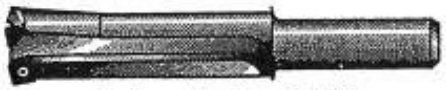


Bench drill



Typical taper shank twist drill

Spade drill

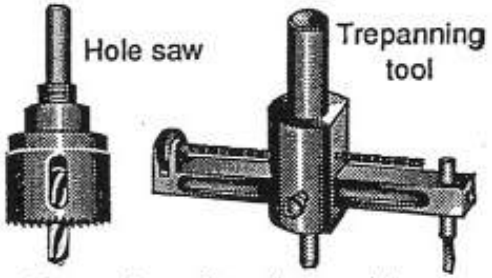


Indexable insert drill

Gun drill

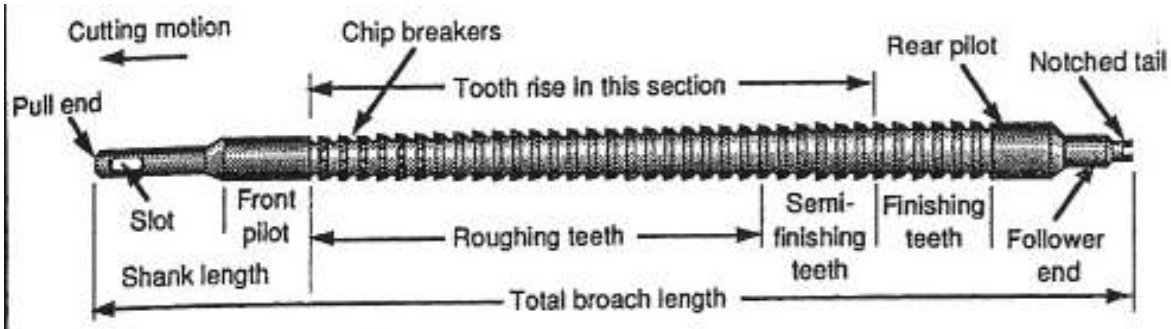
Drill types with internal coolant channel

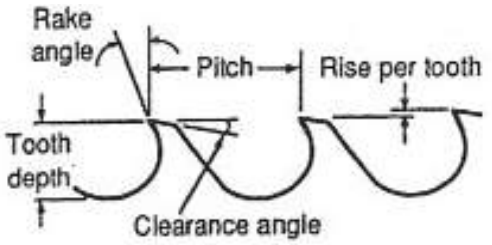
Adjustable depth stop holder and countersinks as used in the aircraft industry



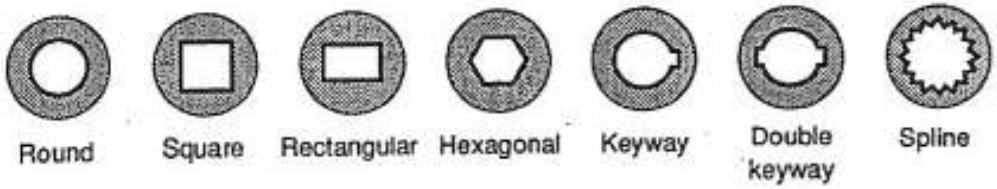
Examples of tools used for cutting holes in sheet materials

USINAGEM - BROCHAMENTO





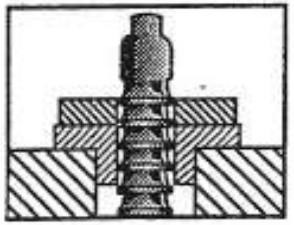
Cutting tooth geometry



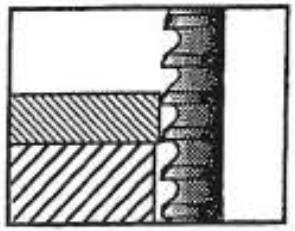
Some typical examples of internal broaching profiles

Some typical examples of surface broaching profiles

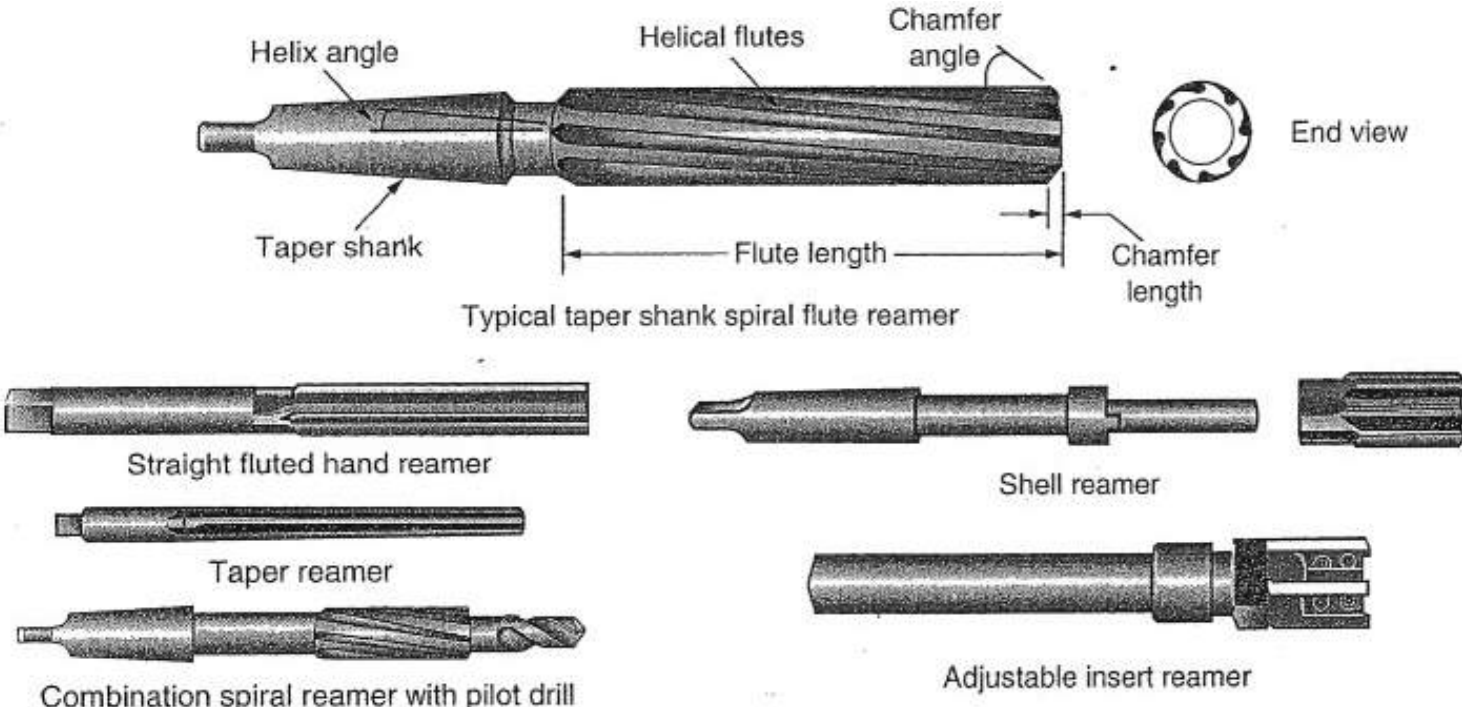
Internal broaching



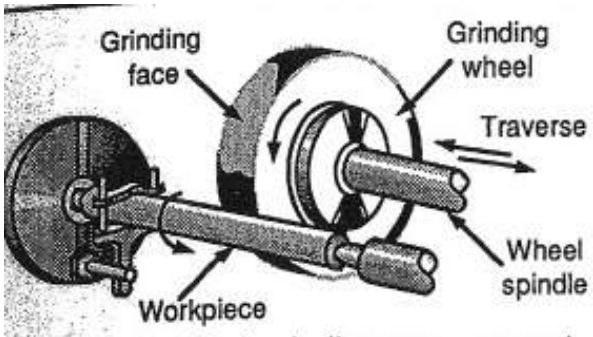
Surface broaching



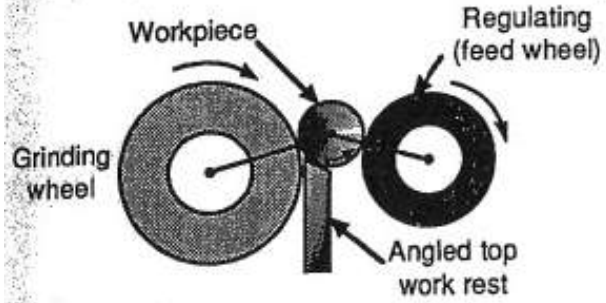
USINAGEM - ALARGAMENTO



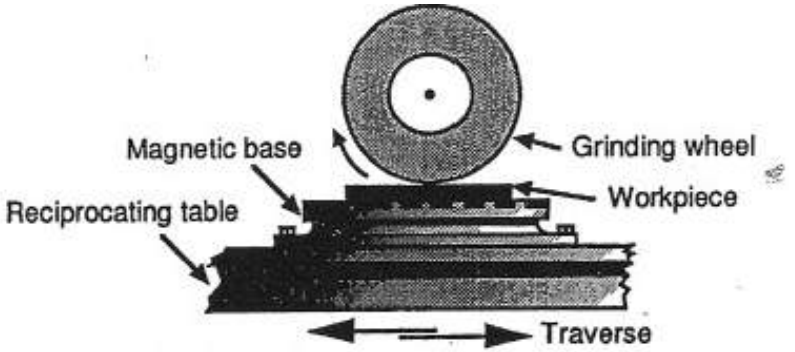
USINAGEM - RETIFICAÇÃO



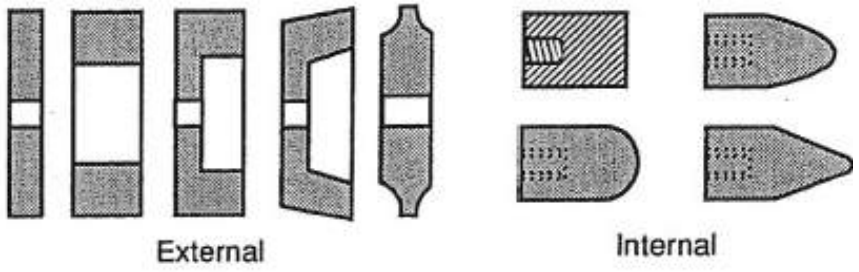
Basic cylindrical grinding arrangement



Basic centreless grinding arrangement

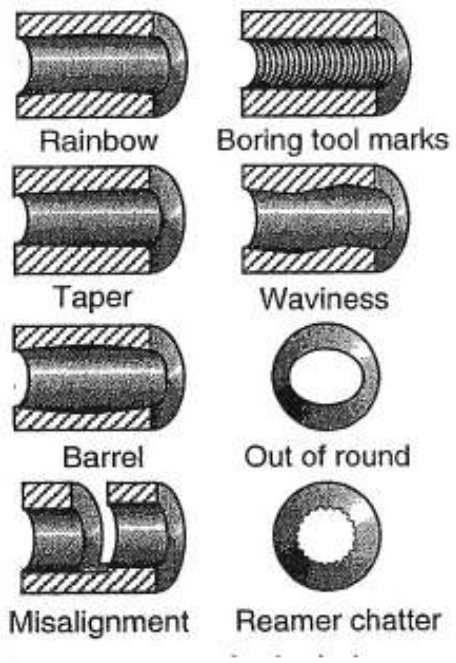


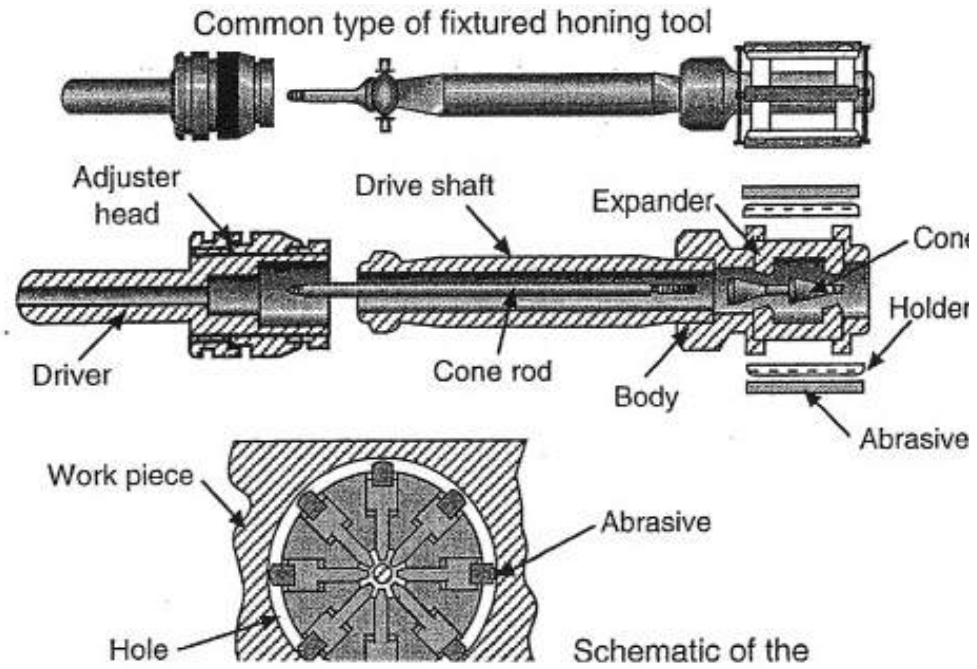
Basic surface grinding arrangement



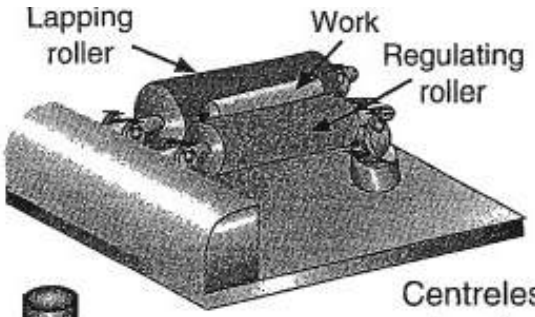
Some common types of grinding wheels

USINAGEM - BRUNIMENTO

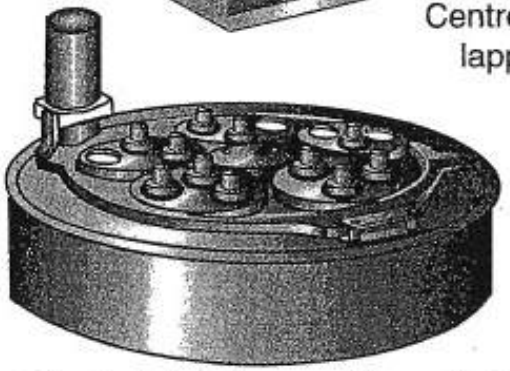




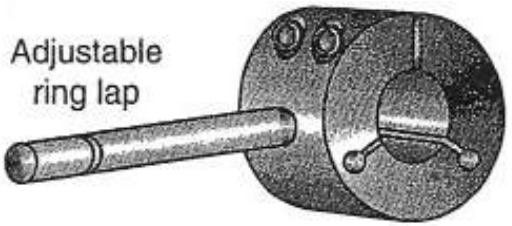
USINAGEM - LAPIDAÇÃO

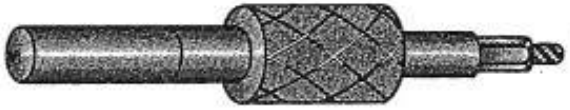


Centreless cylindrical lapping machine

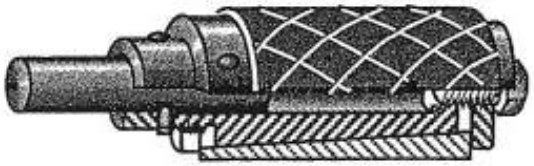


A typical plate lap used to control components for lapping



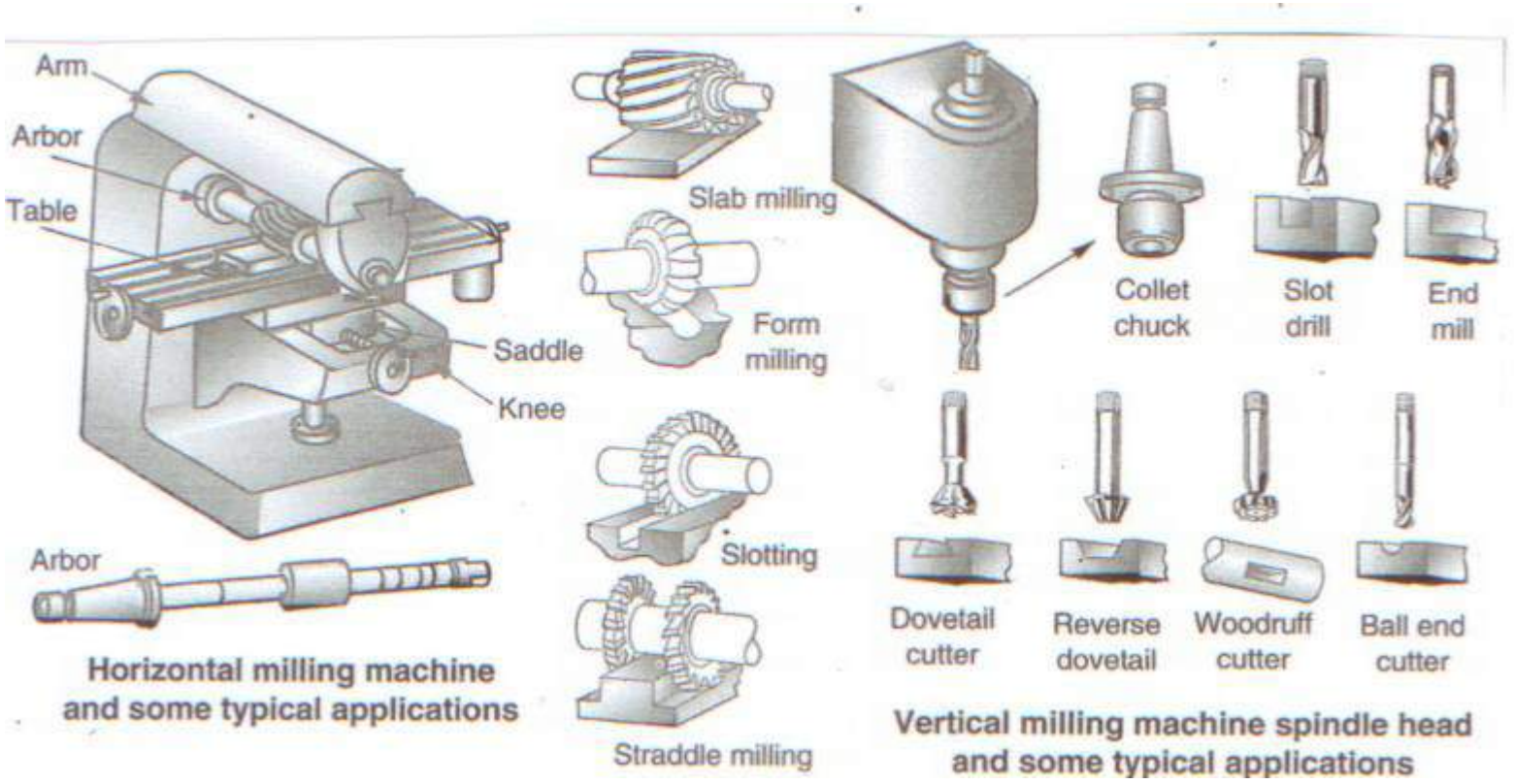


Split sleeve type

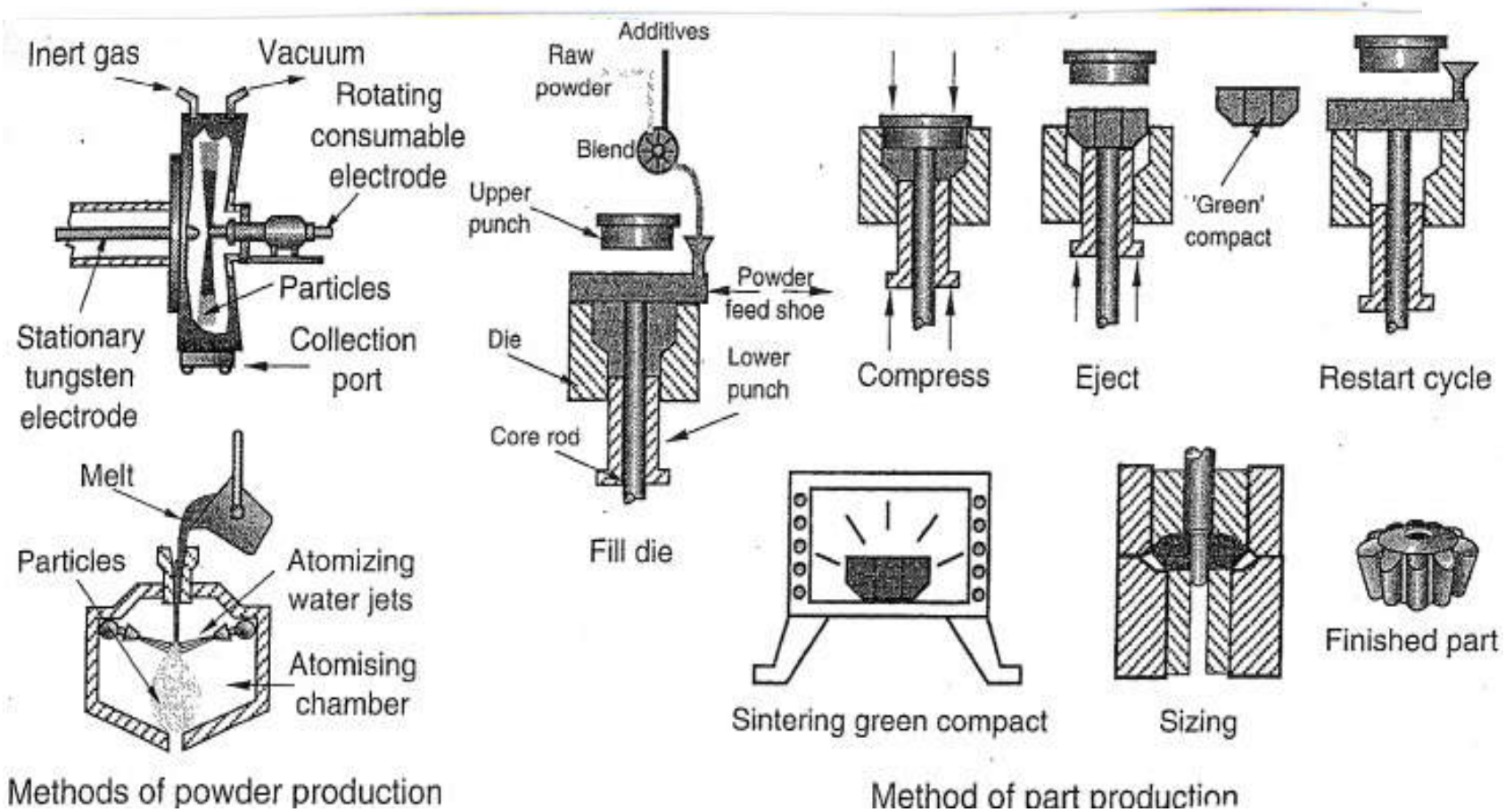


Split sleeve type for larger diameters

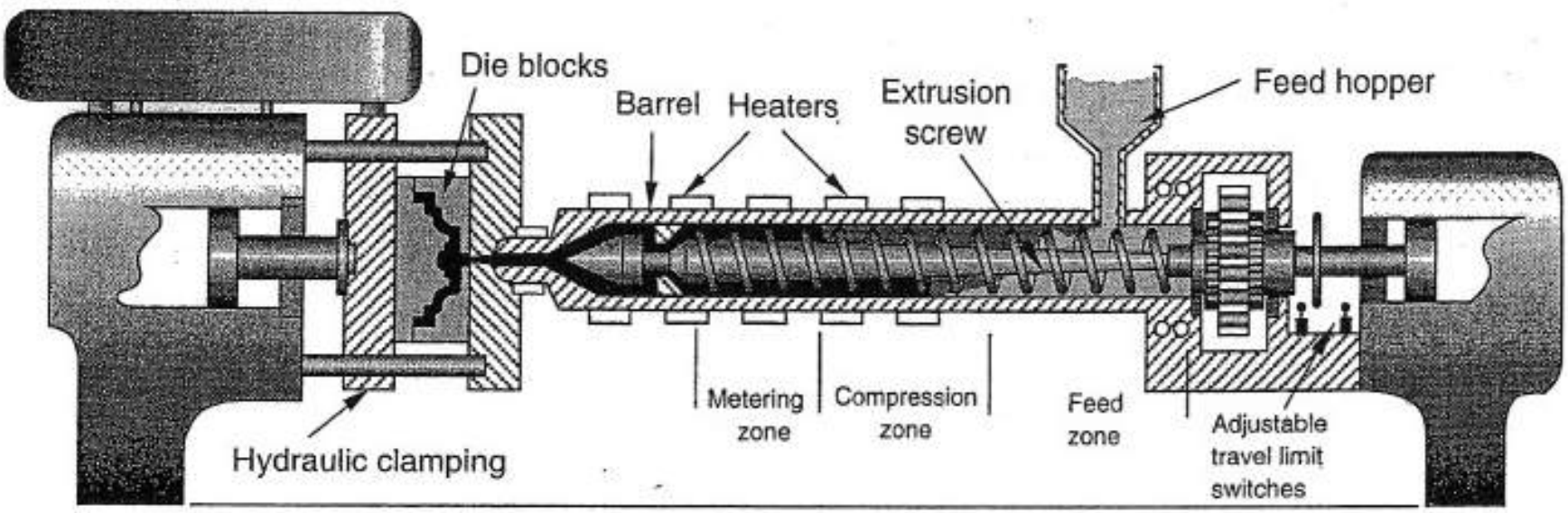
USINAGEM - FRESAMENTO



PROCESSOS ESPECIAIS - SINTERIZAÇÃO

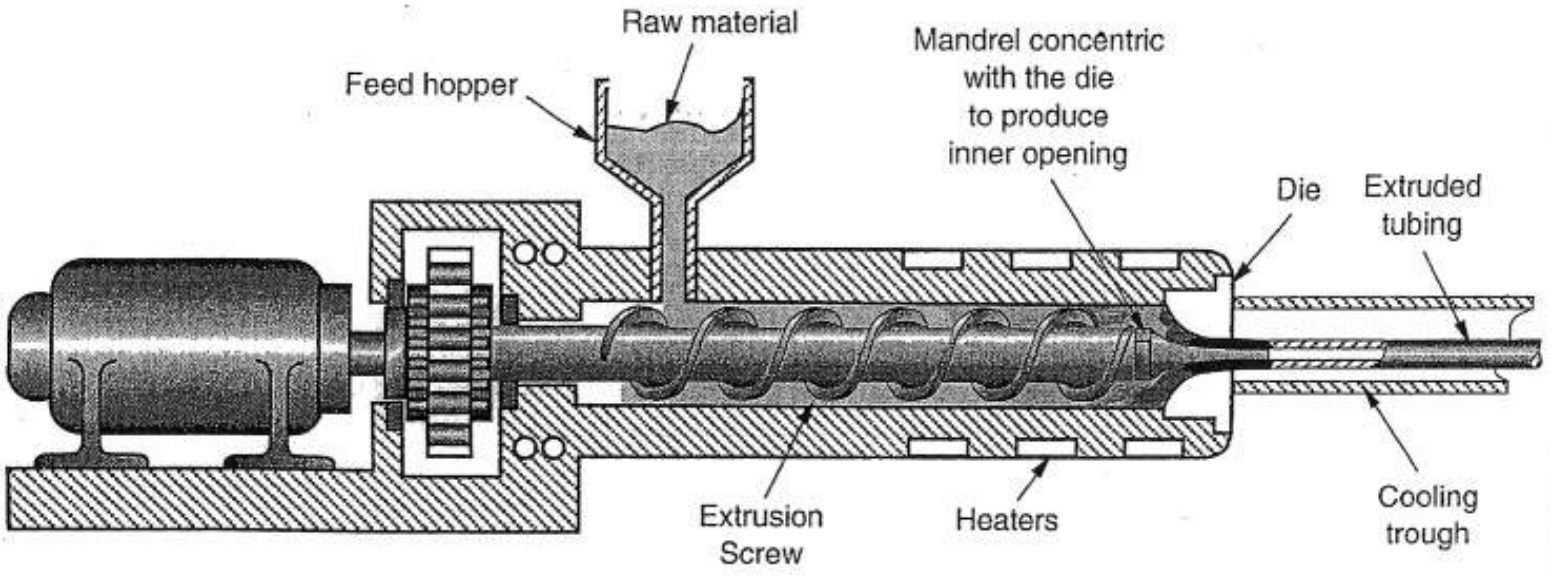


INJEÇÃO DE PLÁSTICO

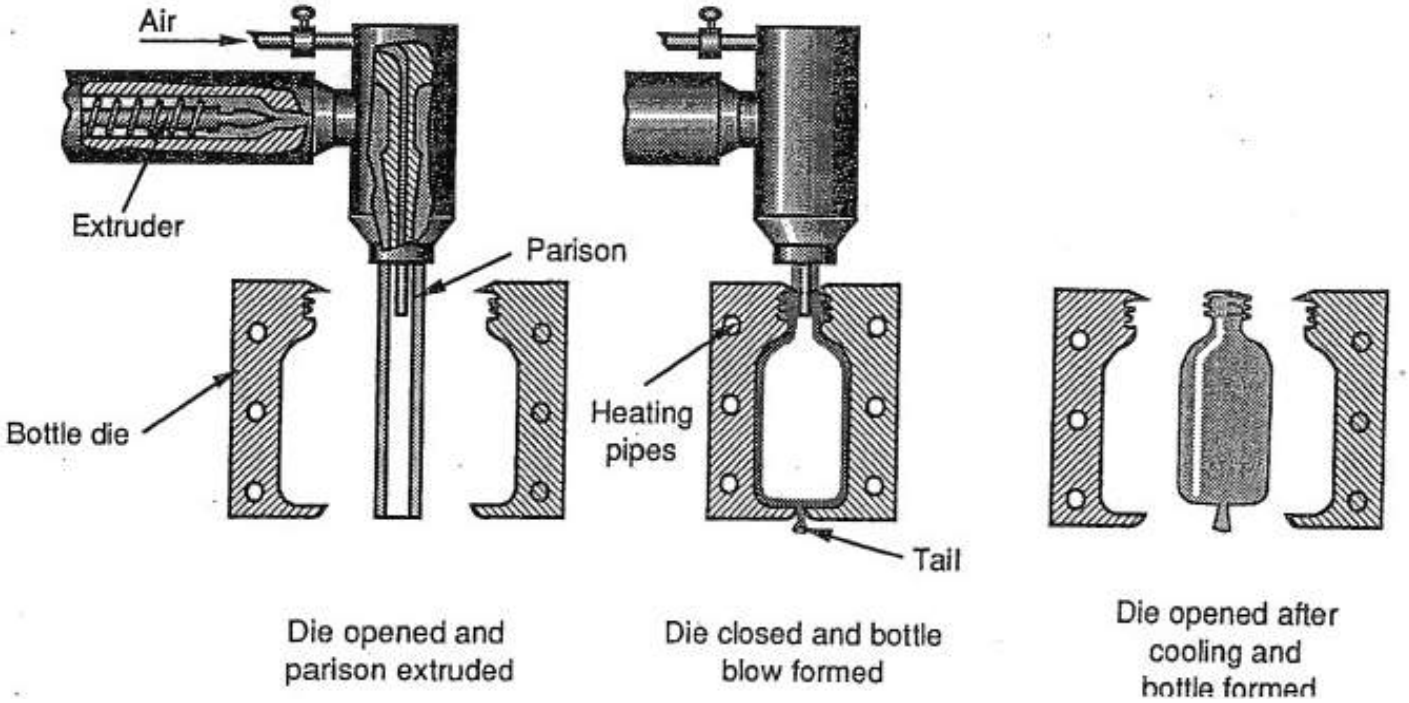


Finished moulding

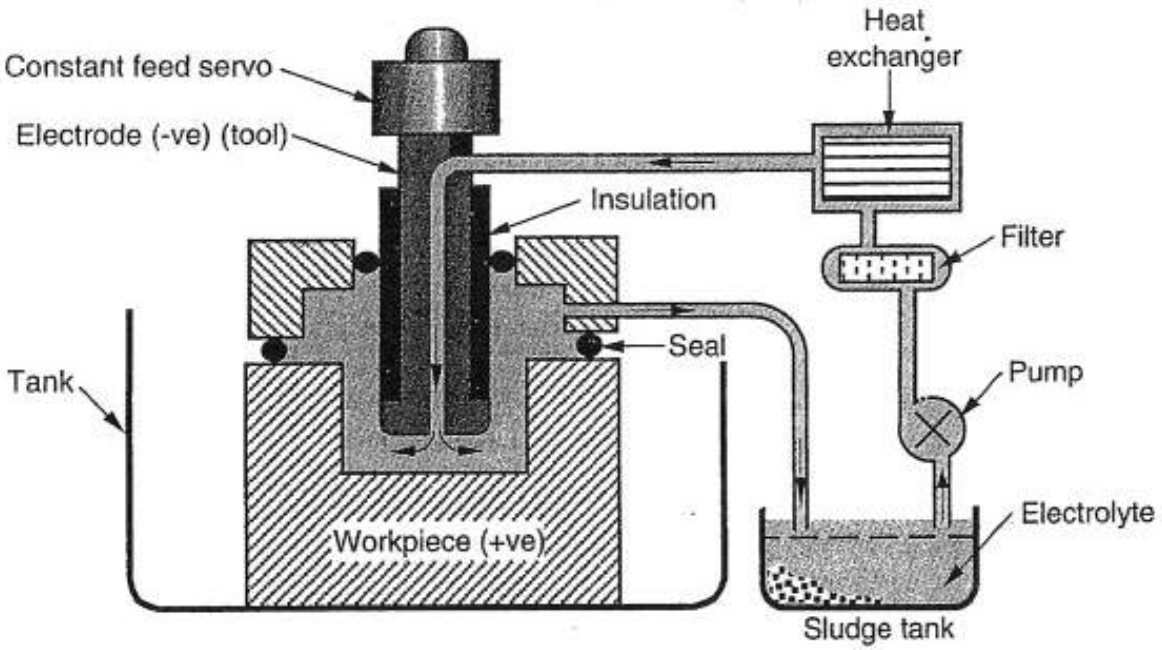
EXTRUSÃO DE TUBO



FORMAÇÃO POR SÔPRO

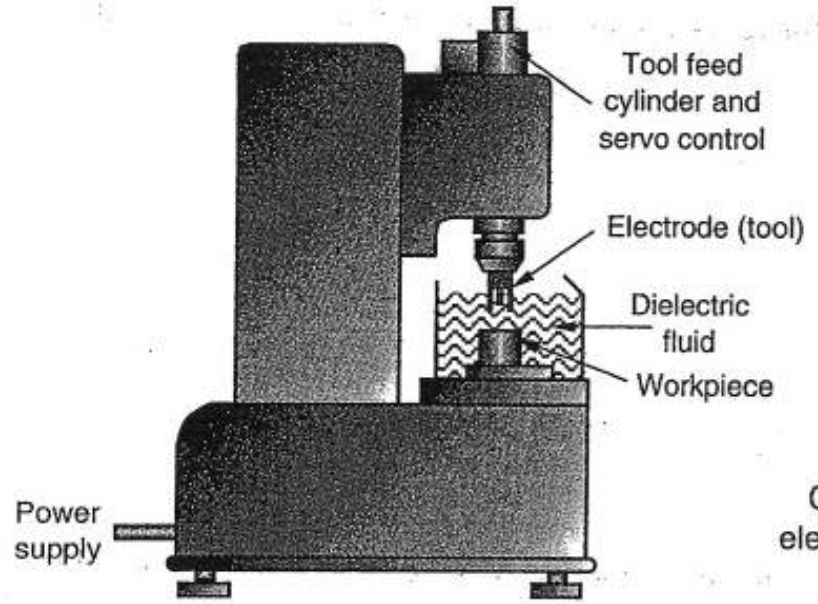


USINAGEM ELETROQUÍMICA

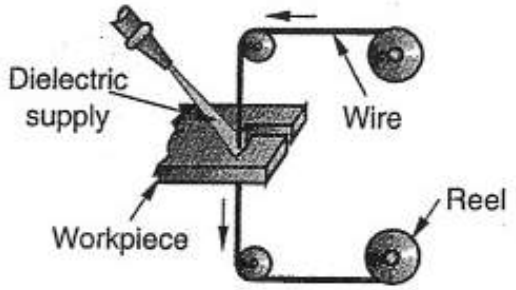


Schematic of the Electrochemical Machining process (ECM)

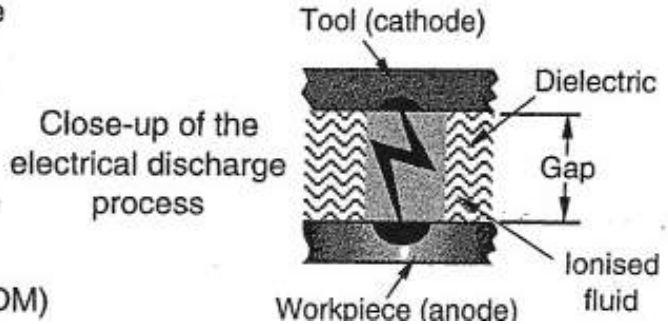
ELETRO-EROSÃO
(ELETRODO E FIO)



Typical set-up for Electrical Discharge Machining (EDM)

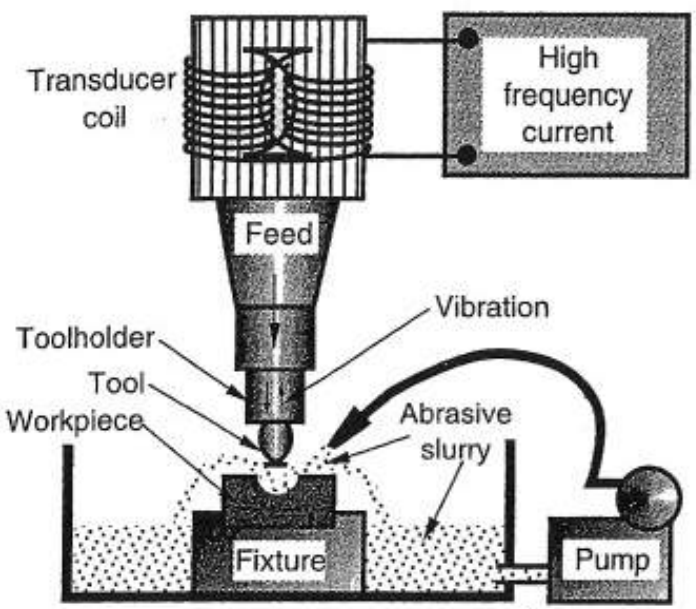


Schematic of travelling wire EDM

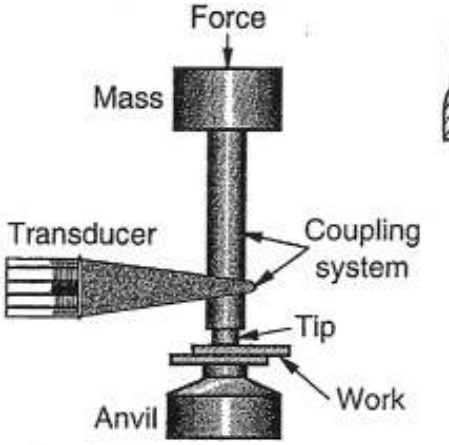


Close-up of the electrical discharge process

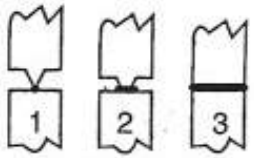
USINAGEM ULTRA-SÔNICA



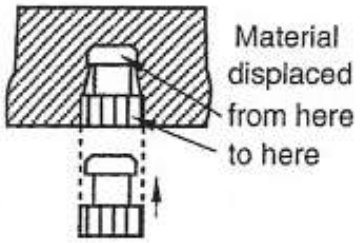
Schematic of Ultrasonic Machining (USM)



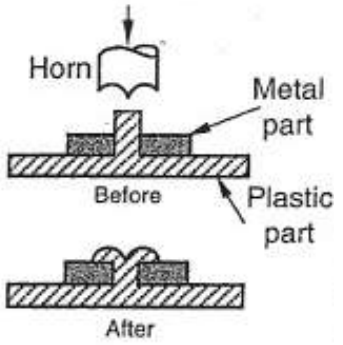
Ultrasonic Welding (USW)



Typical USW joint

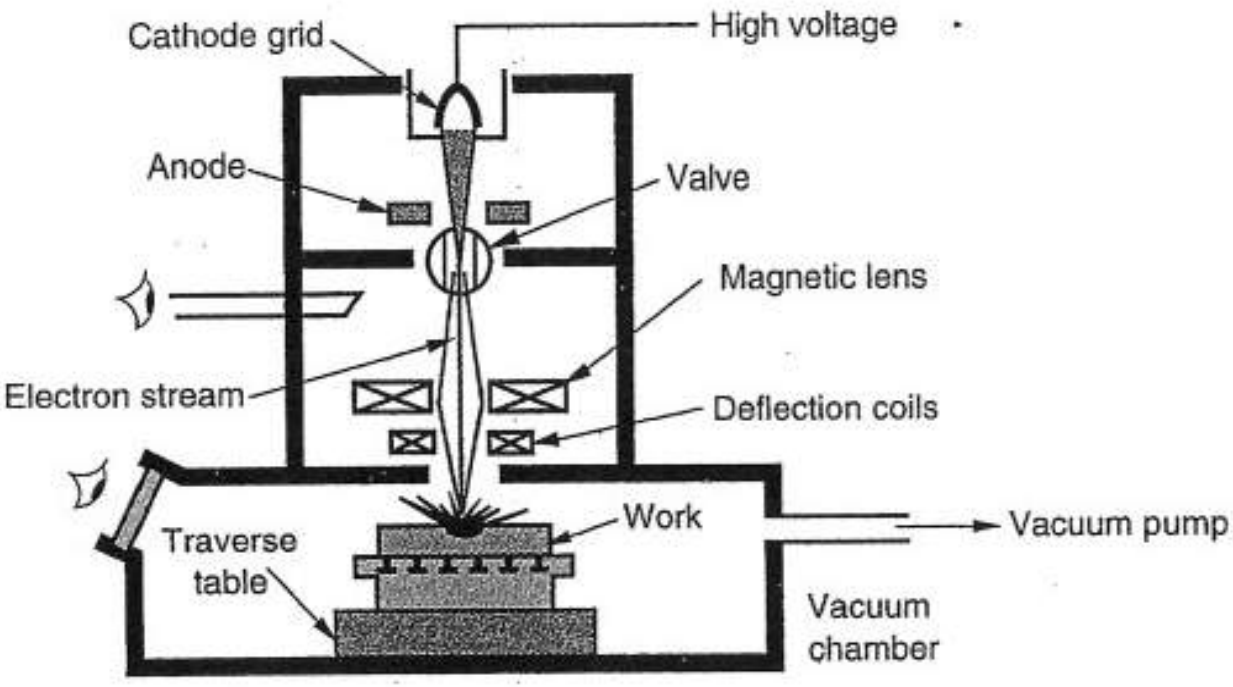


Ultrasonic insertion

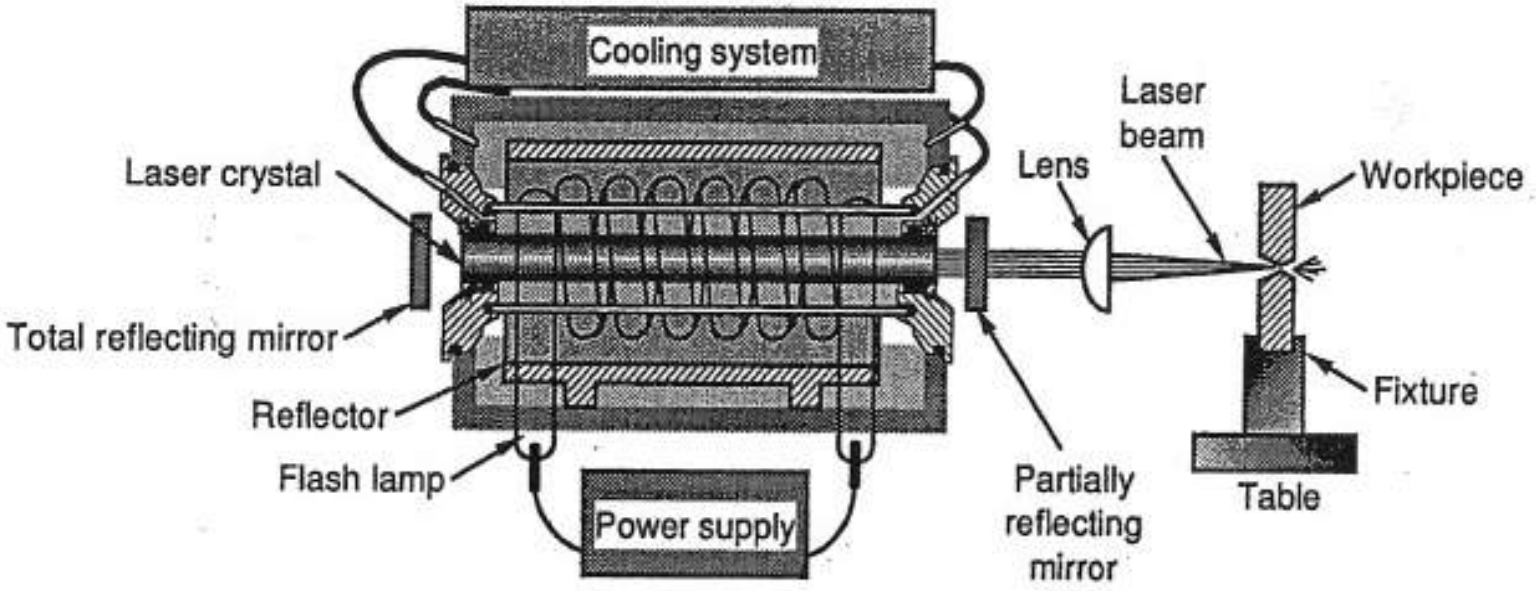


Ultrasonic staking

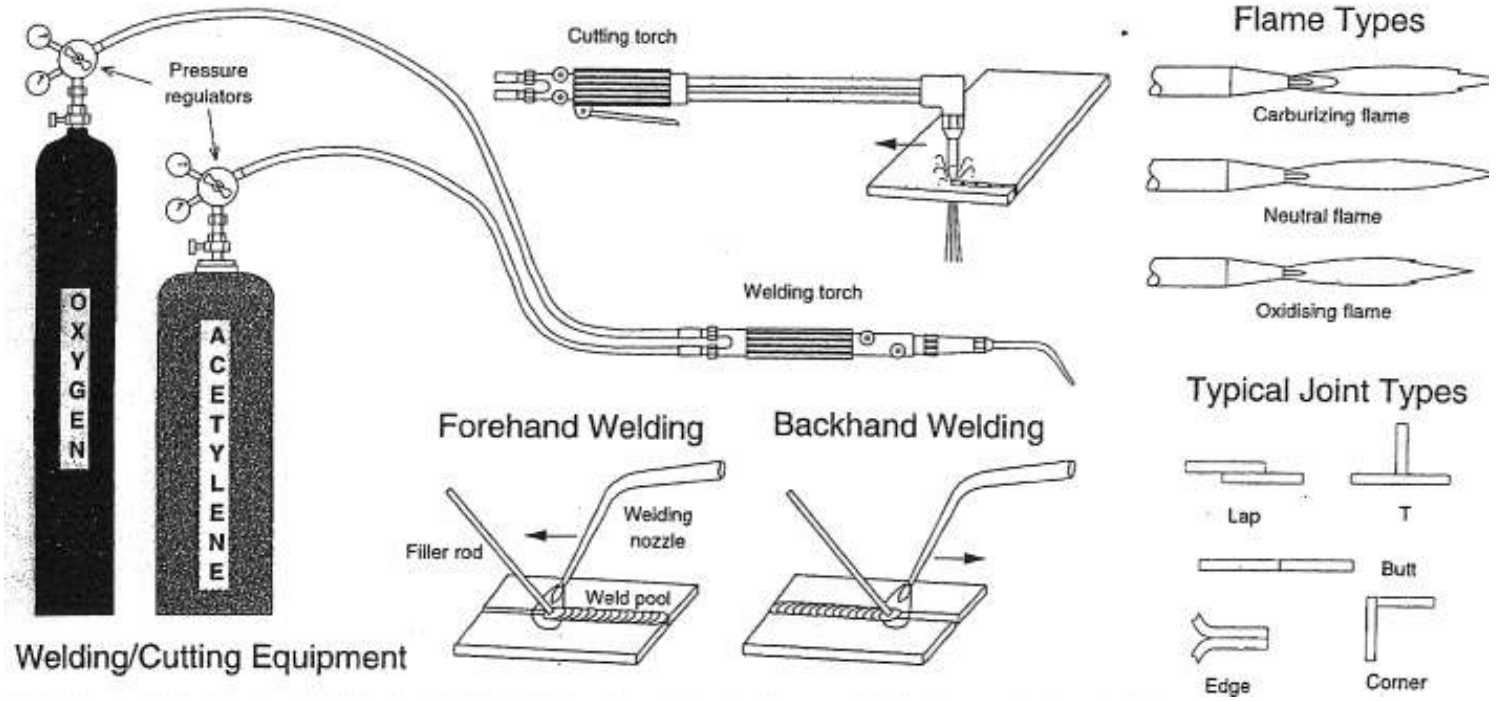
USINAGEM POR ELETRON BEAM



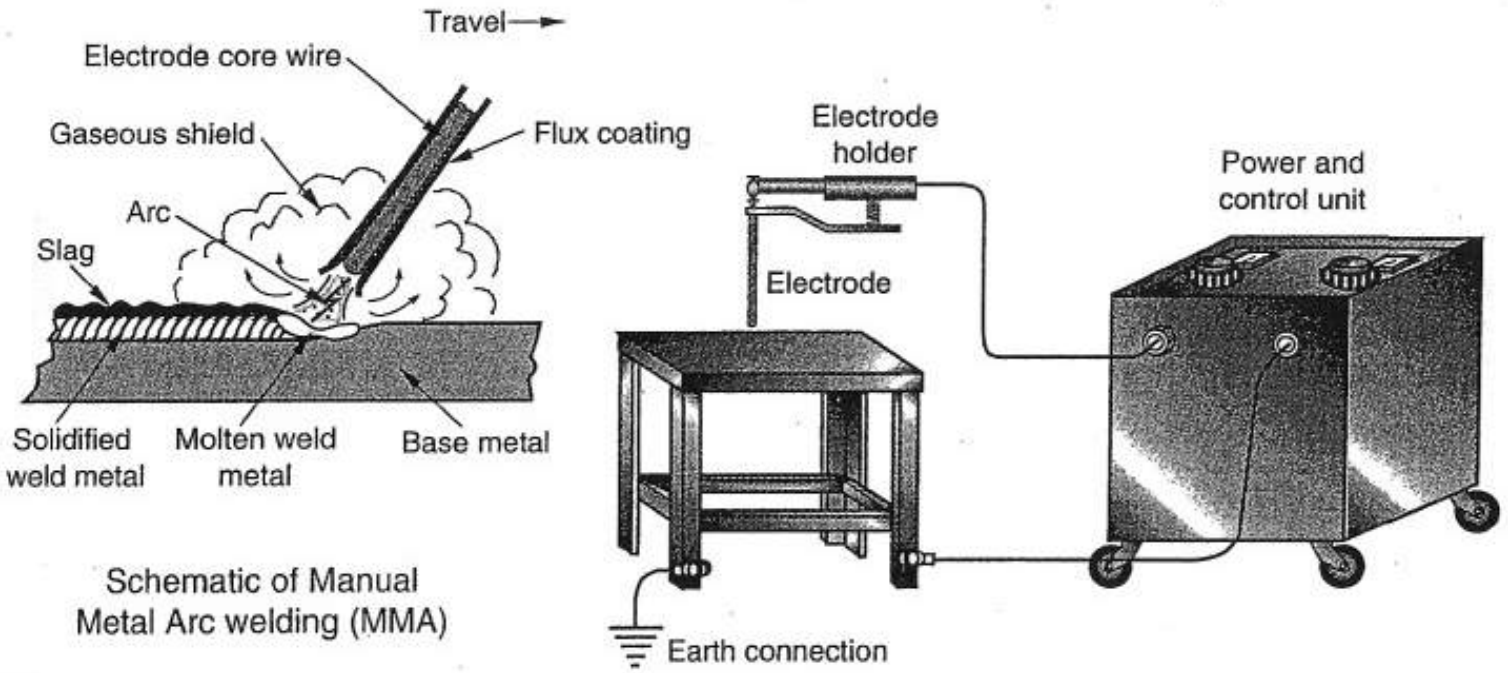
USINAGEM COM LASER



SOLDA OXI-ACETILÊNICA

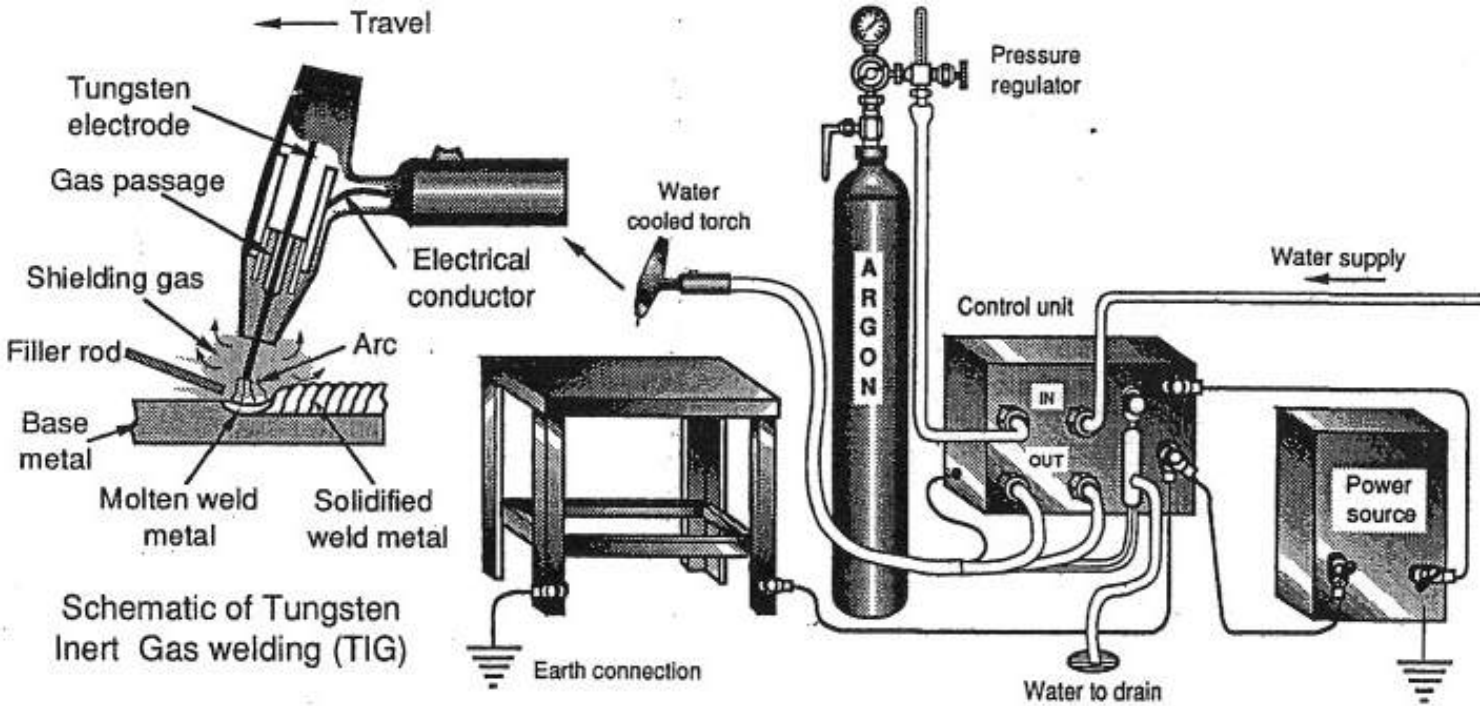


SOLDA COM ELETRODO REVESTIDO

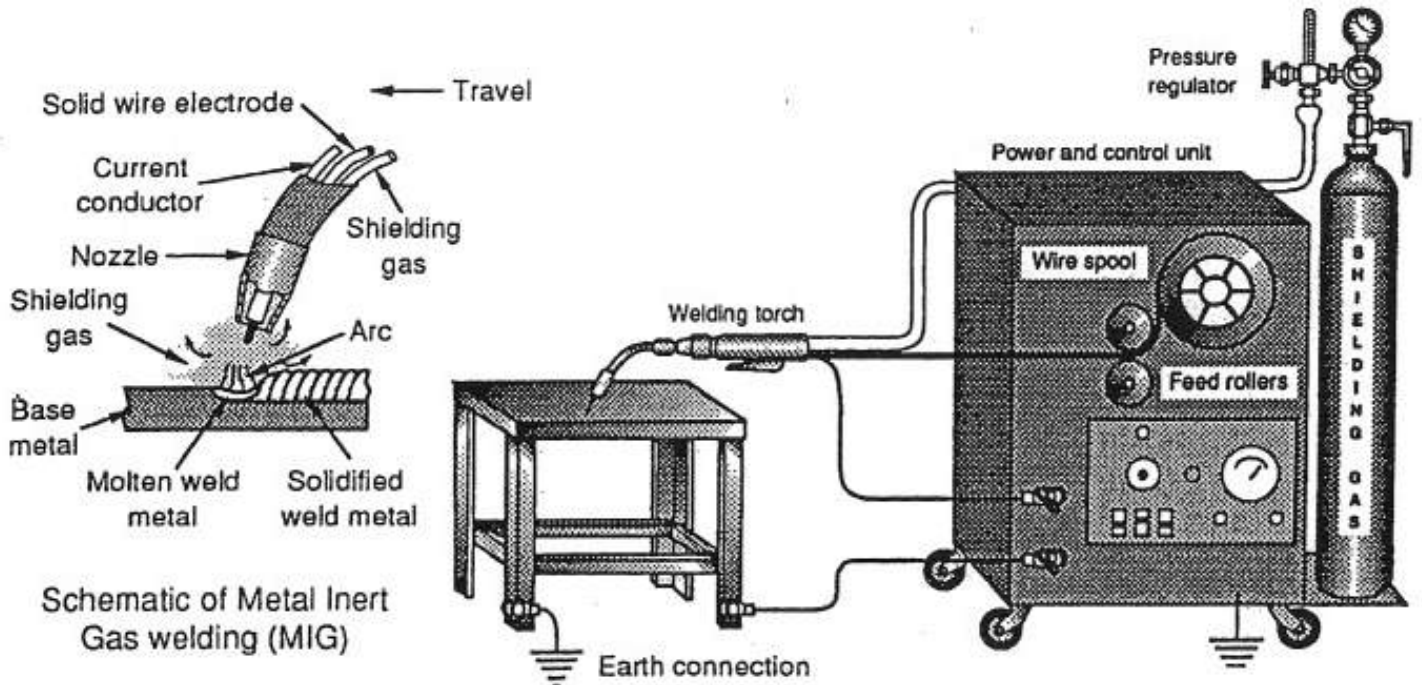


Schematic of Manual Metal Arc welding (MMA)

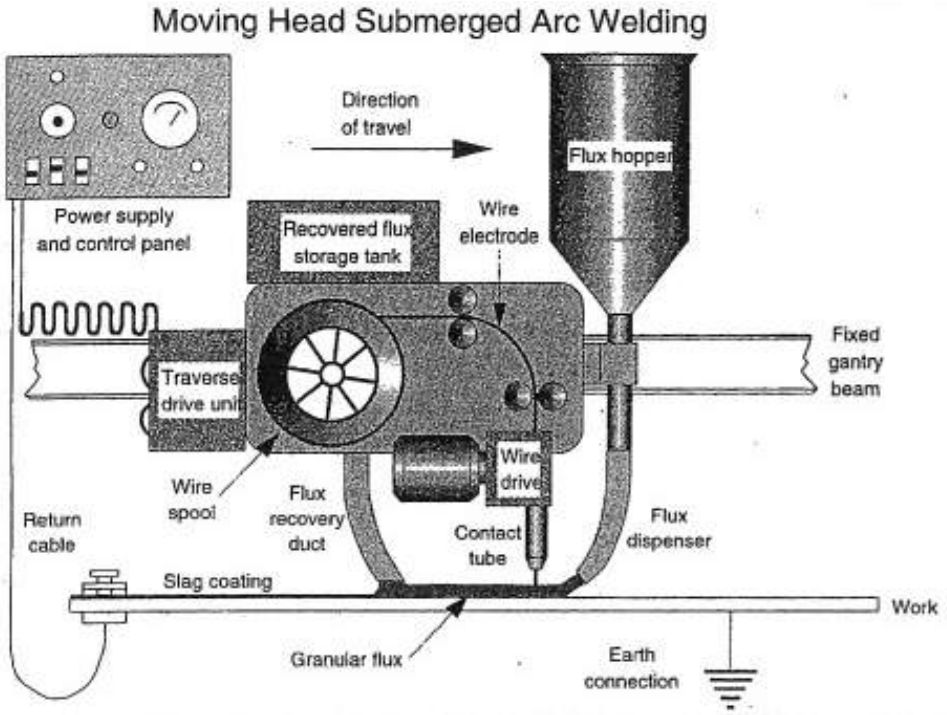
SOLDA TIG

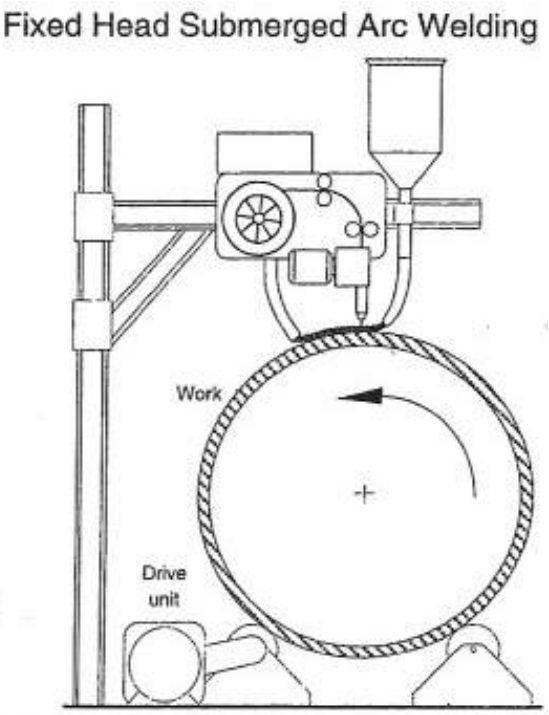

Travel
Tungsten electrode
Gas passage
Shielding gas
Filler rod
Arc
Base metal
Molten weld metal
Solidified weld metal
Schematic of Tungsten Inert Gas welding (TIG)
Water cooled torch
Electrical conductor
Pressure regulator
ARGON
Water supply
Control unit
IN
OUT
Power source
Earth connection
Water to drain

SOLDA MIG

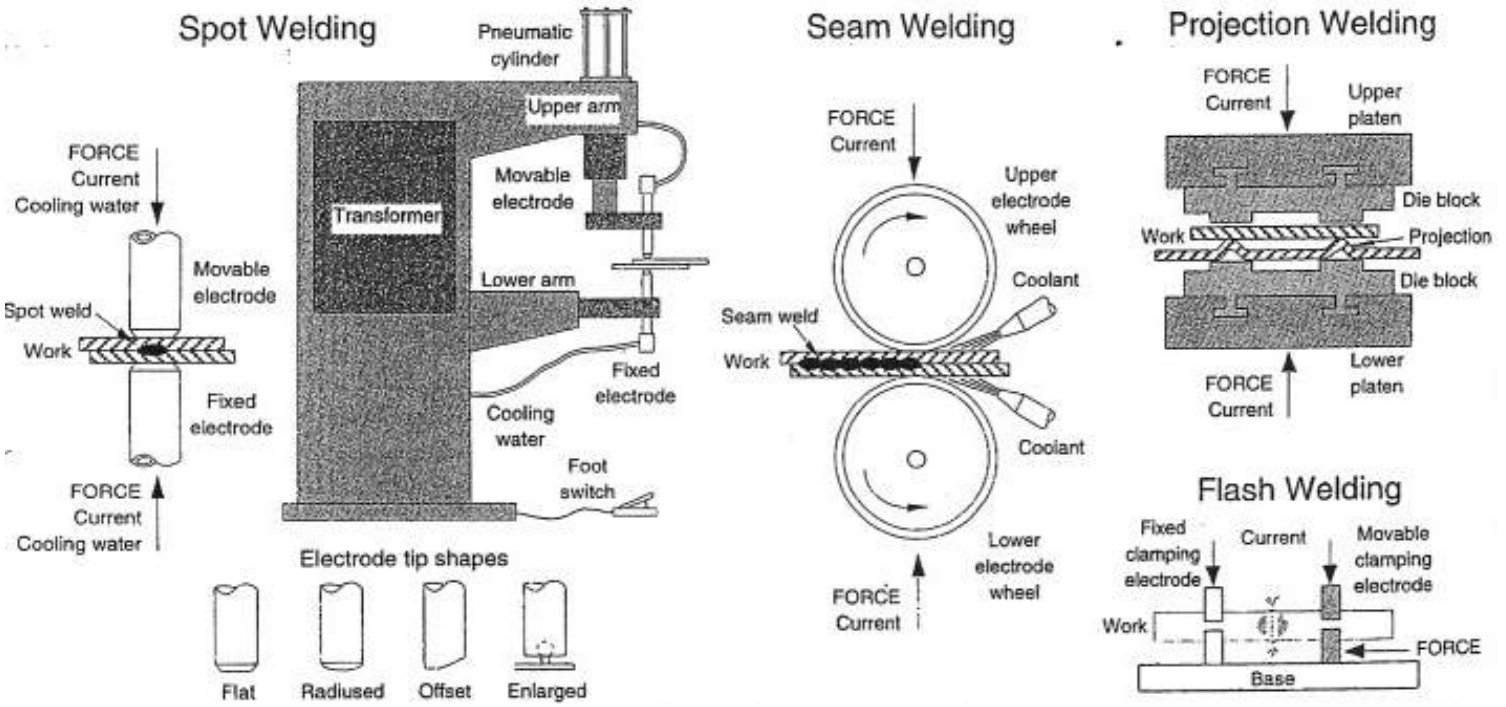

Travel
Solid wire electrode
Current conductor
Nozzle
Shielding gas
Shielding gas
Arc
Base metal
Molten weld metal
Solidified weld metal
Schematic of Metal Inert Gas welding (MIG)
Pressure regulator
Power and control unit
Wire spool
Welding torch
Feed rollers
SHIELDING GAS
Earth connection

SOLDA COM ARCO SUBMERSO

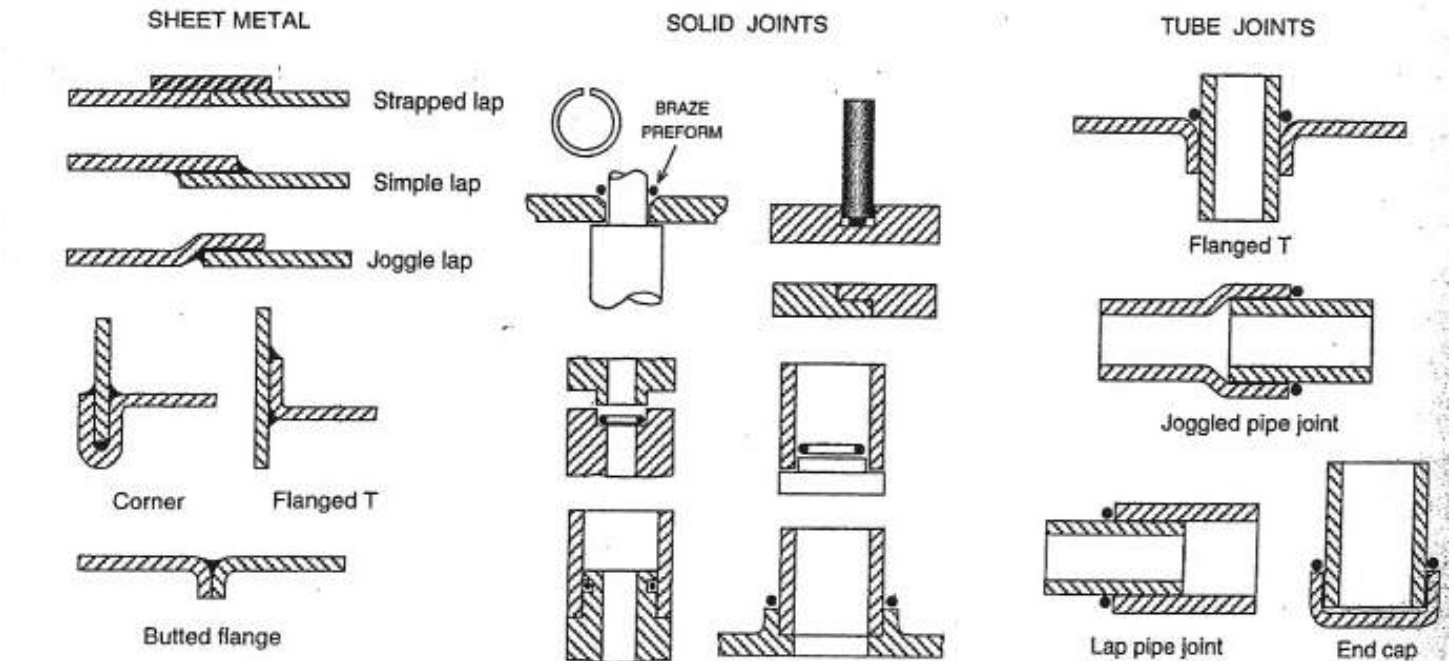




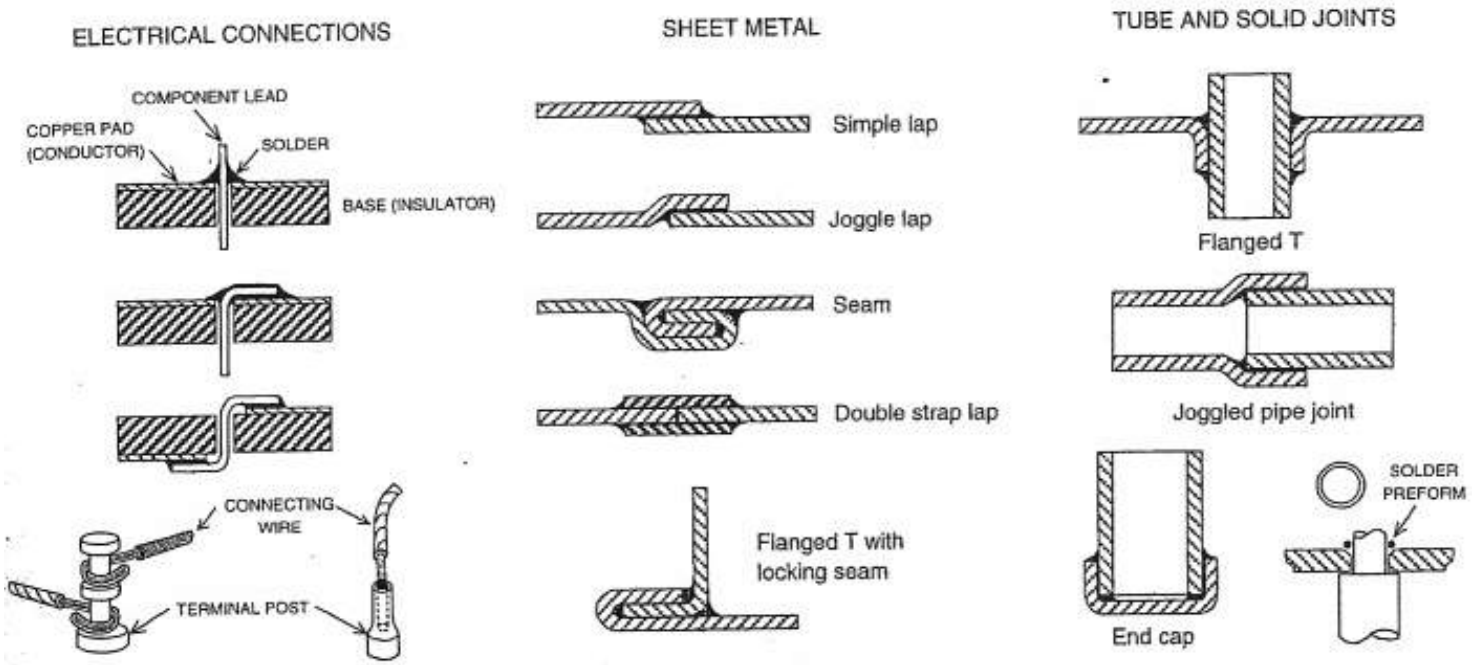
SOLDA A PONTO



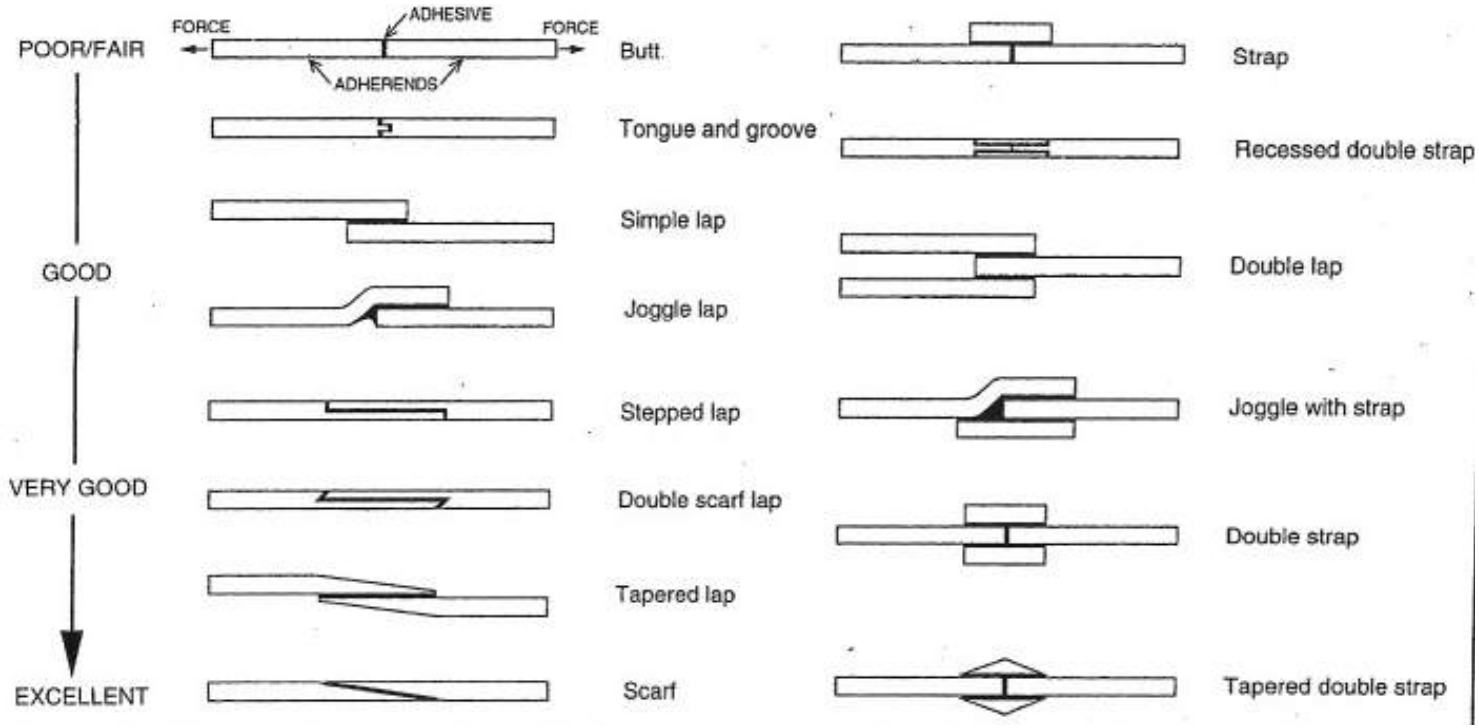
SOLDA BRAZING



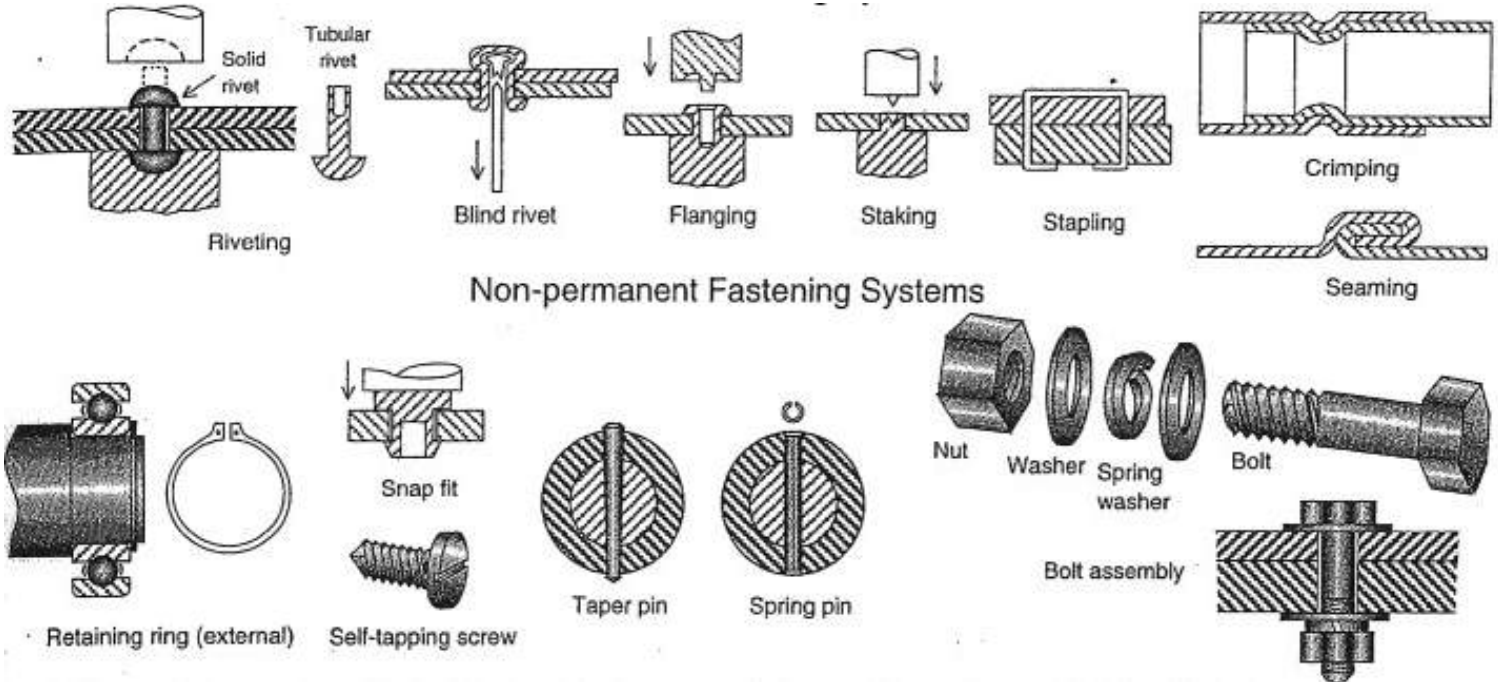
TÍPICAS JUNTAS SOLDADAS



JUNTAS POR ADESIVOS



SISTEMAS TÍPICOS DE FIXAÇÃO



TRATAMENTOS TÉRMICOS

- **Os tratamentos térmicos empregados em metais ou ligas metálicas, são definidos como qualquer conjunto de operações de aquecimento e resfriamento, sob condições controladas de temperatura, tempo, atmosfera e velocidade de resfriamento, com o objetivo de alterar suas propriedades ou conferir-lhes características pré determinadas.**

OBJETIVOS

- **.remoções de tensões residuais decorrentes de processos mecânicos de conformação ou térmicos.**
- **.refino da microestrutura (diminuição de tamanho de grão)**
- **.aumento ou diminuição de dureza**
- **.aumento ou diminuição da resistência mecânica**
- **.aumento da ductilidade**
- **.melhoria da usinabilidade**
- **.aumento da resistência ao desgaste**
- **.melhoria da resistência a corrosão**
- **.melhoria da resistência a fluência**
- **.modificação de propriedades elétricas e magnéticas**
- **.remoção de gases após operações de recobrimento por meio de processos galvânicos**

TRATAMENTOS TÉRMICOS MAIS COMUNS

- **.alívio de tensões**
- **.recozimento**
- **.normalização**
- **.têmpera**
- **.revenimento**
- **.austêmpera**
- **.martêmpera**

ALÍVIO DE TENSÕES

- **.redução das tensões residuais provenientes dos processos de fabricação ou adquiridas durante serviço. As tensões residuais mais comuns são:-**
- **Tensões residuais de soldagem**
- **Tensões residuais de conformação mecânica (encruamento)**
- **Tensões residuais de solidificação (componentes fundidos)**
- **Tensões de usinagem (torneamento, fresamento, retificação.)**
- **Absorção de hidrogênio durante operações de recobrimento galvânico (fragilização por hidrogênio)**

RECOZIMENTO

- **.remover tensões devida a tratamentos mecânicos a frio ou a quente**
- **.reduzir a dureza**
- **.aumentar a usinabilidade**
- **.facilitar o trabalho a frio**
- **.regularizar a textura bruta de fusão**
- **.eliminar os efeitos de quaisquer tratamento térmico ou mecânico anterior**

NORMALIZAÇÃO

- .refino de grão e homogenização de microestruturas de produtos conformados a quente
- .melhoria da usinabilidade
- .refino microestrutural de estruturas brutas de fusão

TÊMPERA

- **.aumento de dureza, resistência mecânica (limites de escoamento e resistência) e resistência ao desgaste**
- **.a ductilidade e a tenacidade dos aços temperados é praticamente nula**

MARTÊMPERA

- **.aumento da dureza por meio da microestrutura martensítica**
- **.menor nível de tensões internas em relação à têmpera convencional e, consequentemente, maior estabilidade dimensional sobre os lotes e menor perda de peças por trincas e/ou distorções dimensionais**

REVENIMENTO

- **O revenimento é um tratamento térmico destinado aos aços previamente temperados (microestrutura martensítica), com o objetivo principal de aumentar sua dutilidade e tenacidade. É realizado em temperaturas inferiores a zona crítica com tempos de duração e velocidade de resfriamento controladas.**
- **Os aços temperados são revenidos para a obtenção de propriedades mecânicas específicas (aumento de dutilidade e tenacidade), aliviar tensões internas e garantir estabilidade dimensional a peça tratada (o revenimento é acompanhado por uma redução de volume).**
- **A microestrutura obtida é a martensita revenida.**
- **As variáveis que afetam essa microestrutura são:-**
- **.tempo de revenimento**
- **.tempo na temperatura de revenimento**
- **.velocidade de resfriamento após o revenimento**
- **.composição do aço, incluindo teor de C, elementos de liga e impurezas**

AUSTÊMPERA

- **A austêmpera determina:-**
- **.aumento de dutilidade**
- **.aumento de dureza associada à tenacidade**
- **.aumento da resistência ao impacto**
- **.reduz a ocorrência de trincas**
- **.melhora a estabilidade dimensional**

- **A Microestrutura obtida:-**
- **.bainita superior para tratamentos a temperaturas mais altas (dureza entre 40 a 45 HRC)**
- **.bainita inferior para tratamentos a temperaturas mais baixas (dureza entre 50 a 60 HRC)**

CAP. 2 - FUNDAMENTOS DOS PROCESSOS DE MANUFATURA-USINAGEM

Manufatura pode ser definida como o processo de conversão da matéria-prima em determinado produto. [KALPAKJIAN, 2000]

-Projeto do produto;

-Seleção de materiais;

-Seqüência de execução dos processos para obtenção do produto;

Manufatura - 4 grandes grupos

-Conformação Plástica; (Ex: Laminação)

-Identidade: Volume constante;

-Remoção de material; (Ex: Usinagem)

-Identidade: Retirada de cavaco;

-Grupo de origem; (Ex: Fundição)

-Identidade: Presença de material líquido;

-Processos especiais; (Ex: Soldagem)

-Identidade: Não se enquadra nos anteriores;

Itens essenciais à usinagem

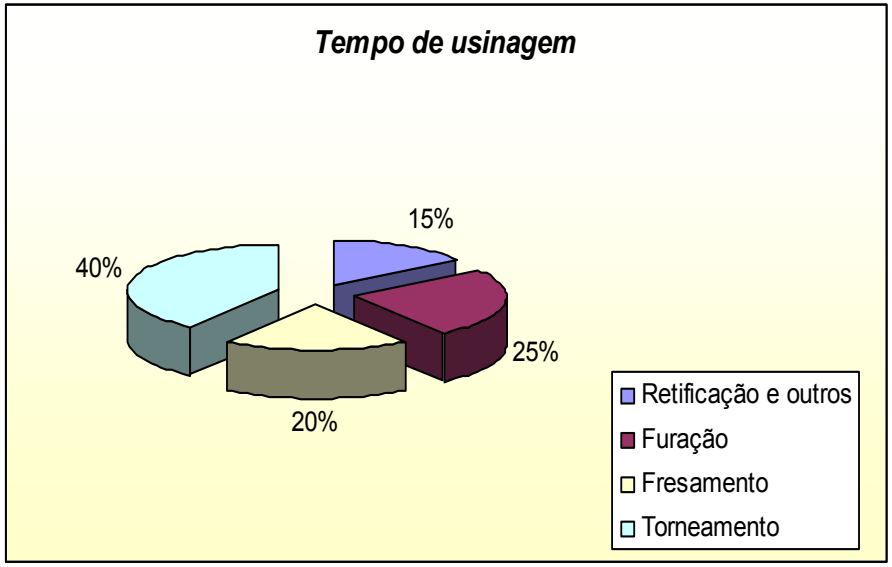
-Máquina;

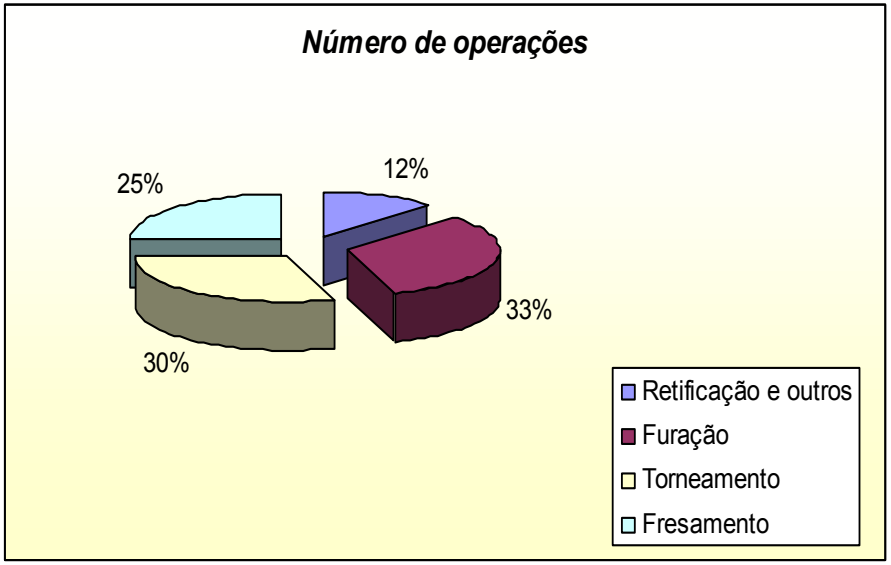
-Ferramentas

-Operador;

-Para que ocorra a usinagem é necessário que haja movimento relativo entre a peça e a ferramenta, ocorrendo desta forma a separação de cavaco da peça a ser gerada.

Principais processos de usinagem



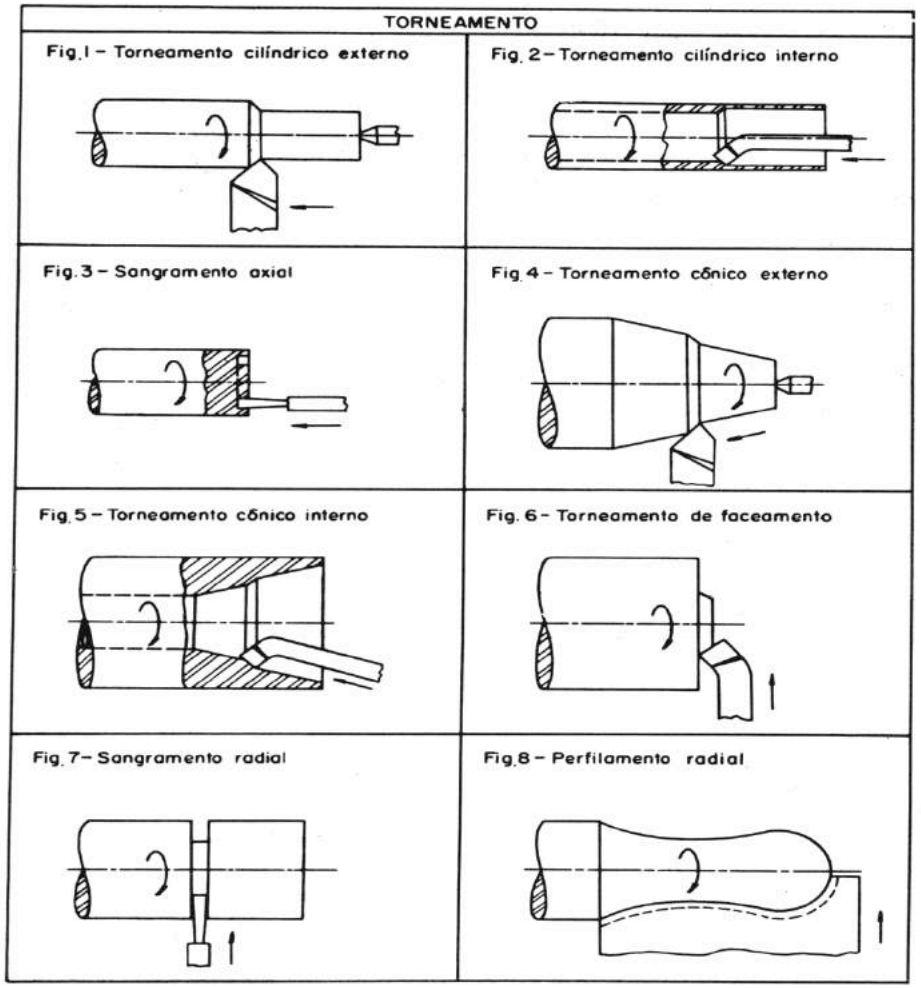


Operações de usinagem em válvulas

2

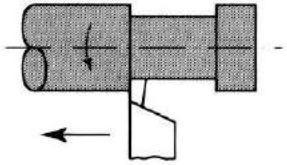
4

Torneamento

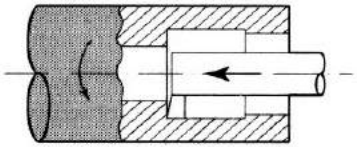


TORNEAMENTO

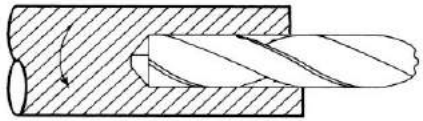
Turning and external grooving



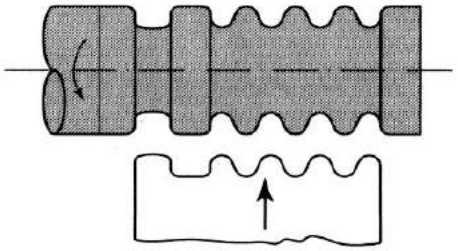
Boring and internal grooving



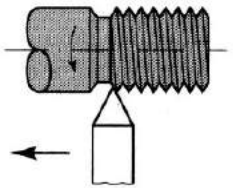
Drilling



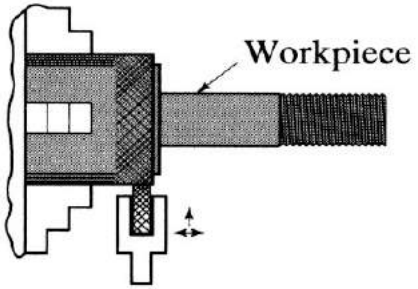
Cutting with a form tool



Threading



Knurling



Furação

Fig. 19 – Furação em cheio

Fig. 20– Furação com pré-furação

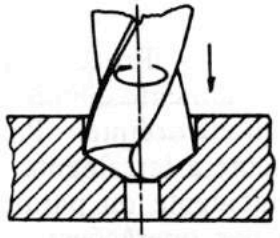


Fig. 21 – Furação escalonada

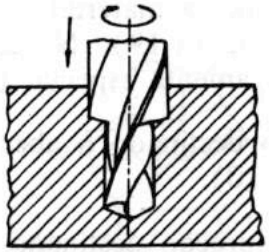


Fig. 22- Furação de centros

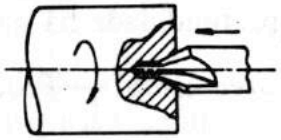


Fig. 23 – Furação profunda em cheio

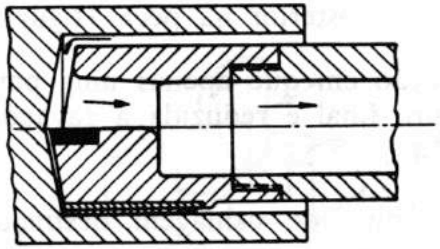
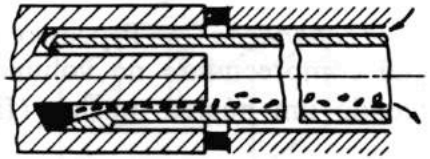
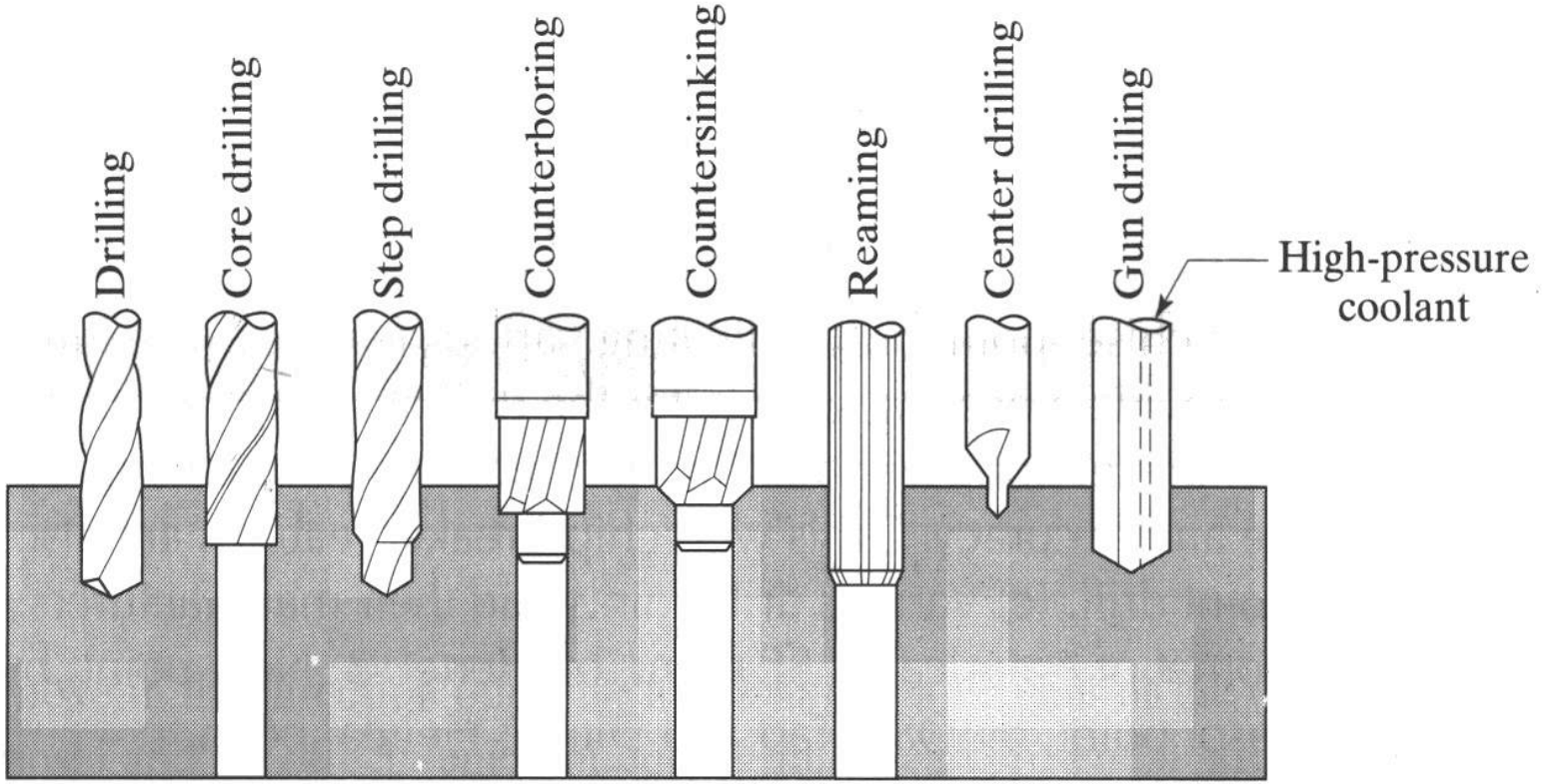


Fig. 24 – Trepanação



FURAÇÃO, ALARGAMENTO E CHANFRAMENTO

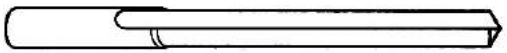


Various types of drilling and reaming operations.

FERRAMENTAS DE FURAÇÃO

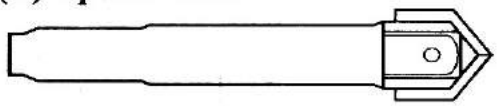
(a) Twist drill

(c) Straight-flute drill

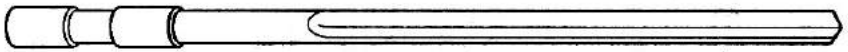


(b) Step drill

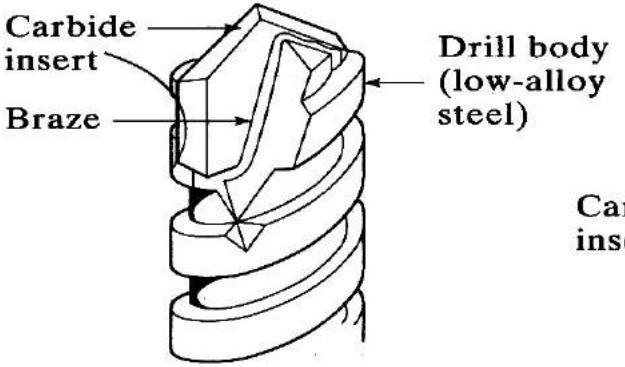
(d) Spade drill



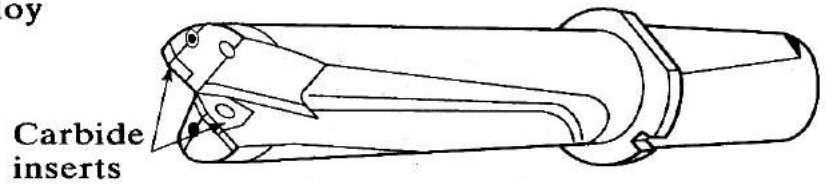
(e) Gun drill



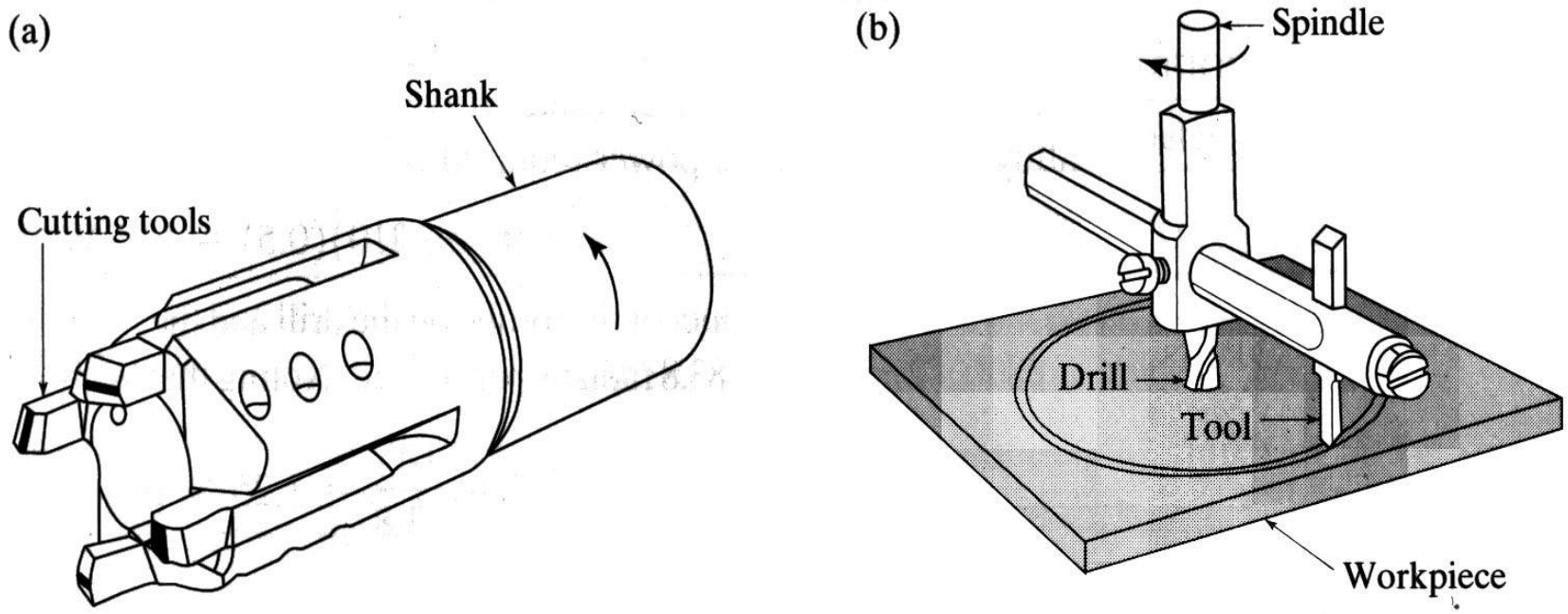
(f) Drill with brazed carbide tip



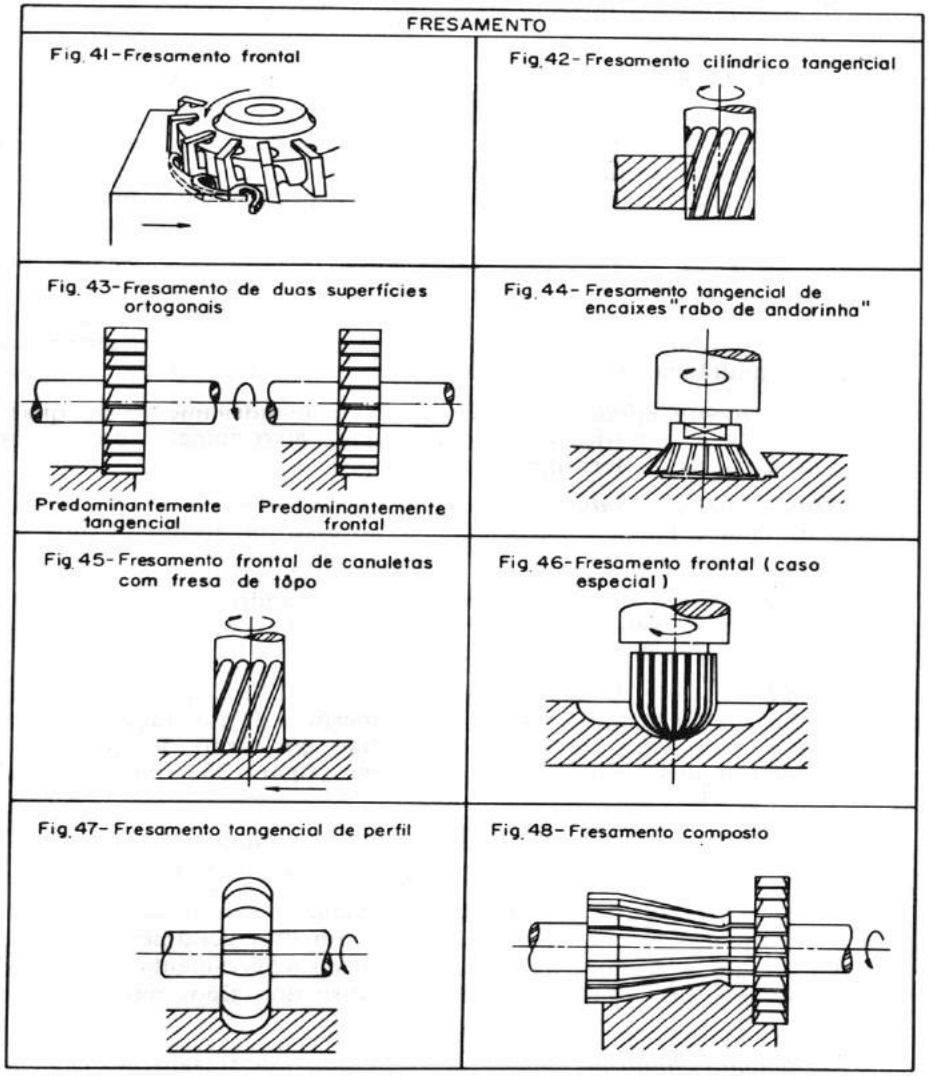
(g) Drill with indexable carbide inserts

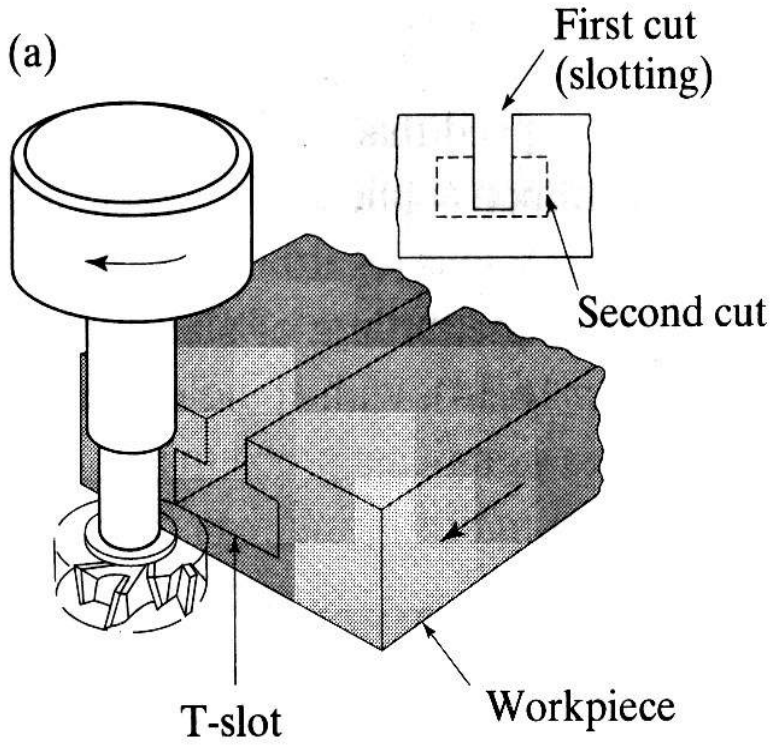


FERRAMENTAS DE FURAÇÃO

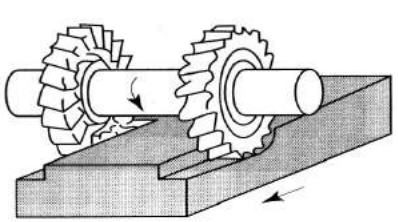


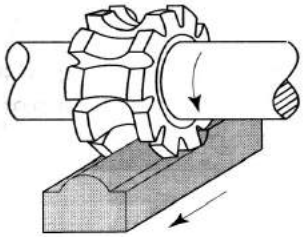
FRESAMENTO

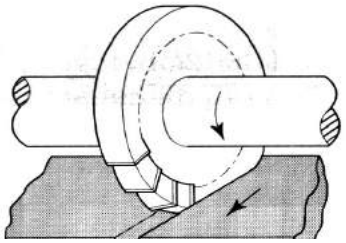

FRESAMENTO
Fig. 41 - Fresamento frontal
Fig. 42 - Fresamento cilíndrico tangencial
Fig. 43 - Fresamento de duas superfícies ortogonais
Predominantemente tangencial
Predominantemente frontal
Fig. 44 - Fresamento tangencial de encaixes "rabo de andorinha"
Fig. 45 - Fresamento frontal de canaletas com fresa de topo
Fig. 46 - Fresamento frontal (caso especial)
Fig. 47 - Fresamento tangencial de perfil
Fig. 48 - Fresamento composto

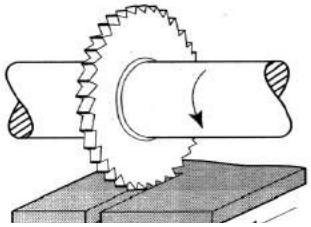

(a)
First cut
(slotting)
Second cut
T-slot
Workpiece

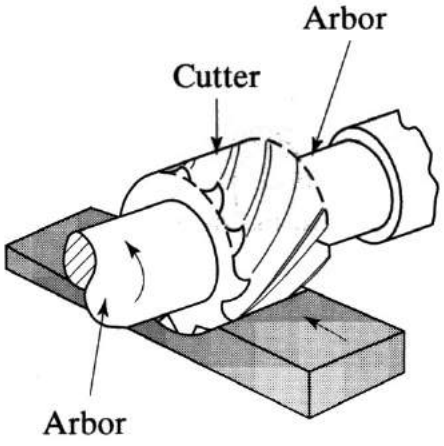
OPERAÇÕES DE FRESAMENTO

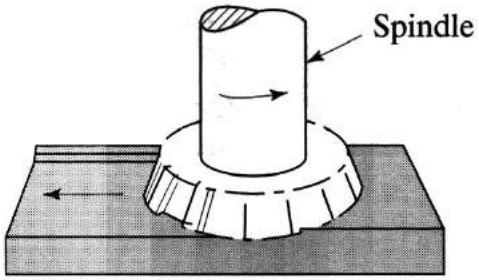


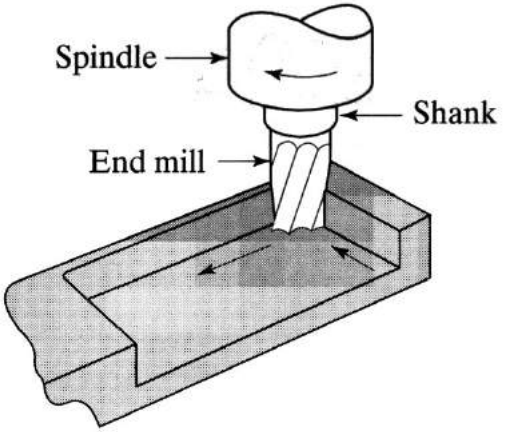












SERRAMENTO

SERRAMENTO

Fig. 49– Serramento alternativo

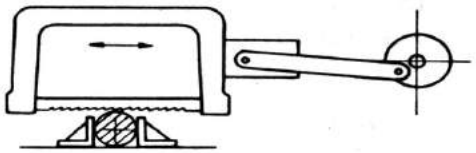


Fig. 50– Serramento contínuo (Seccionamento)

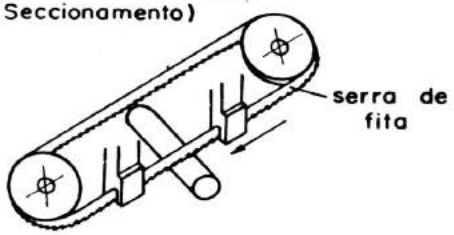


Fig. 51– Serramento contínuo (Recorte)

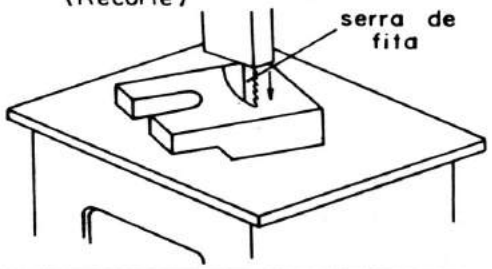


Fig. 52– Serramento circular

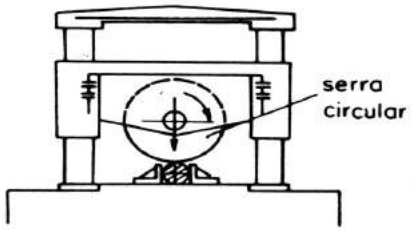


Fig. 53– Serramento circular

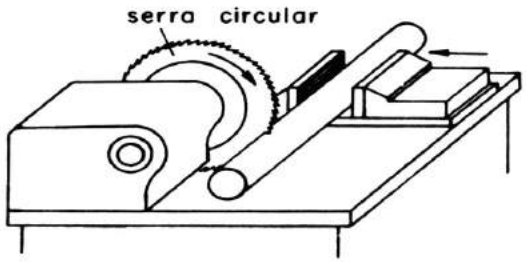
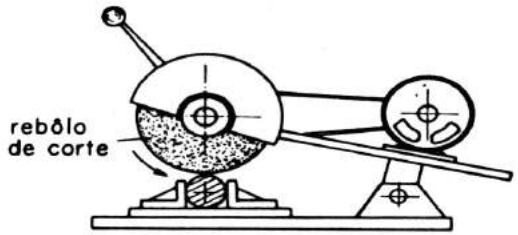


Fig. 54– Serramento circular



Aplainamento

Fig.17 – Aplainamento de sup. cilíndricas de revolução

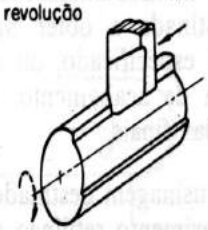
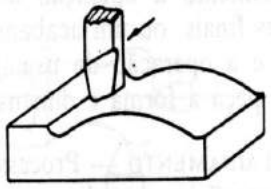


Fig.18 – Aplainamento de sup. cilíndricas



APLAINAMENTO

Fig. 11 – Aplainamento de guias

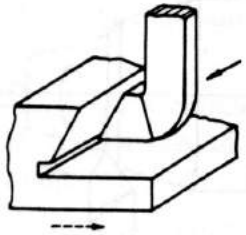


Fig. 12 – Aplainamento de superfícies

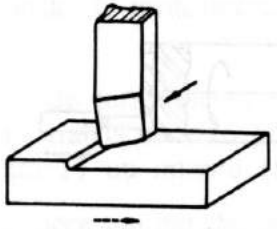


Fig. 13 – Aplainamento de perfis

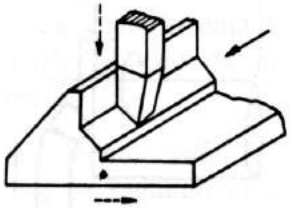


Fig. 14 – Aplainamento de rasgo de chaveta

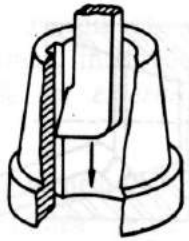


Fig. 15 – Aplainamento de rasgos

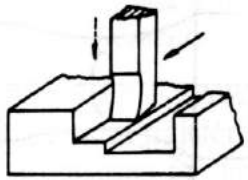
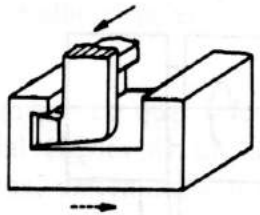
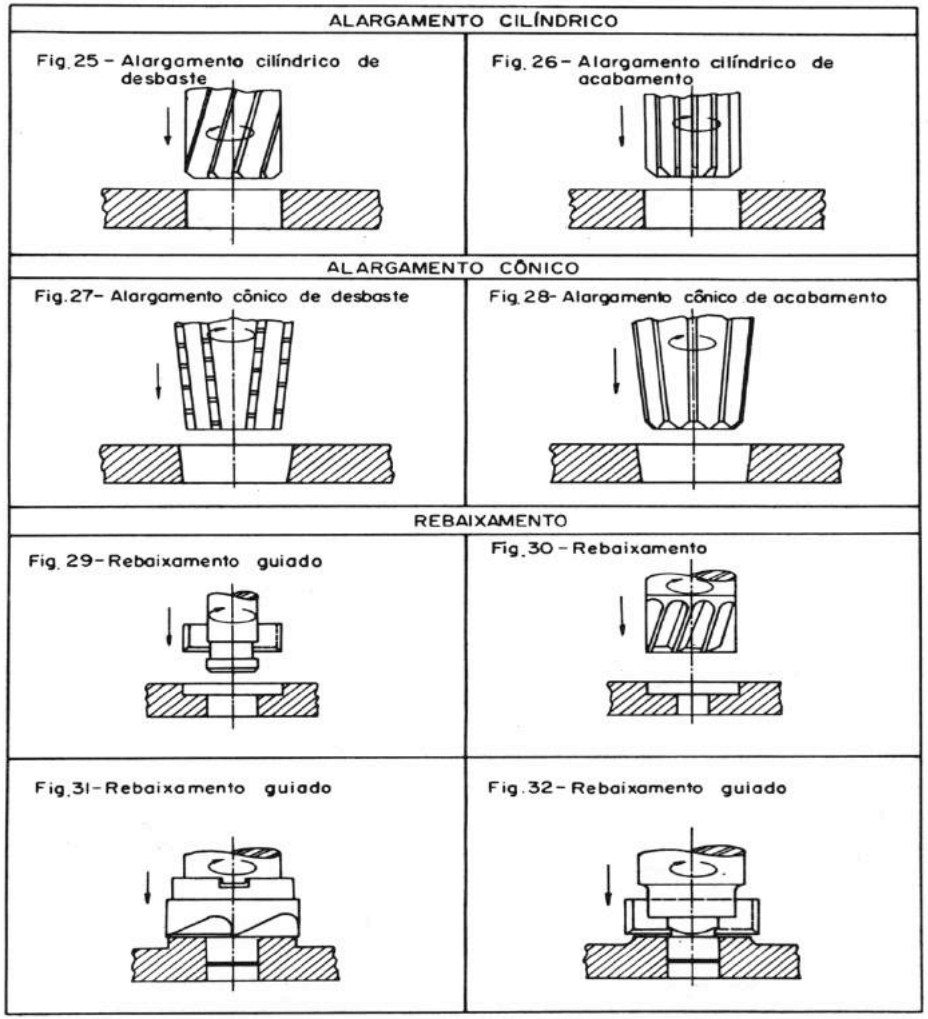


Fig. 16 – Aplainamento de ranhuras em "T"



Complementos à furação



REBAIXAMENTO E MANDRILAMENTO

REBAIXAMENTO

Fig. 33 - Rebaixamento guiado

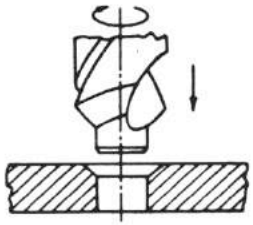
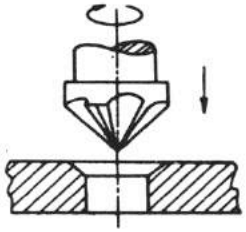


Fig. 34 - Rebaixamento



MANDRILAMENTO

Fig. 35 - Mandrilamento cilíndrico

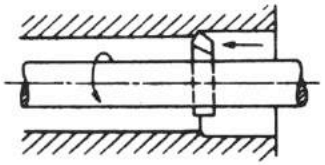


Fig. 36 - Mandrilamento radial

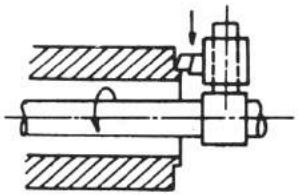


Fig. 37 - Mandrilamento cônico

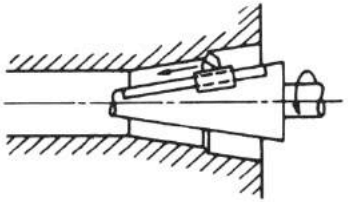
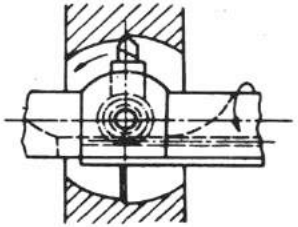


Fig. 38 - Mandrilamento esférico



BROCHAMENTO

BROCHAMENTO

Fig. 55- Brochamento interno

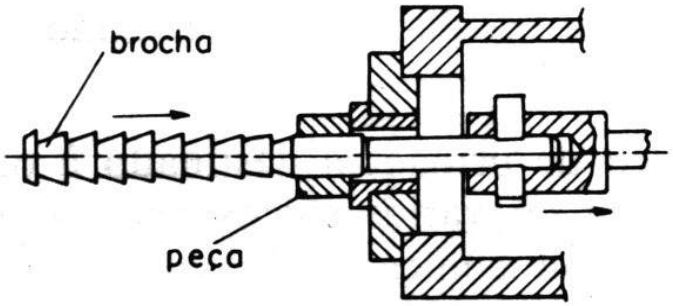
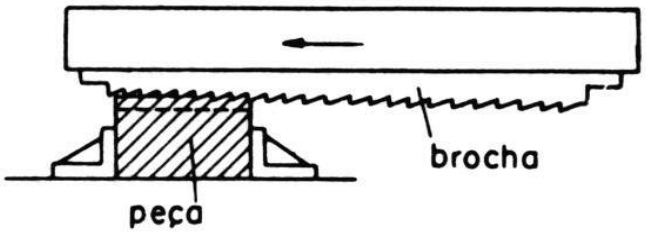
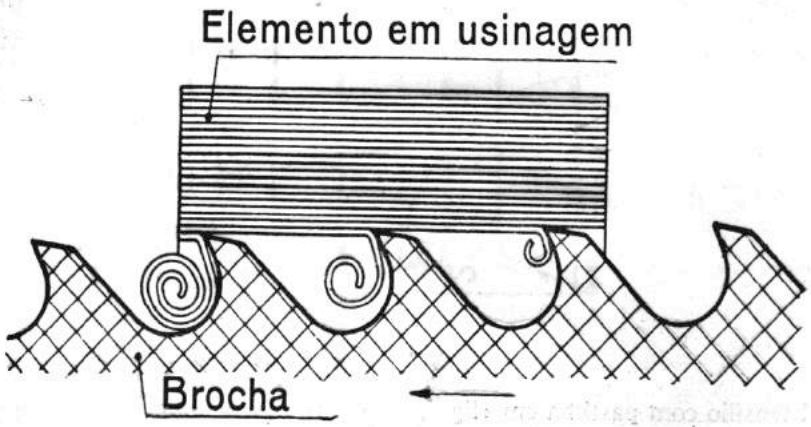
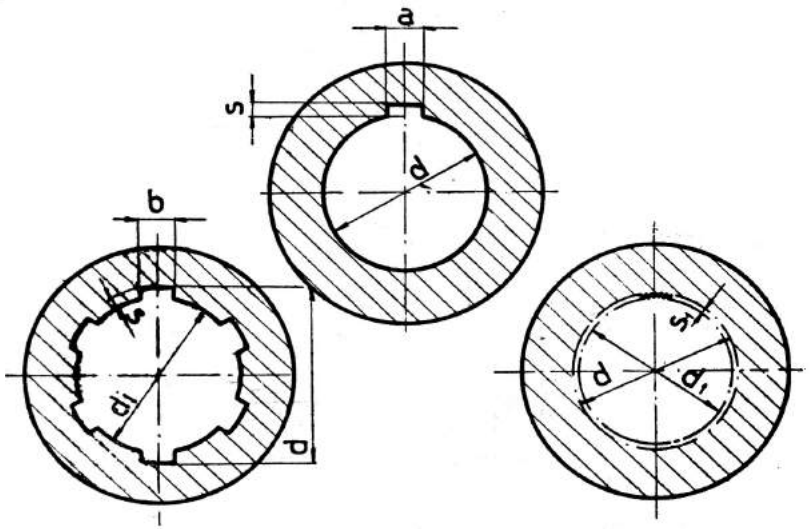


Fig. 56- Brochamento externo







ROSCAMENTO

ROSCAMENTO

Fig. 57 – Roscamento interno com ferramenta de perfil único

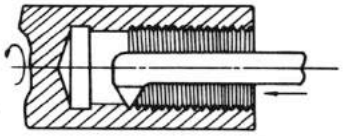


Fig. 58 – Roscamento interno com ferramenta de perfil múltiplo

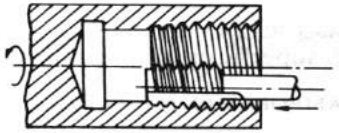


Fig. 59 – Roscamento interno com macho

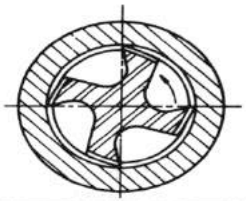


Fig. 60 – Roscamento interno com fresa

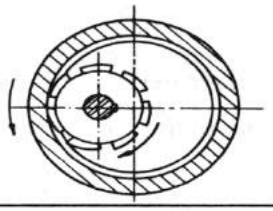


Fig. 61 – Roscamento externo com ferramenta de perfil único

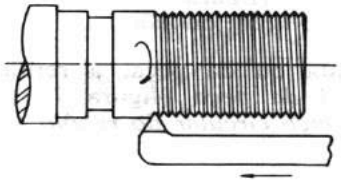


Fig. 62 – Roscamento externo com ferramenta de perfil múltiplo

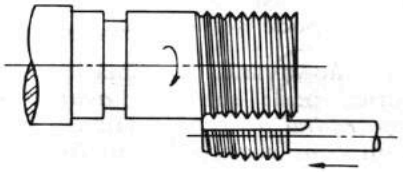


Fig. 63 – Roscamento externo com cossinete

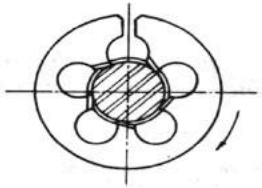
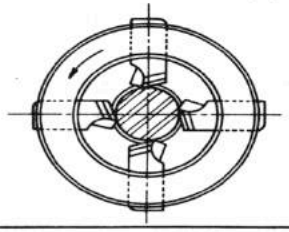


Fig. 64 – Roscamento externo com jôgo de pentes



ROSCAMENTO

ROSCAMENTO

Fig. 65 - Roscamento externo com fresa de perfil múltiplo

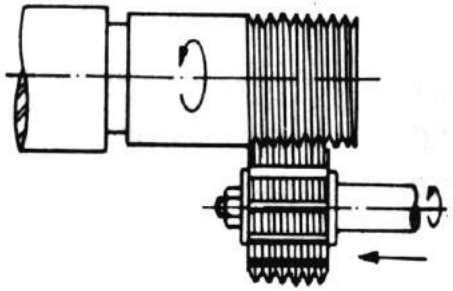
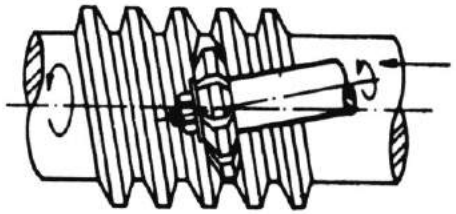
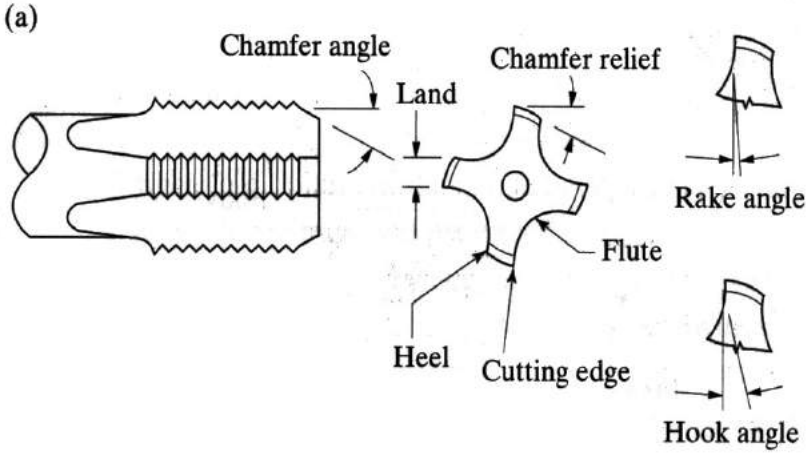
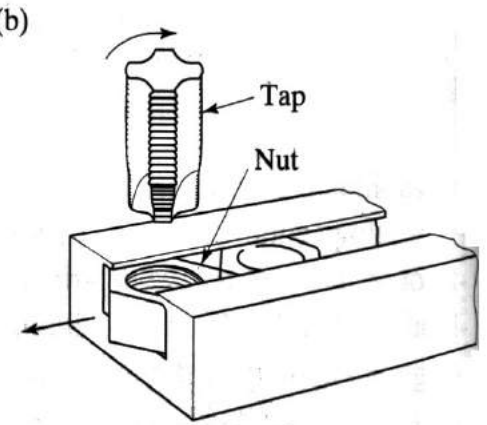


Fig. 66 - Roscamento externo com fresa de perfil único







Retificação

RETIFICAÇÃO

Fig.73-Retificação cilindrica externa com avanço radial

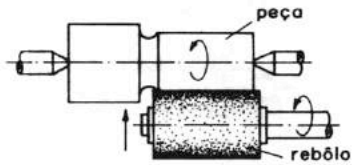


Fig.74-Retificação cilindrica interna com avanço circular

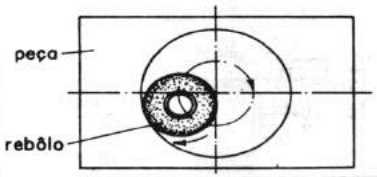


Fig.75-Retificação cônica externa com avanço longitudinal

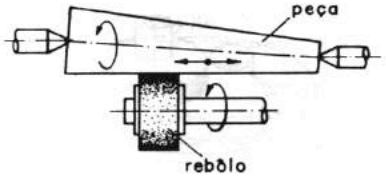


Fig.76-Retificação de perfil com avanço radial

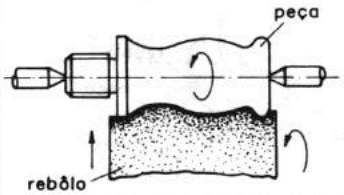


Fig.77-Retificação de perfil com avanço longitudinal

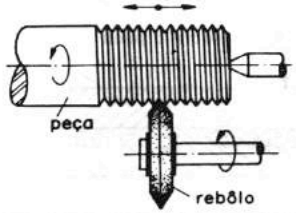


Fig.78-Retificação tangencial plana com mov. retilíneo da peça

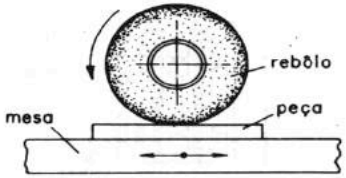


Fig.79-Retificação cilíndrica sem centros

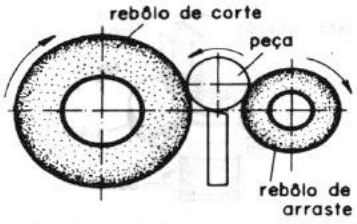
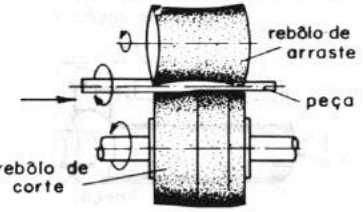


Fig.80-Retificação cilíndrica sem centros c/avanço long. contínuo da peça



RETIFICAÇÃO

Fig.71-Retificação cilíndrica externa com avanco longitudinal

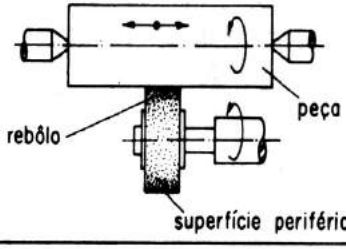
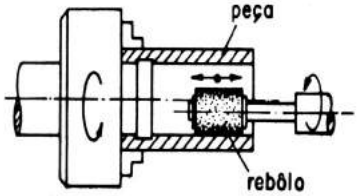


Fig.72-Retificação cilíndrica interna com avanço longitudinal



RETIFICAÇÃO

RETIFICAÇÃO

Fig.81-Retificação cilíndrica sem centros com avanço em "fileira de peças"

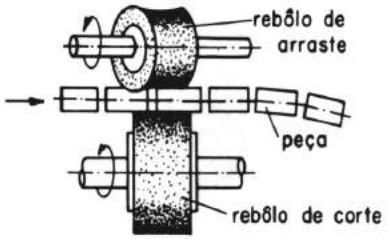


Fig.82-Retificação cilíndrica sem centros com avanço radial

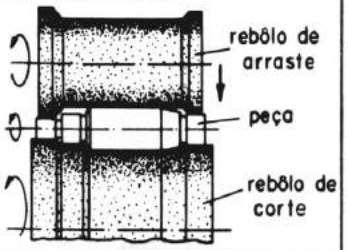


Fig.83-Retificação frontal com avanço retilineo da peça

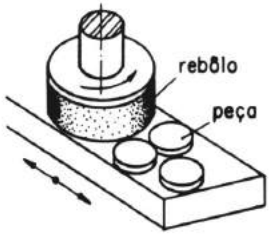
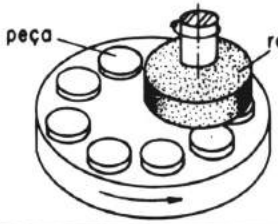


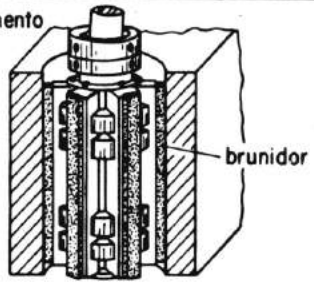
Fig.84-Retificação frontal com avanço circular da peça



Outros processos

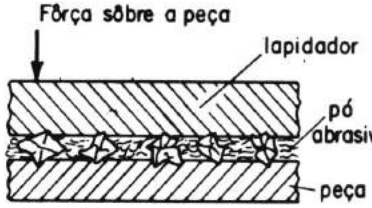
BRUNIMENTO

Fig.85-Brunimento



LAPIDAÇÃO

Fig.86-Lapidação



SUPER ACABAMENTO

Fig.87-Super-acabamento cilíndrico

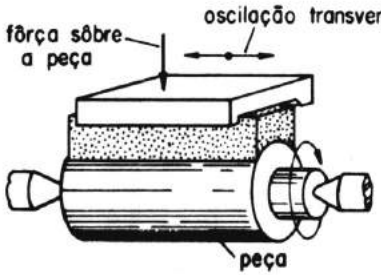
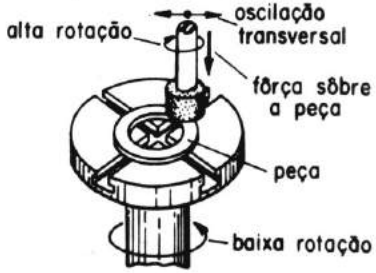


Fig.88-Super-acabamento plano



POLIMENTO

Fig.89-Polimento

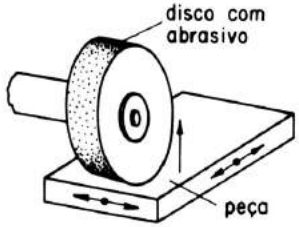
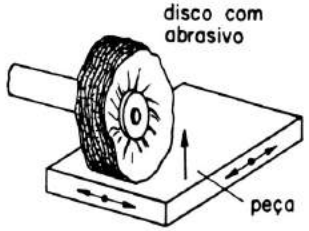


Fig.90-Polimento



LIXAMENTO

Fig.91-Lixamento com fôlhas abrasivas

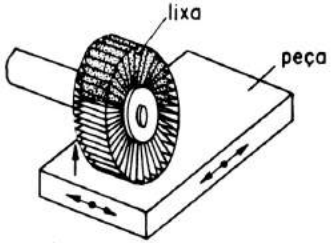
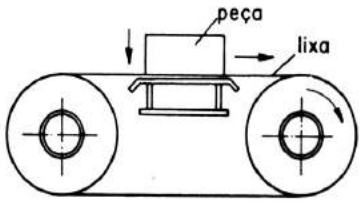
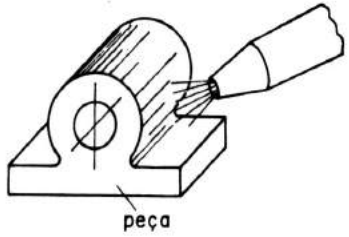


Fig.92-Lixamento com fita abrasiva



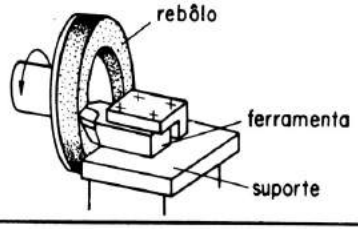
JATEAMENTO

Fig.93-Jatamento



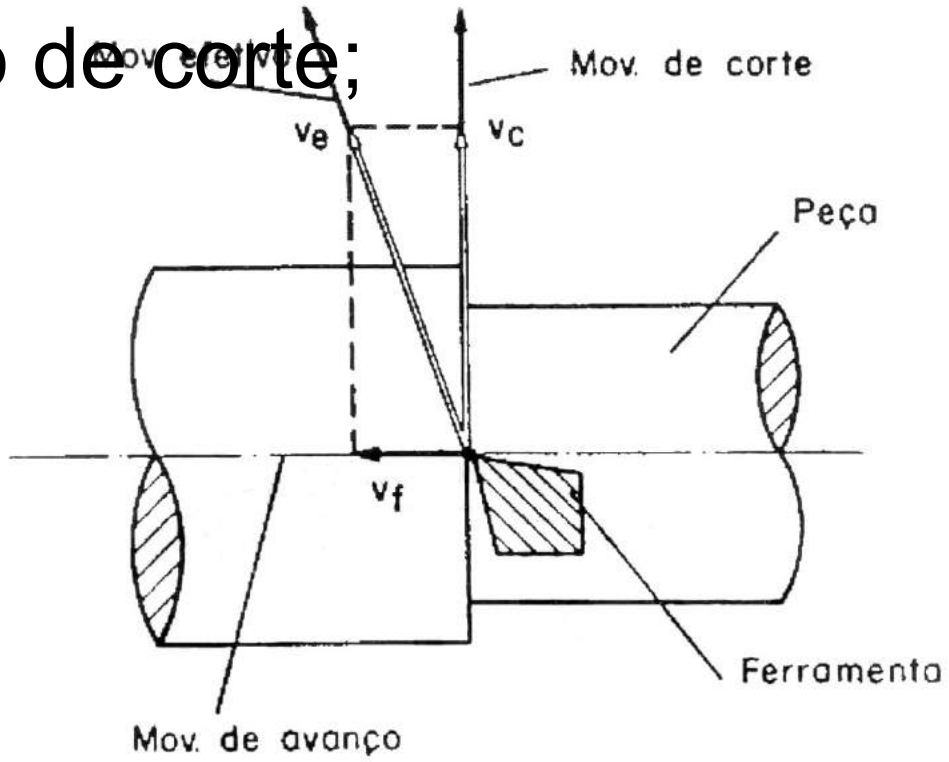
AFIAÇÃO

Fig.94-Afiação

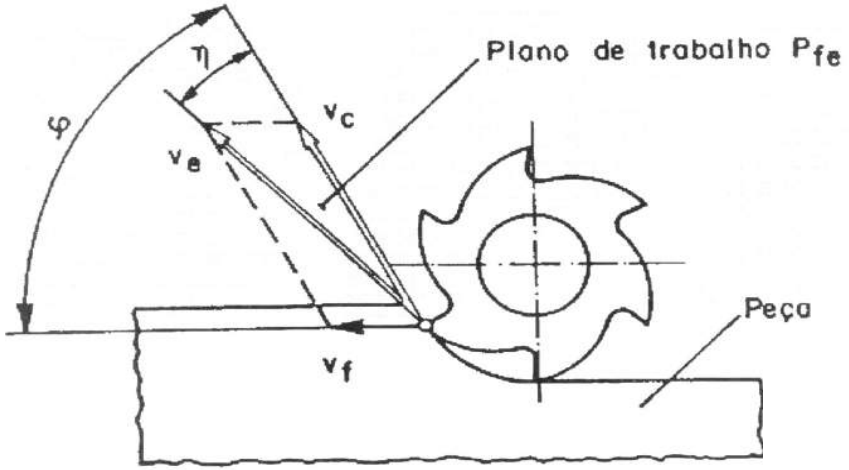


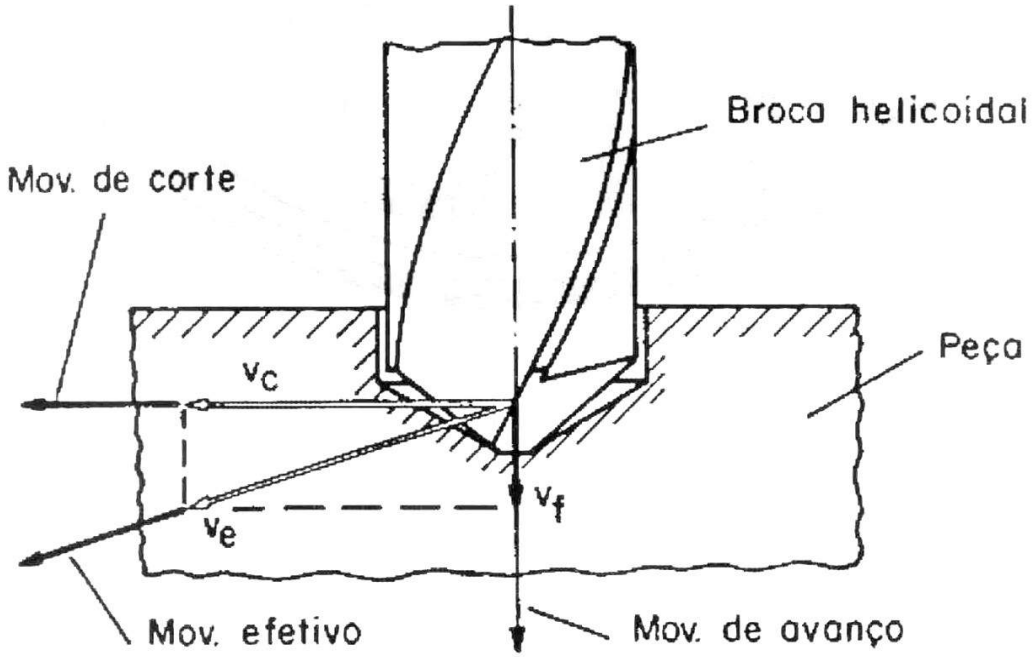
Movimentos na usinagem – NBR6162

- Movimento corte;
- Movimento avanço;
- Movimento efetivo de corte;



Movimentos entre ferramentas e peças (FRESAMENTO E FURAÇÃO)





Movimentos secundários

- **Secundários:**
- - **Movimento posicionamento** (espessura do cavaco a ser removido);
- - **Movimento de correção** (desgaste da ferramenta);
- - **Movimento aproximação** (aproxima a ferramenta da peça);
- - **Movimento de recuo** (afasta a ferramenta da peça

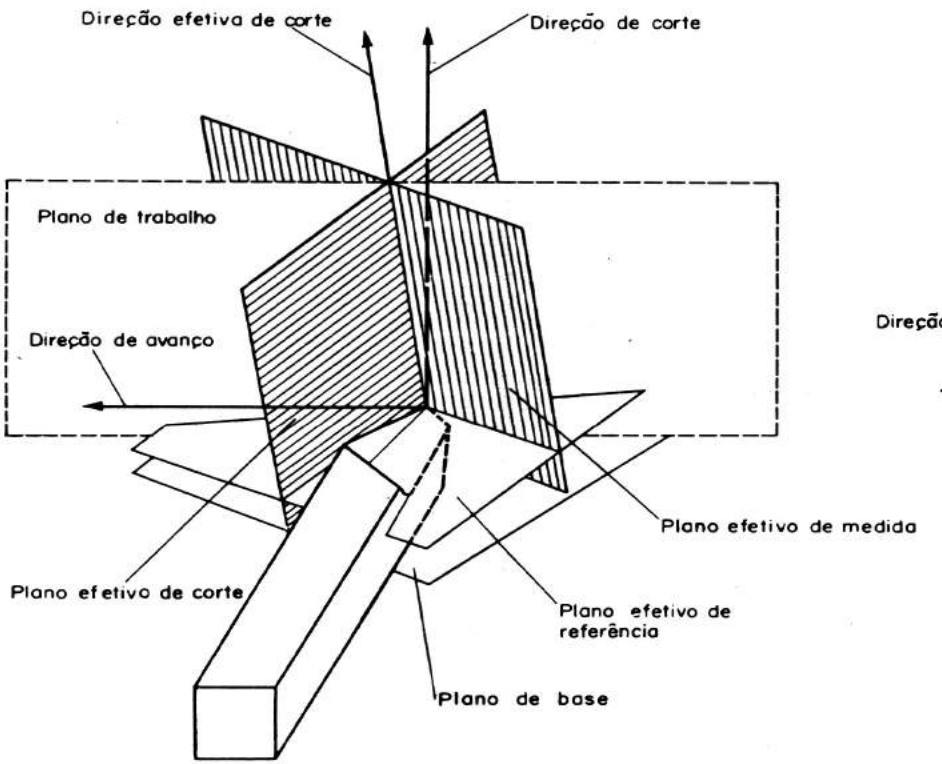
Percursos

- **Percurso de corte (l_c):** deslocamento do ponto de referência na direção e sentido do movimento de corte;
- **Percurso de avanço (l_f):** deslocamento da ferramenta na direção e sentido do movimento de avanço;
- **Percurso efetivo (l_e):** soma dos elementos de percurso, segundo o movimento efetivo;

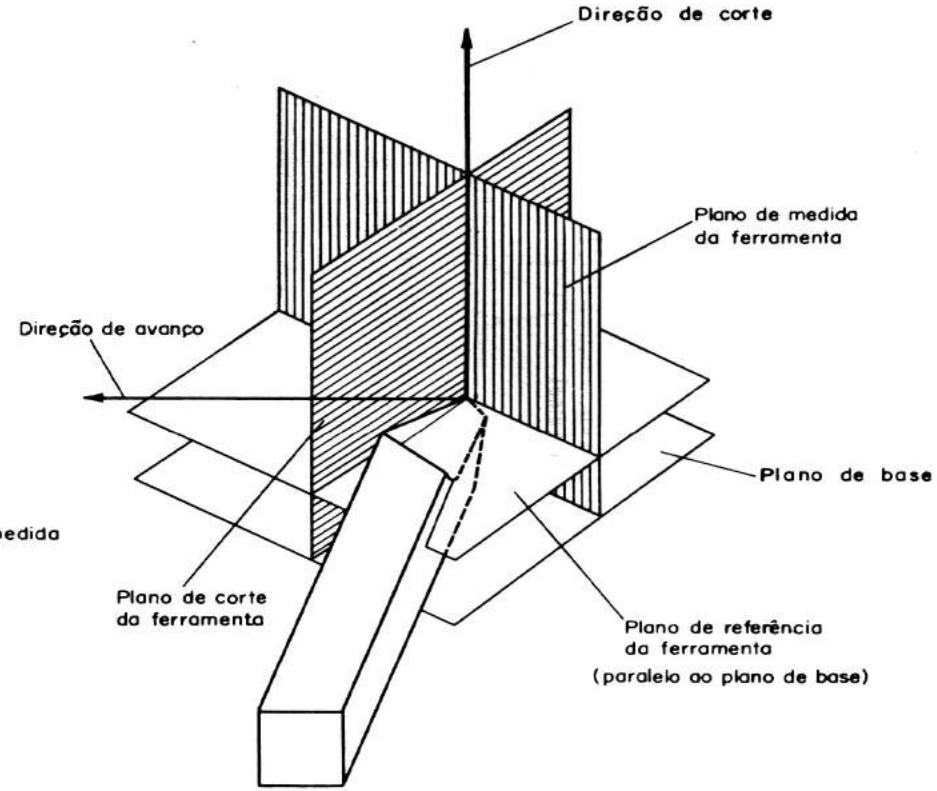
Percursos secundários

- ✓ **Percurso de ajuste (l_z);**
- ✓ **Percurso de correção (l_n);**
- ✓ **Percurso de aproximação (l_a);**
- ✓ **Percurso de recuo (l_r);**

PLANOS



Sistema efetivo de referência de uma ferramenta de tôrno.



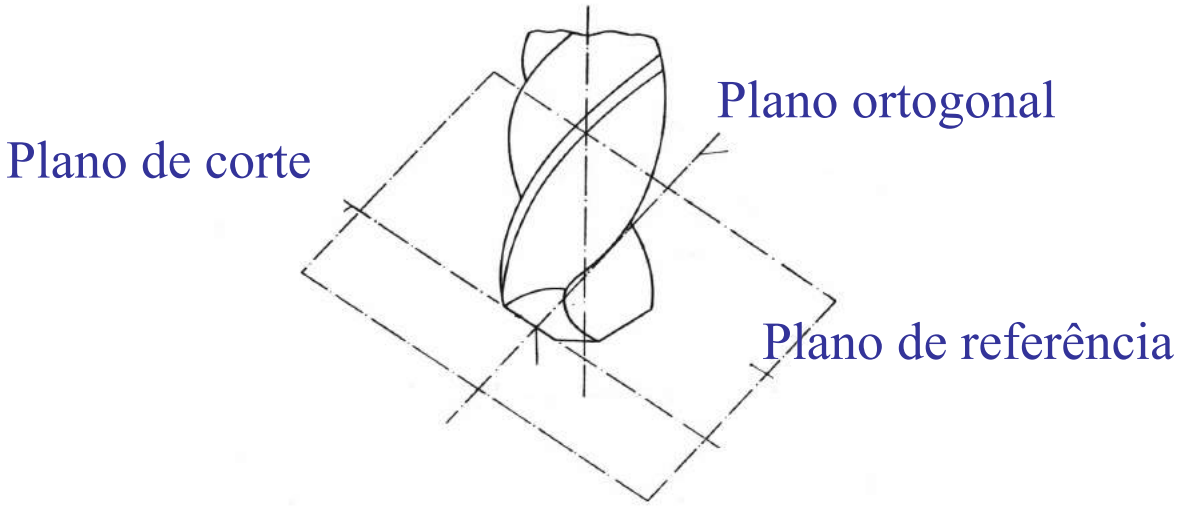
Sistema de referência da ferramenta de tôrno.

PLANOS - BROQUEAMENTO

• **Plano de referência da broca:** é um plano que contém o eixo da broca e passa pelo ponto de referência da aresta principal de corte;

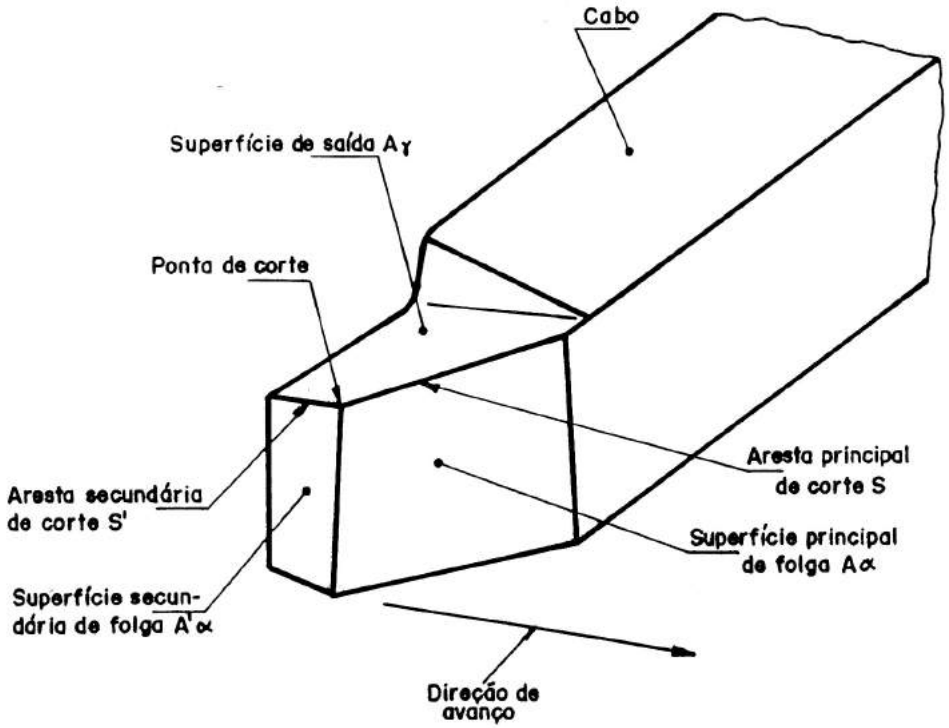
• **Plano de corte da broca:** é um plano que contém a aresta principal de corte e é perpendicular ao plano de referência;

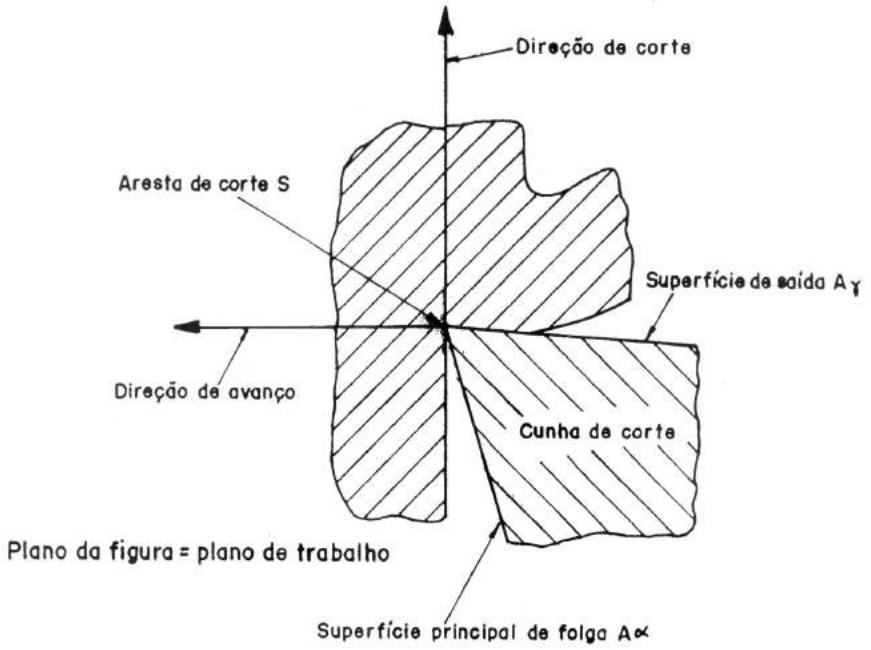
• **Plano ortogonal da broca:** é um plano perpendicular aos planos de referência e de corte, passando pelo ponto de referência da aresta principal de corte.



TORNEAMENTO – GEOMETRIA DA CUNHA

NB-205

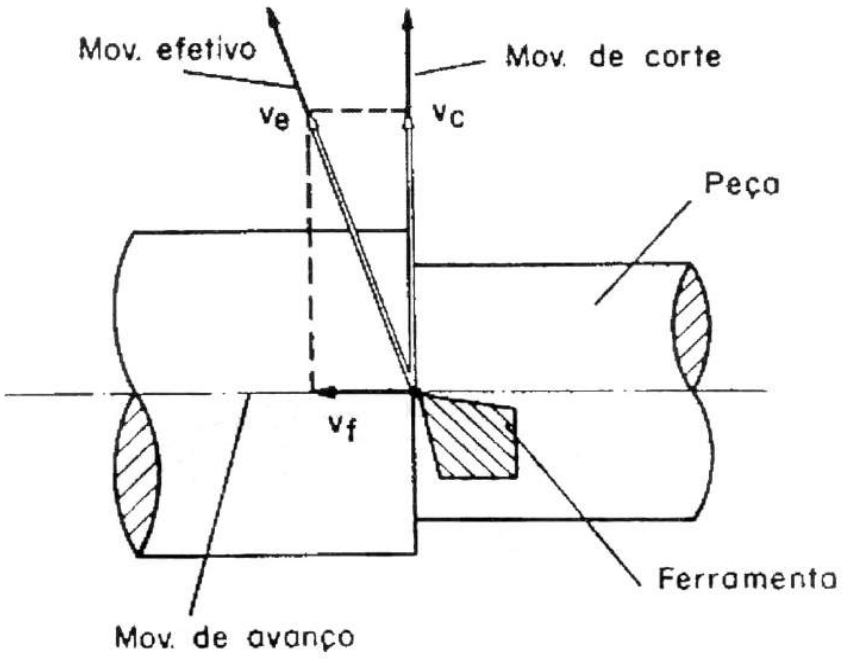




PRINCIPAIS ANGULOS DA CUNHA DE CORTE

$\alpha+\beta+\gamma=90°$

Ângulo de cunha



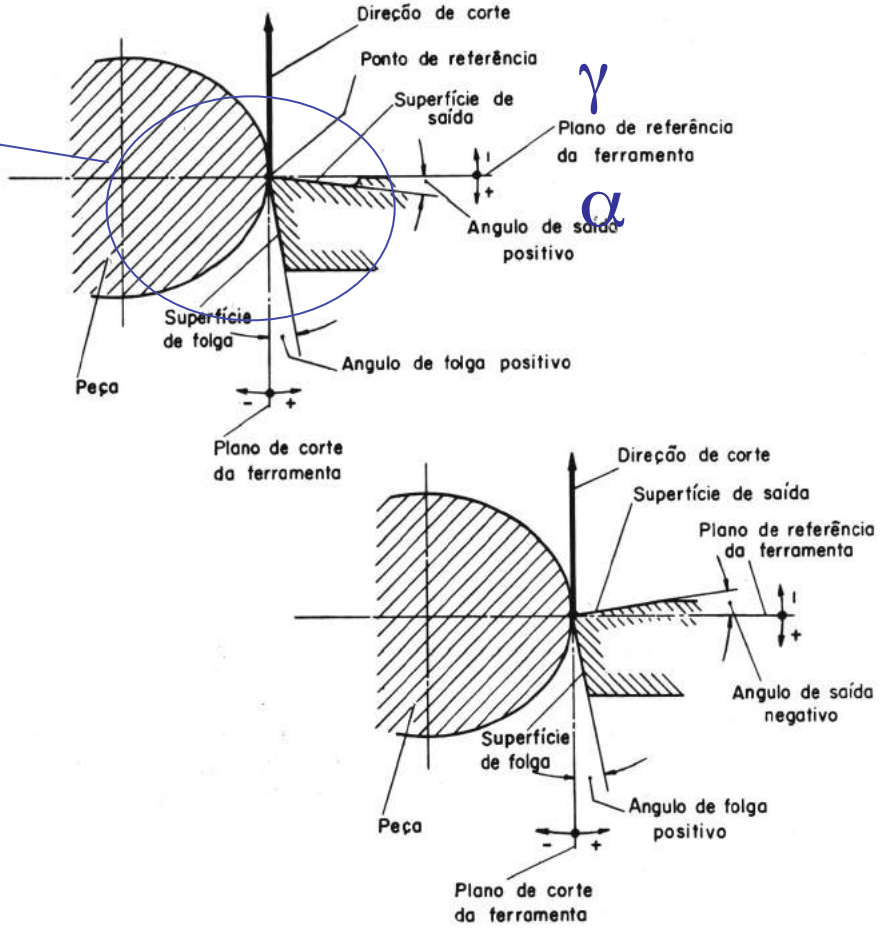
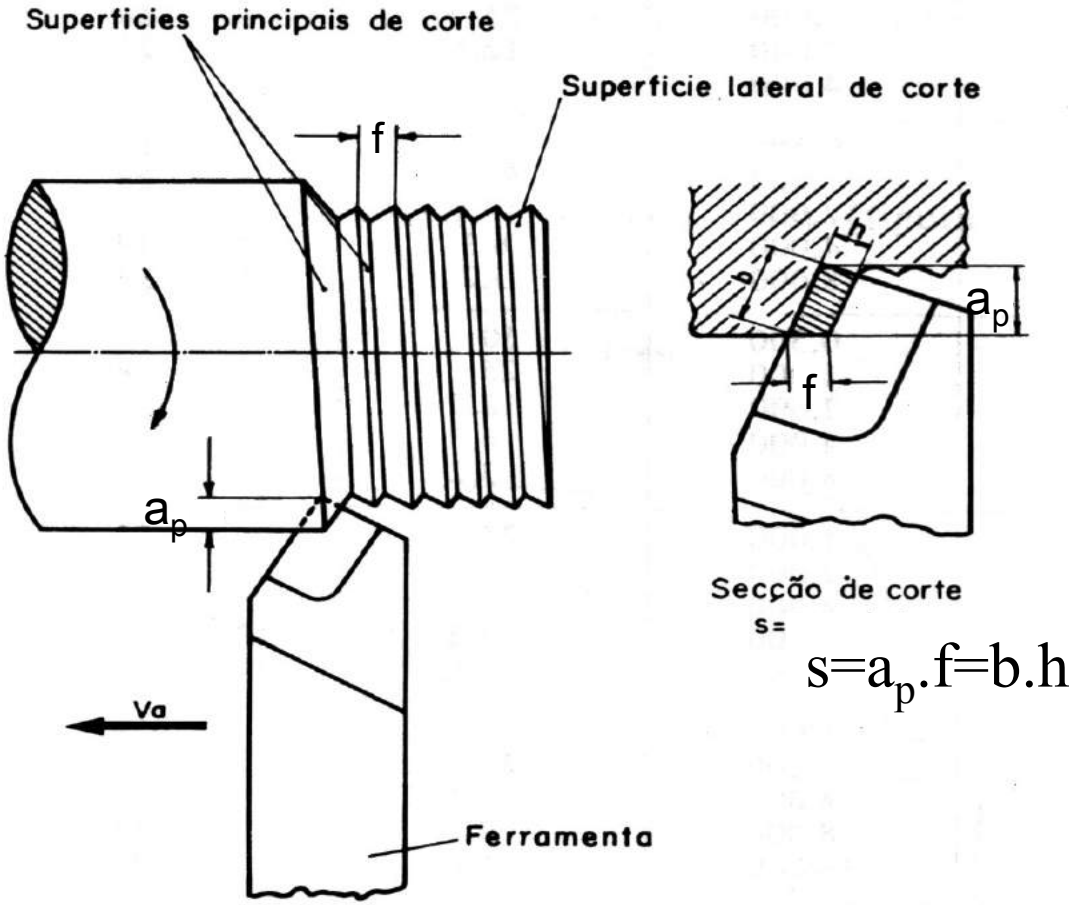


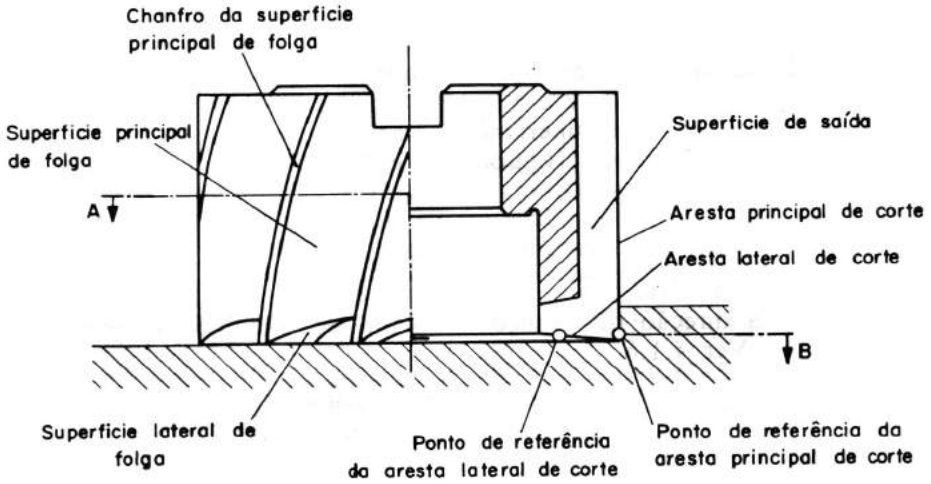
FIG. 2.14 — Designação dos ângulos de folga e de saída.

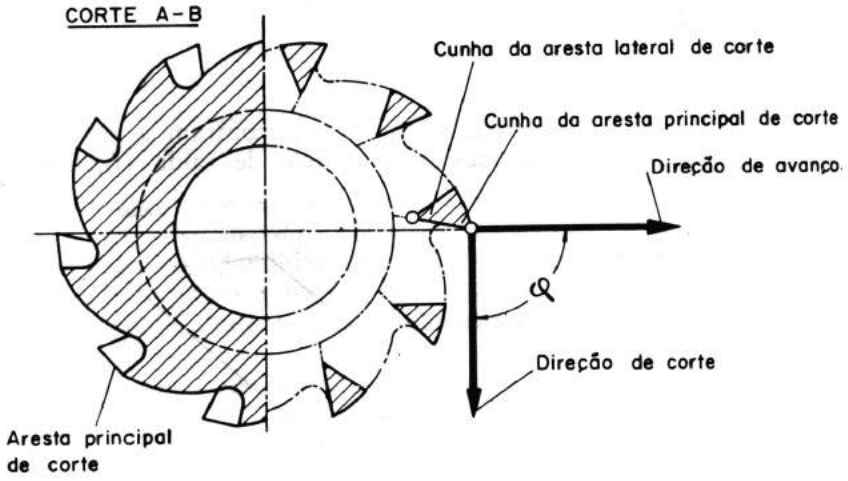
SUPERFÍCIE PRINCIPAL E LATERAL DE CORTE



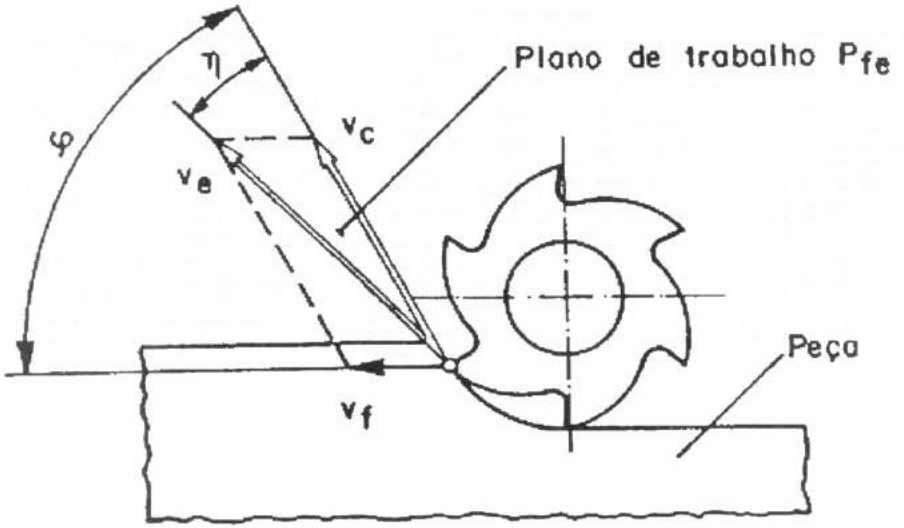
$s=a_p.f=b.h$

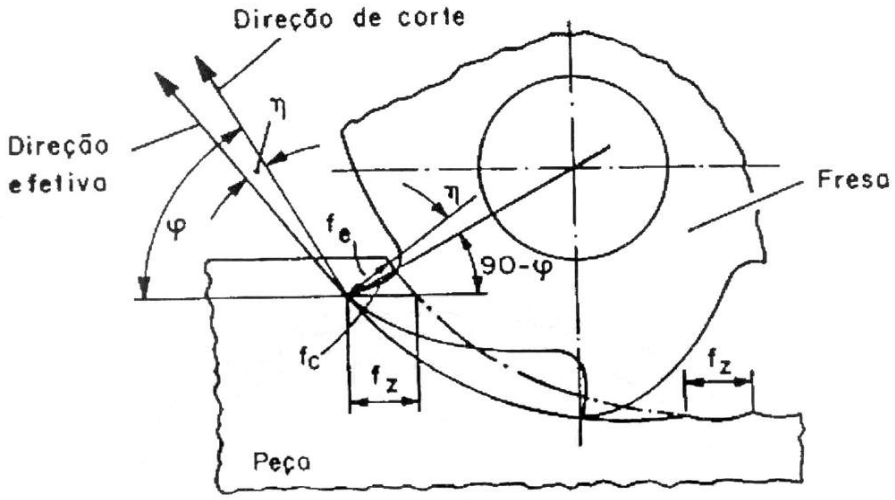
FRESAMENTO


Chanfro da superficie principal de folga
Superficie principal de folga
A
Superficie de saída
Aresta principal de corte
Aresta lateral de corte
B
Superficie lateral de folga
Ponto de referência da aresta lateral de corte
Ponto de referência da aresta principal de corte

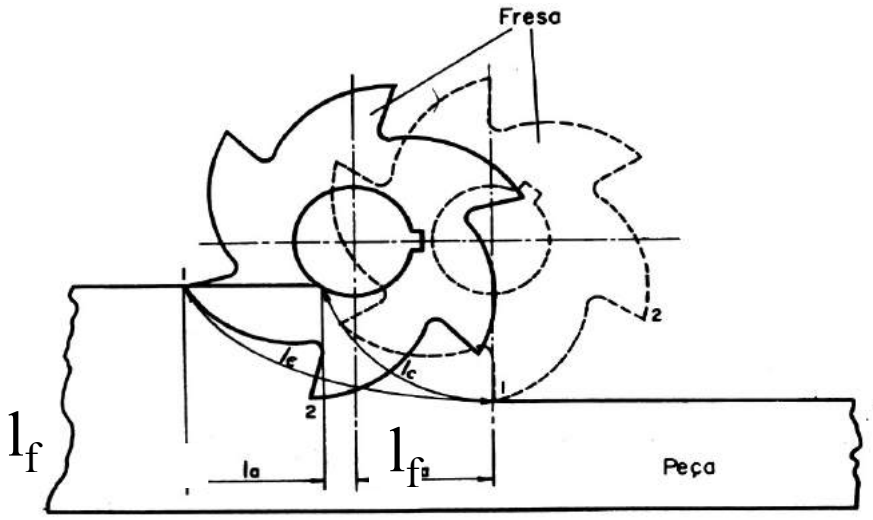

CORTE A-B
Cunha da aresta lateral de corte
Cunha da aresta principal de corte
Direção de avanço
Direção de corte
Aresta principal de corte

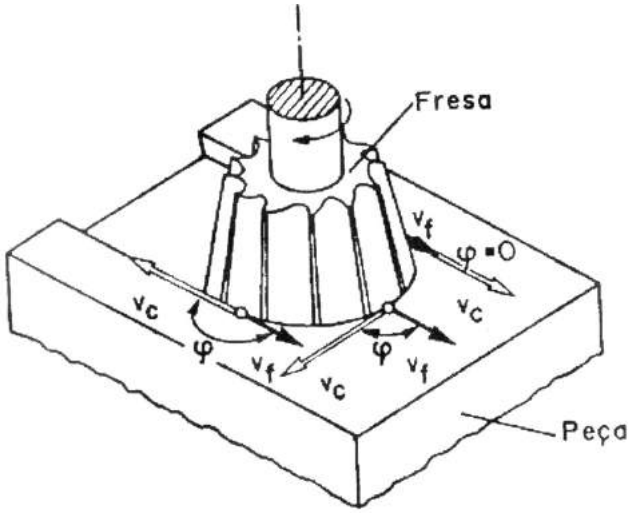
PLANOS E DIREÇÕES - FRESAMENTO

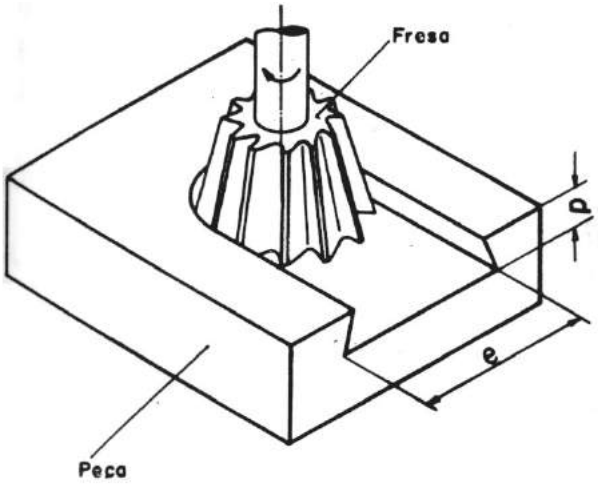


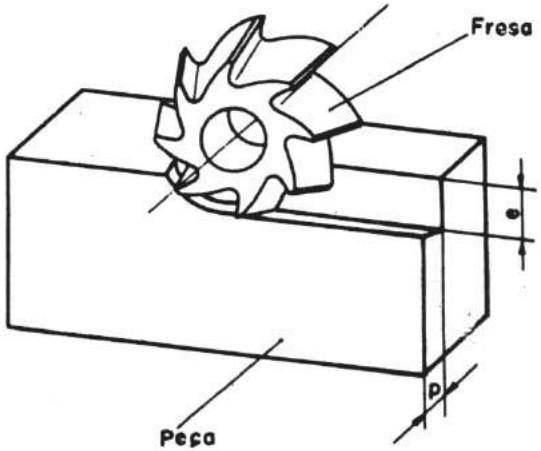


AVANÇO E PROFUNDIDADE DE CORTE

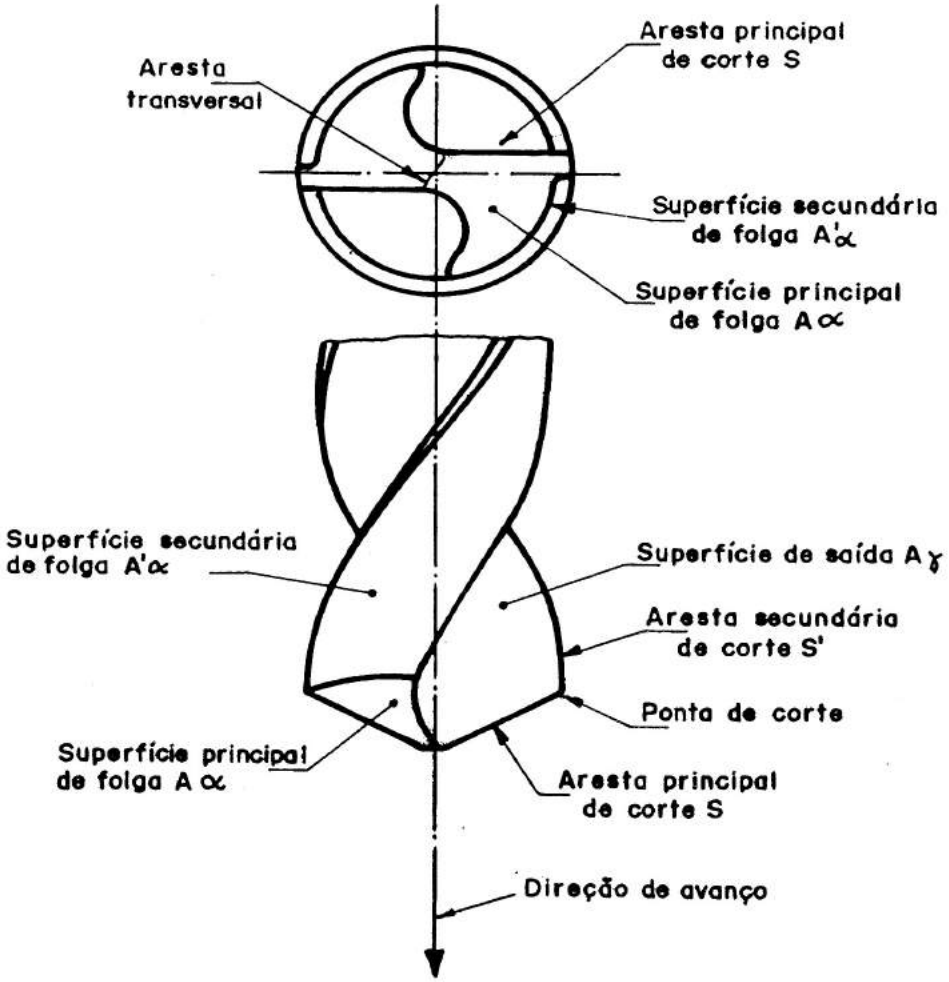




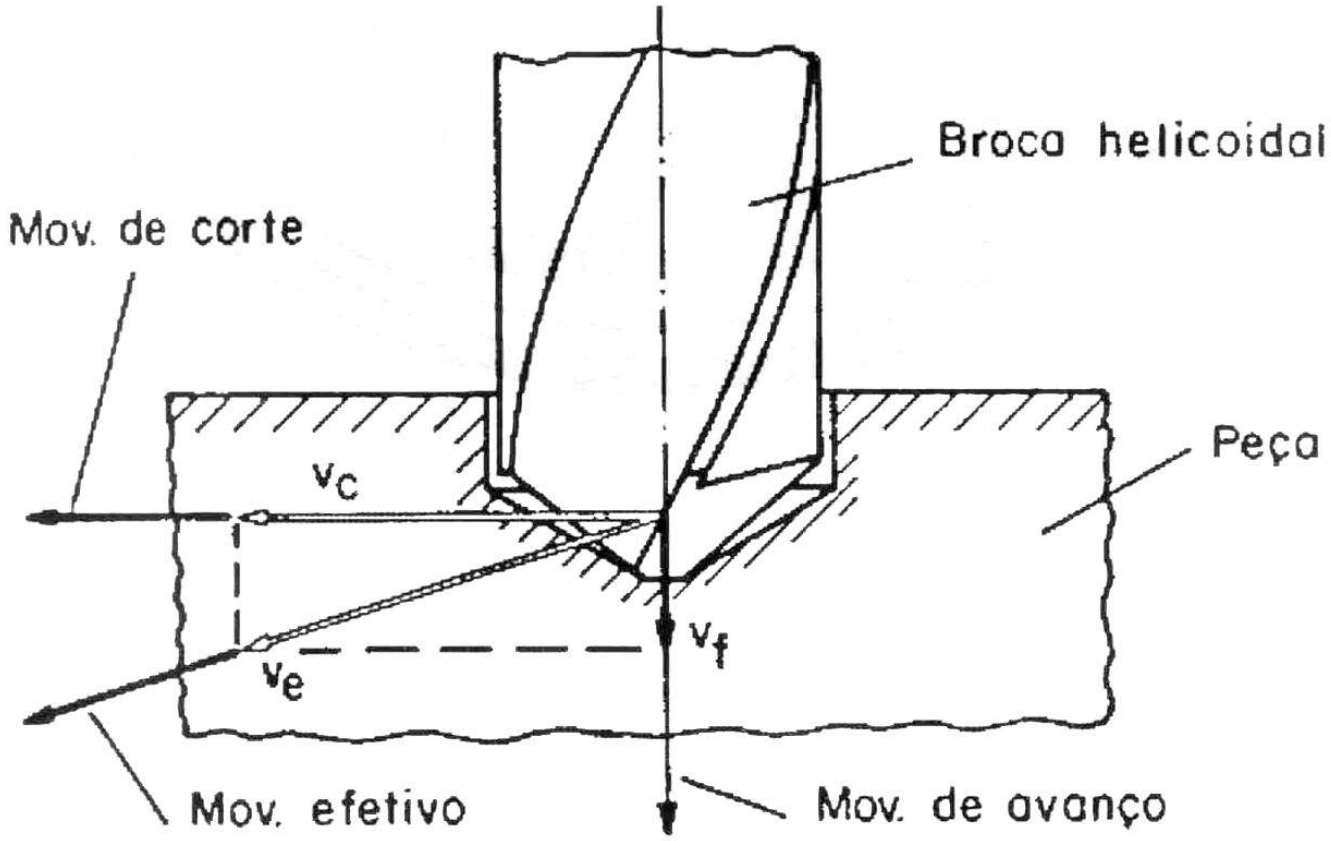




FURAÇÃO


Aresta principal de corte S
Aresta transversal
Superfície secundária de folga A'α
Superfície principal de folga Aα
Superfície secundária de folga A'α
Superfície de saída Aγ
Aresta secundária de corte S'
Ponta de corte
Superfície principal de folga Aα
Aresta principal de corte S
Direção de avanço

MOVIMENTOS - FURAÇÃO



Velocidade de corte (v_c)

É definida como sendo a velocidade instantânea do movimento de corte, no ponto de corte escolhido.

$$perímetro = \pi.d$$

$$vel = \frac{deslocamento\ (m)}{tempo\ (s)}$$

$$V_C = \frac{\pi.d.n}{1000}\left[m/\min\right]$$

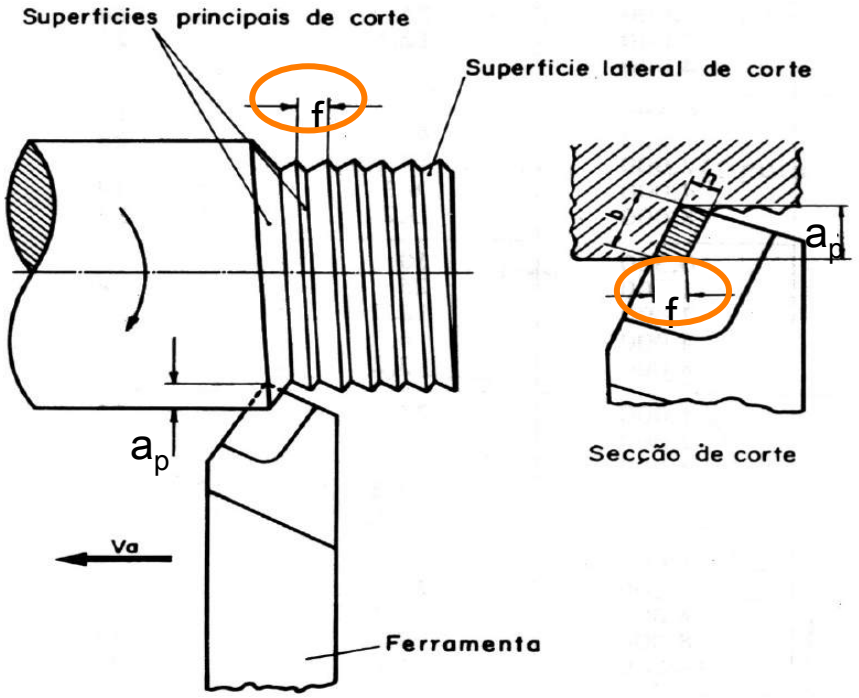
$$V_C \rightarrow [m/\min]$$

$$d \rightarrow [mm]$$

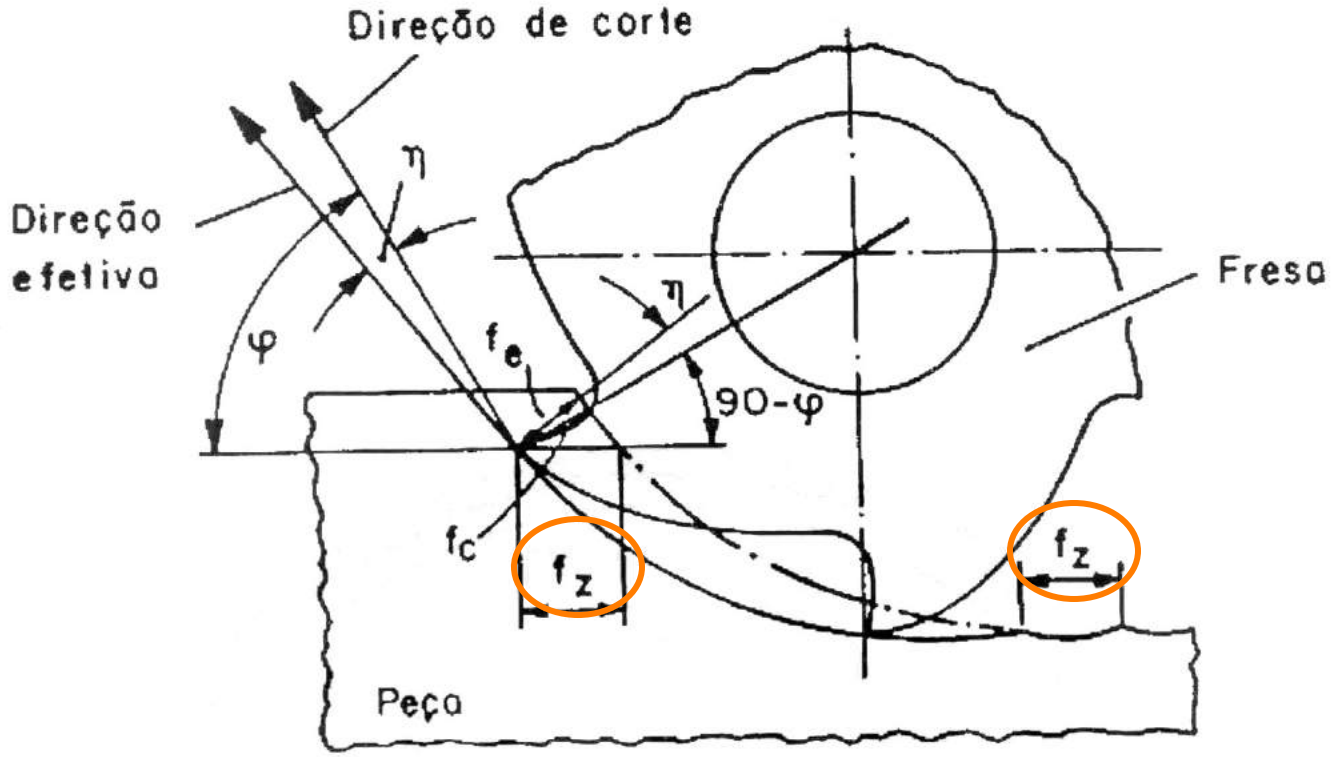
$$n \rightarrow [rpm]$$

Avanço (f)

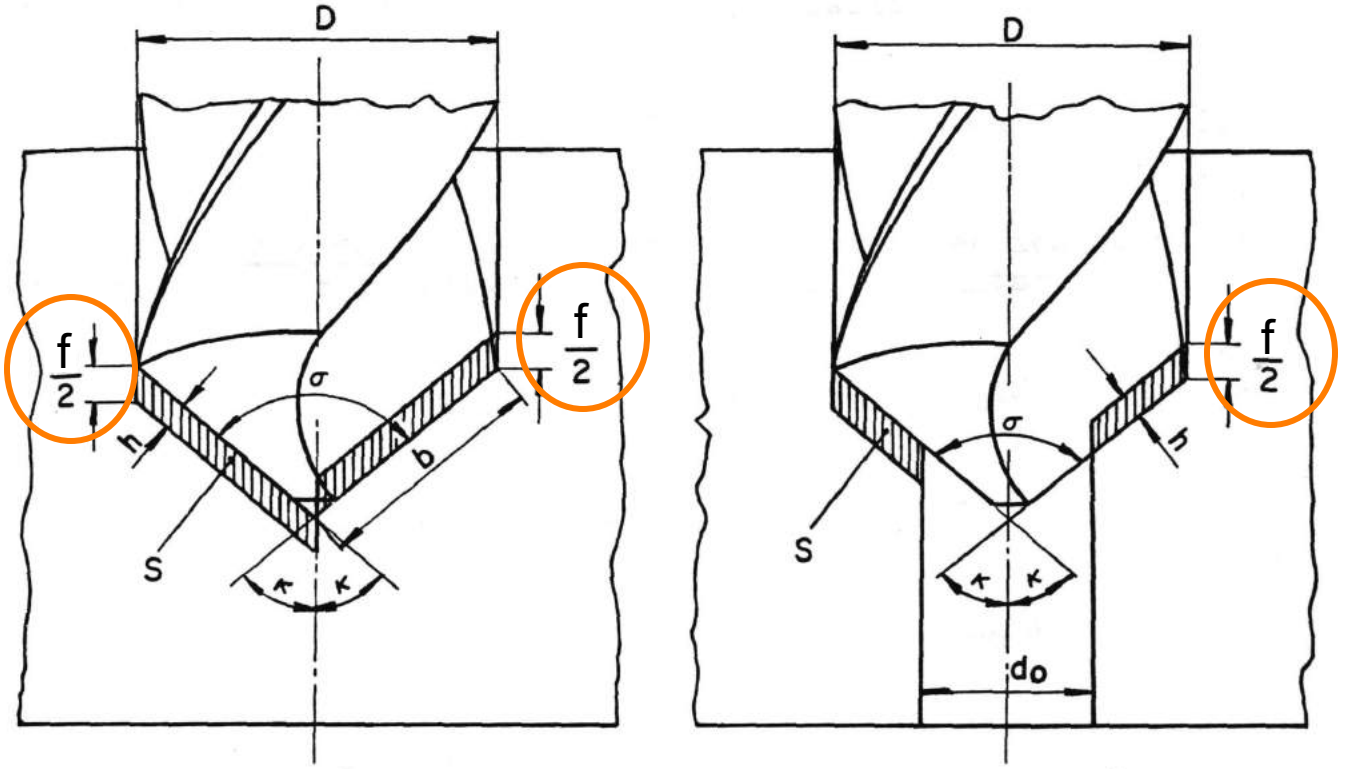
Avanço por rotação ou curso, ocorrido entre a ferramenta e a peça e medido no plano de trabalho



AVANÇO POR DENTE DE CORTE

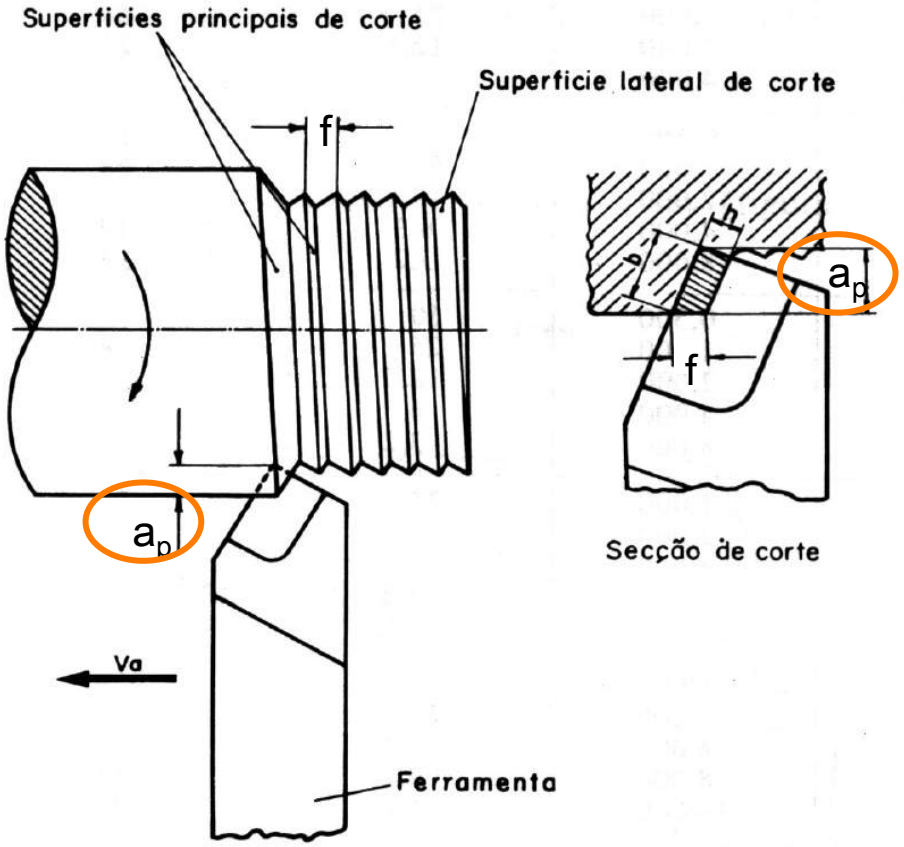


AVANÇO NA FURAÇÃO

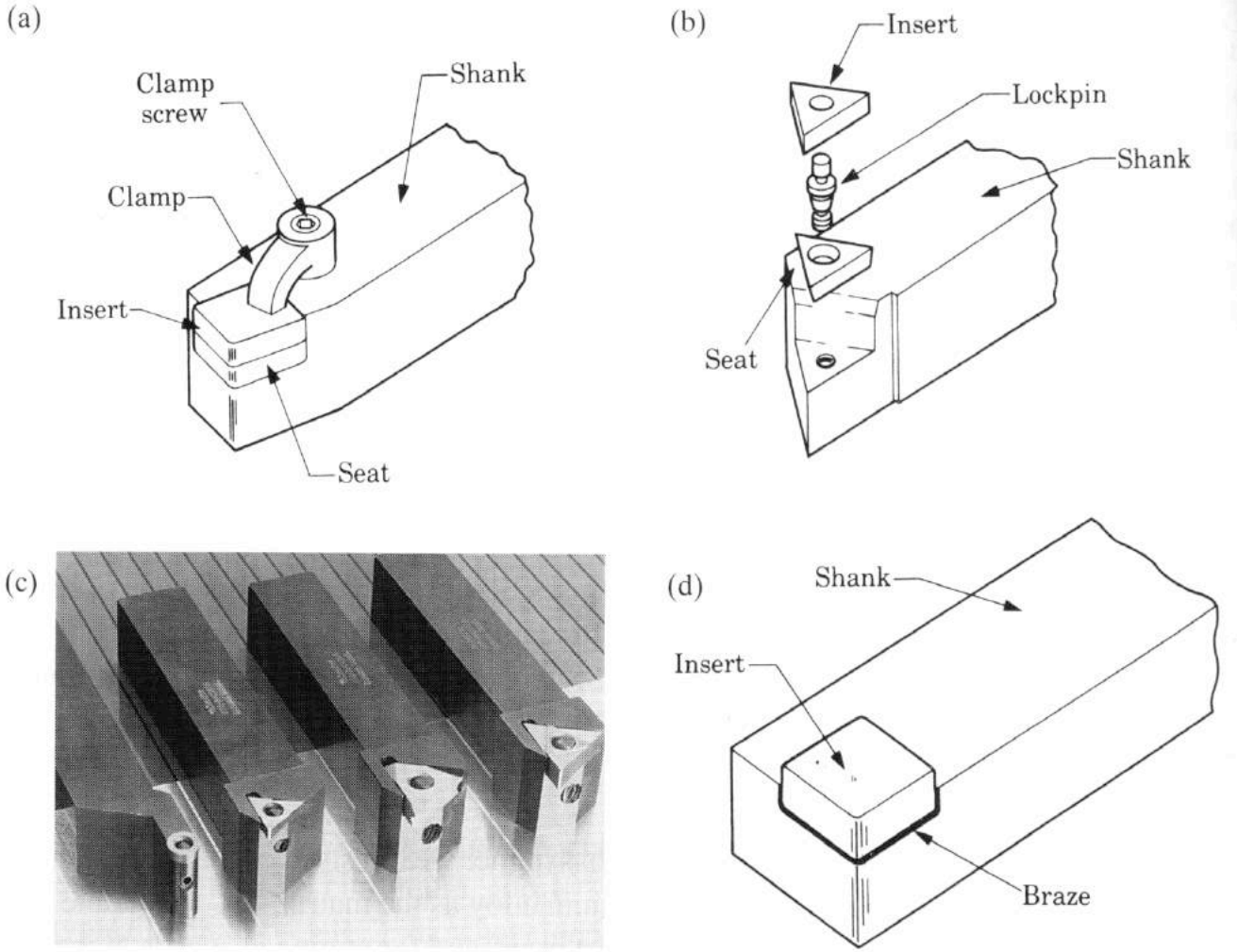


Profundidade de corte (a_p)

Profundidade ou largura de penetração da ferramenta em relação à peça, medida perpendicularmente ao plano de trabalho.

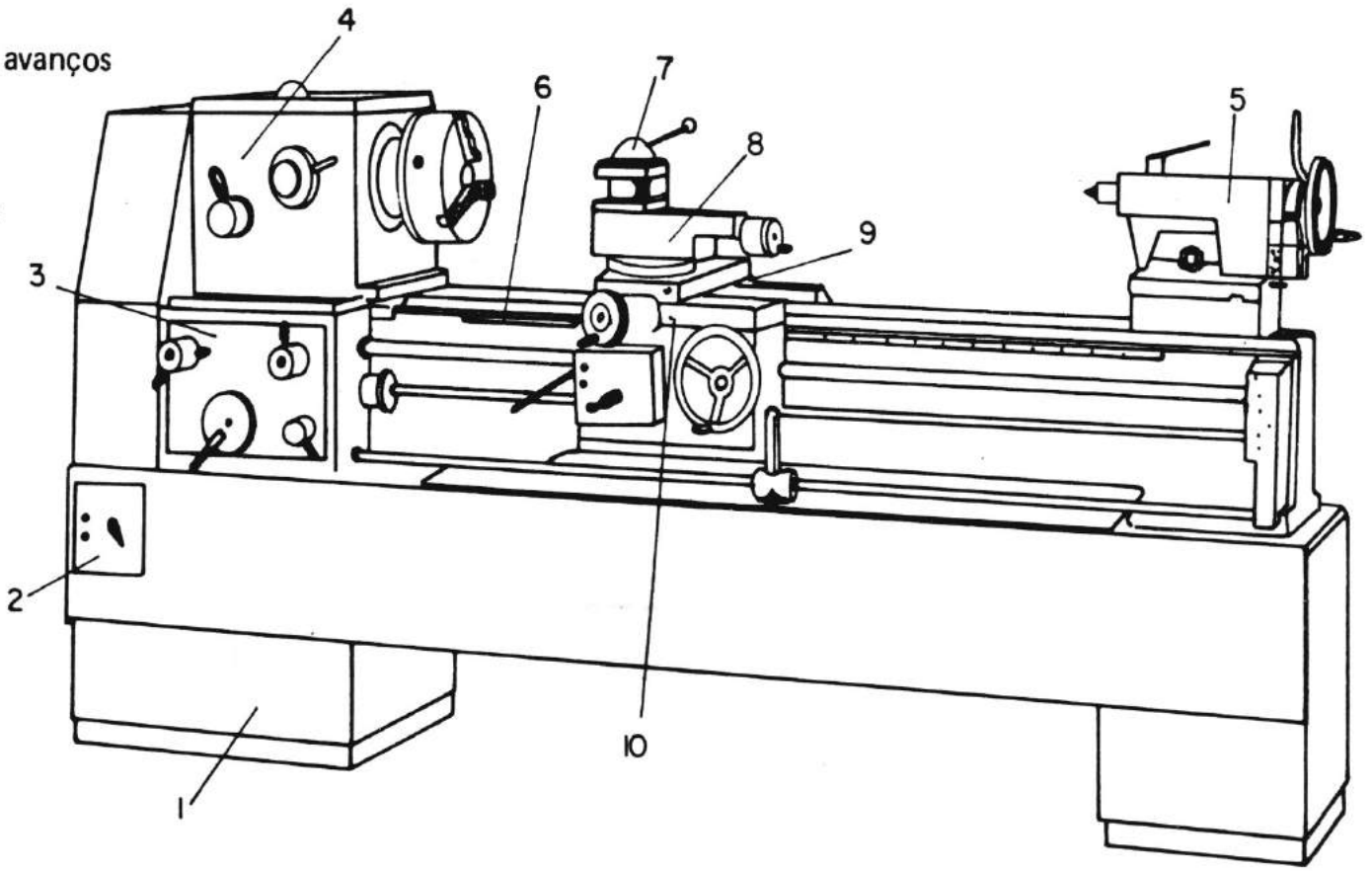


Ferramentas para torneamento

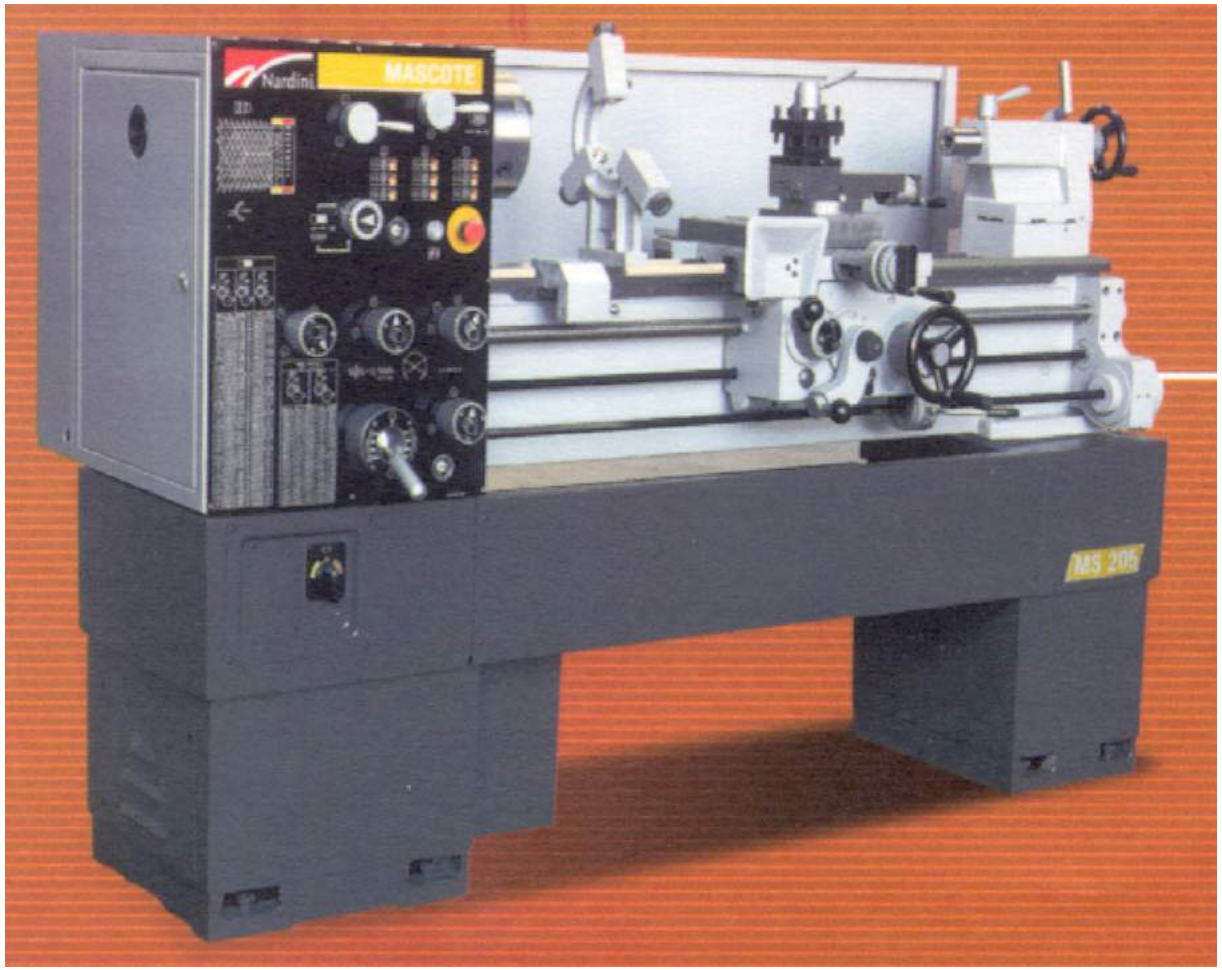


TORNO

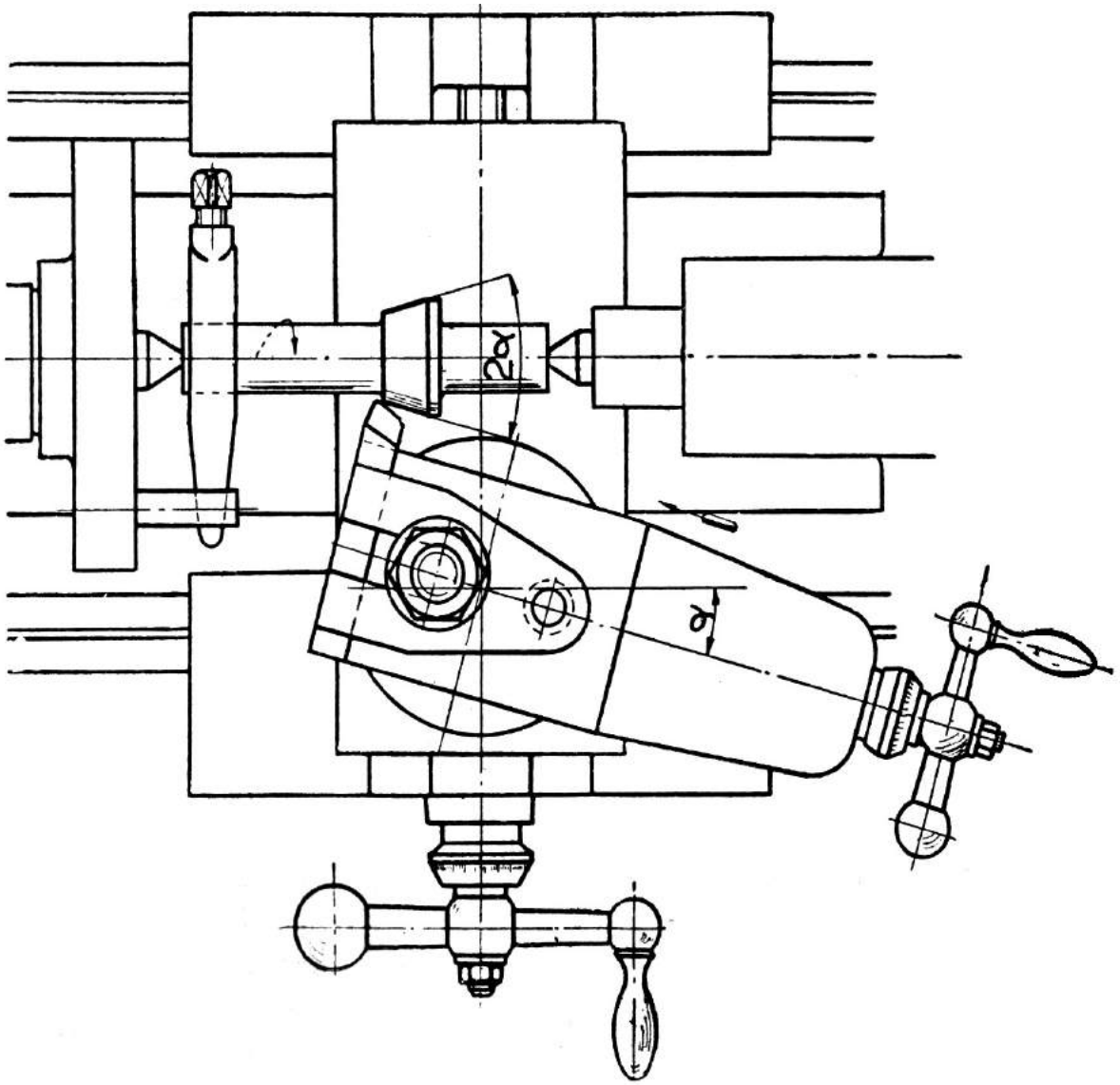
1 - coluna
2 - chave geral
3 - caixa de roscas e avanços
4 - cabeçote fixo
5 - cabeçote móvel
6 - barramento
7 - porta-ferramenta
8 - carro superior
9 - carro transversal
10 - carro principal



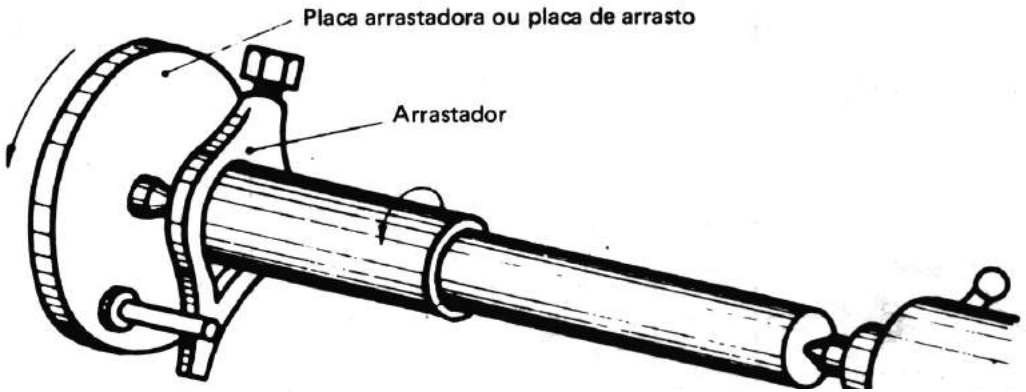
Torno paralelo mecânico universal

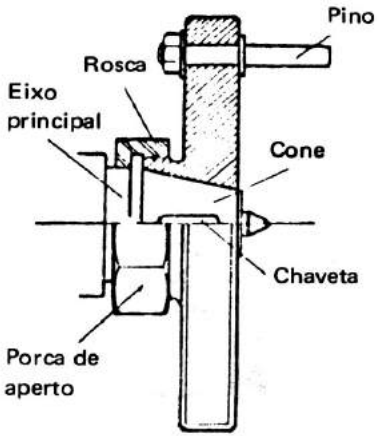


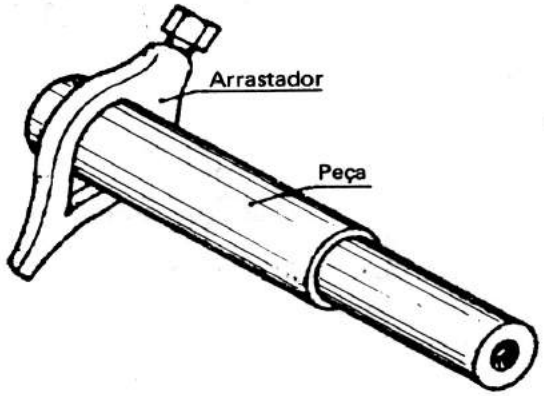
Mecanismo para torneamento conico



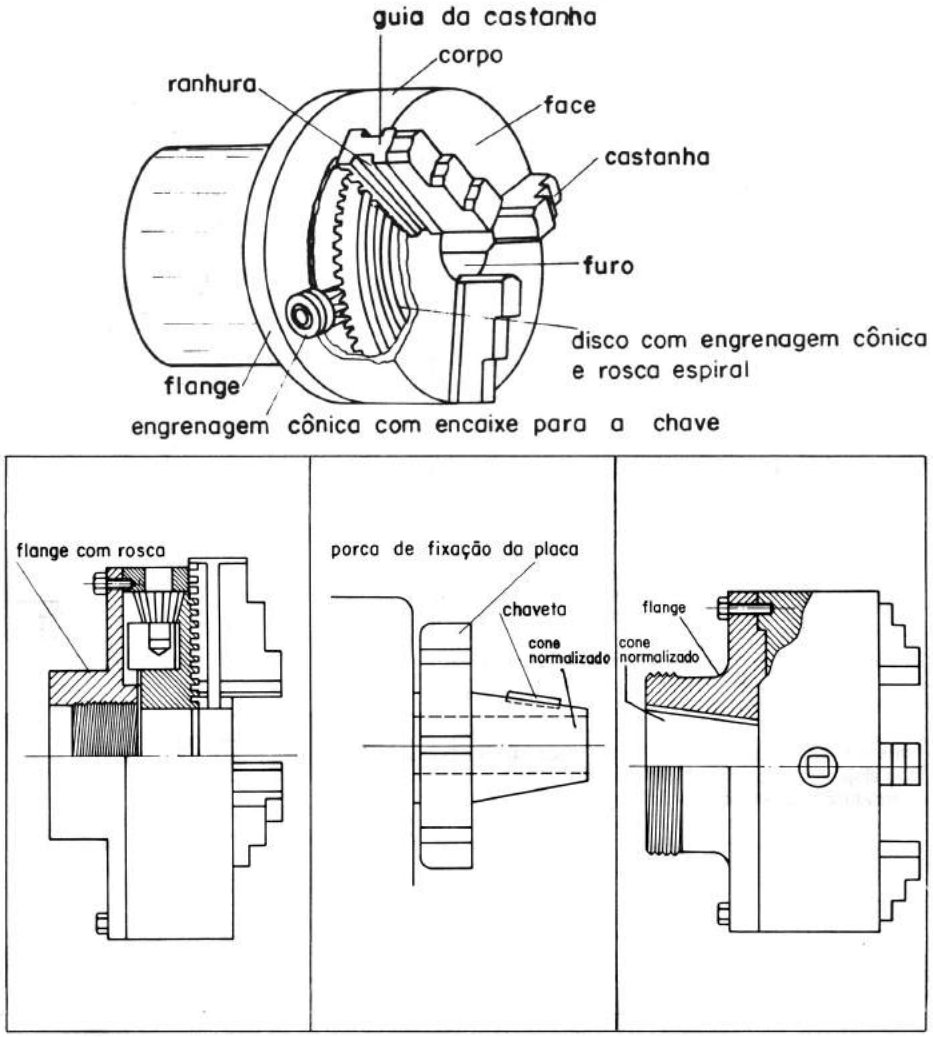
Placa de arraste



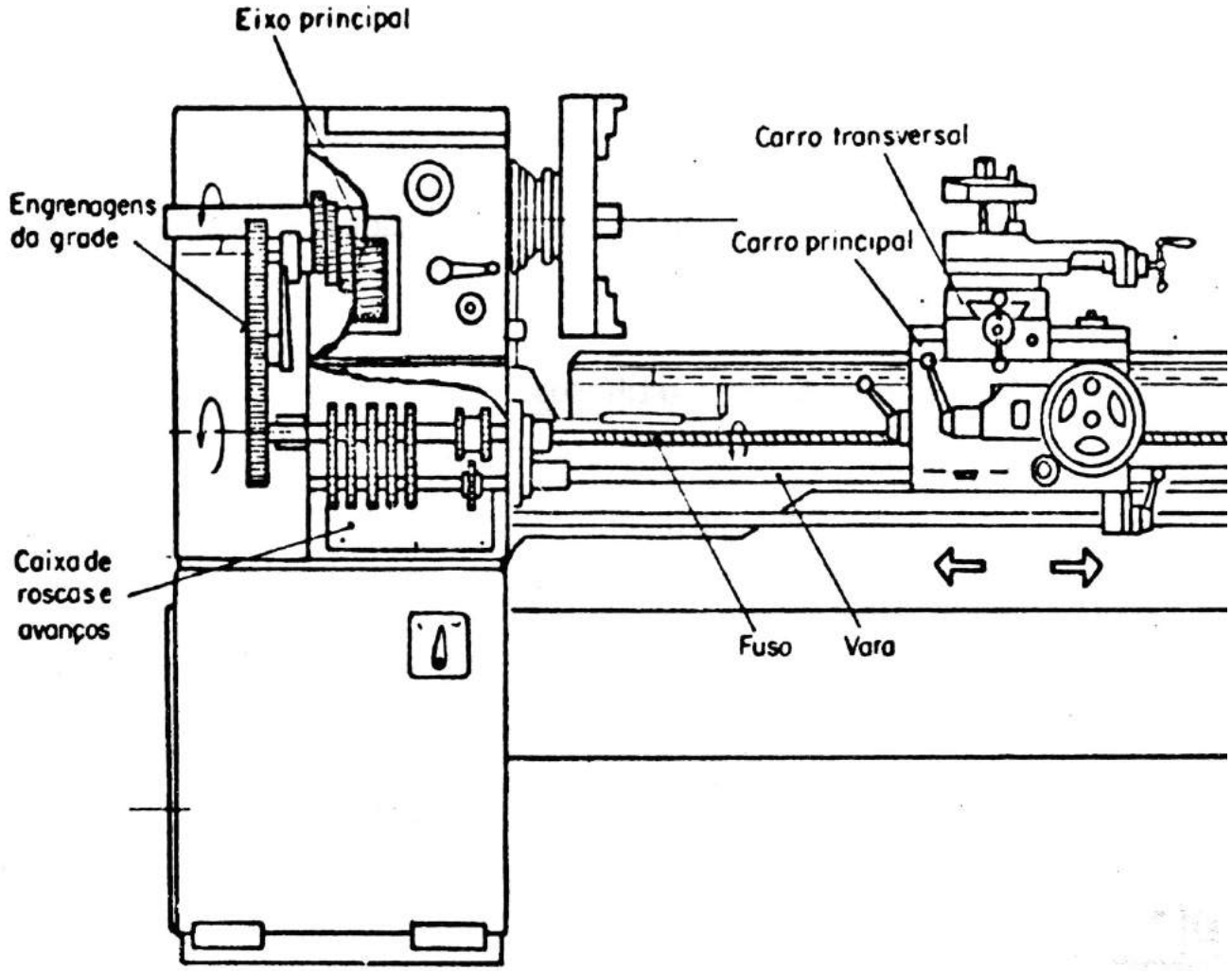




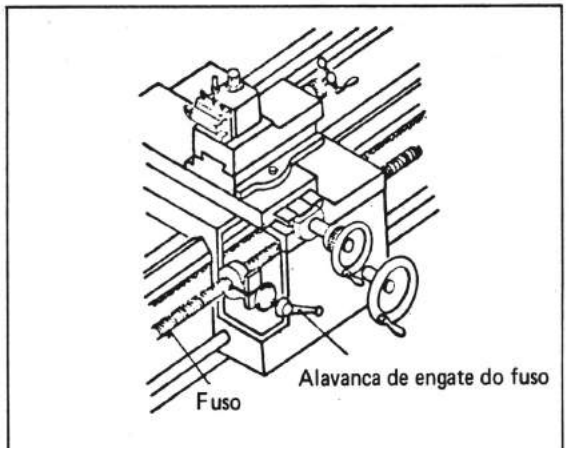
Placa auto-centrante

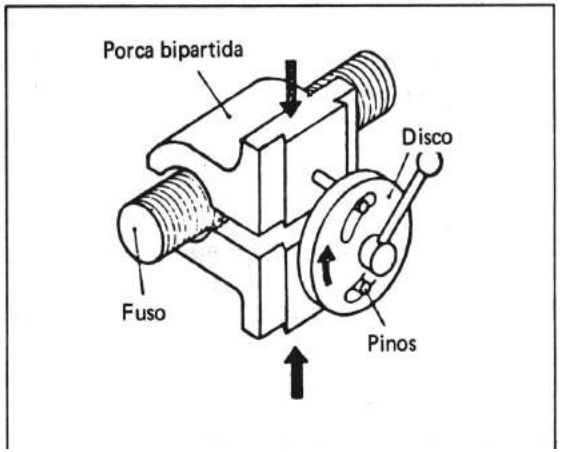


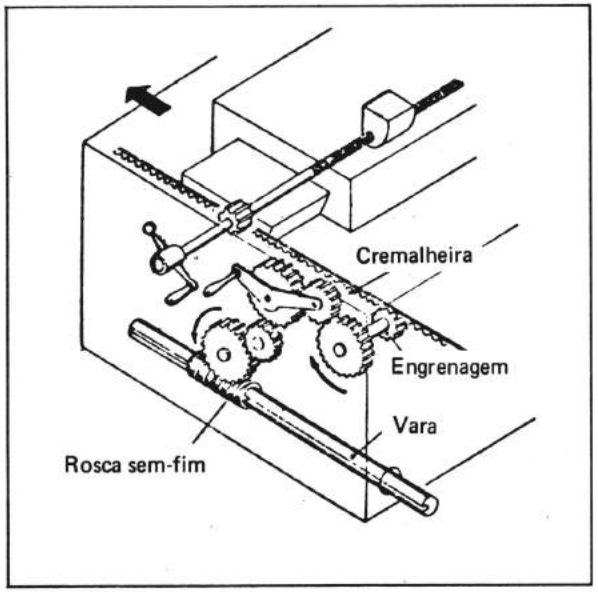
Sincronismo entre eixo-árvore e fusos

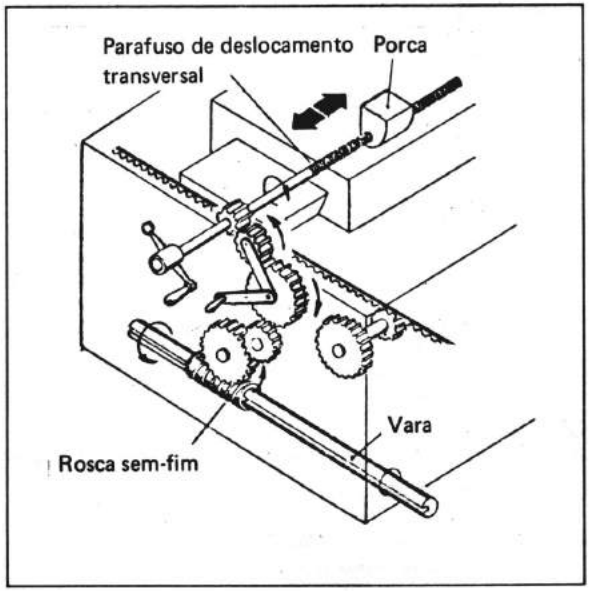


Acionamento do varão liso

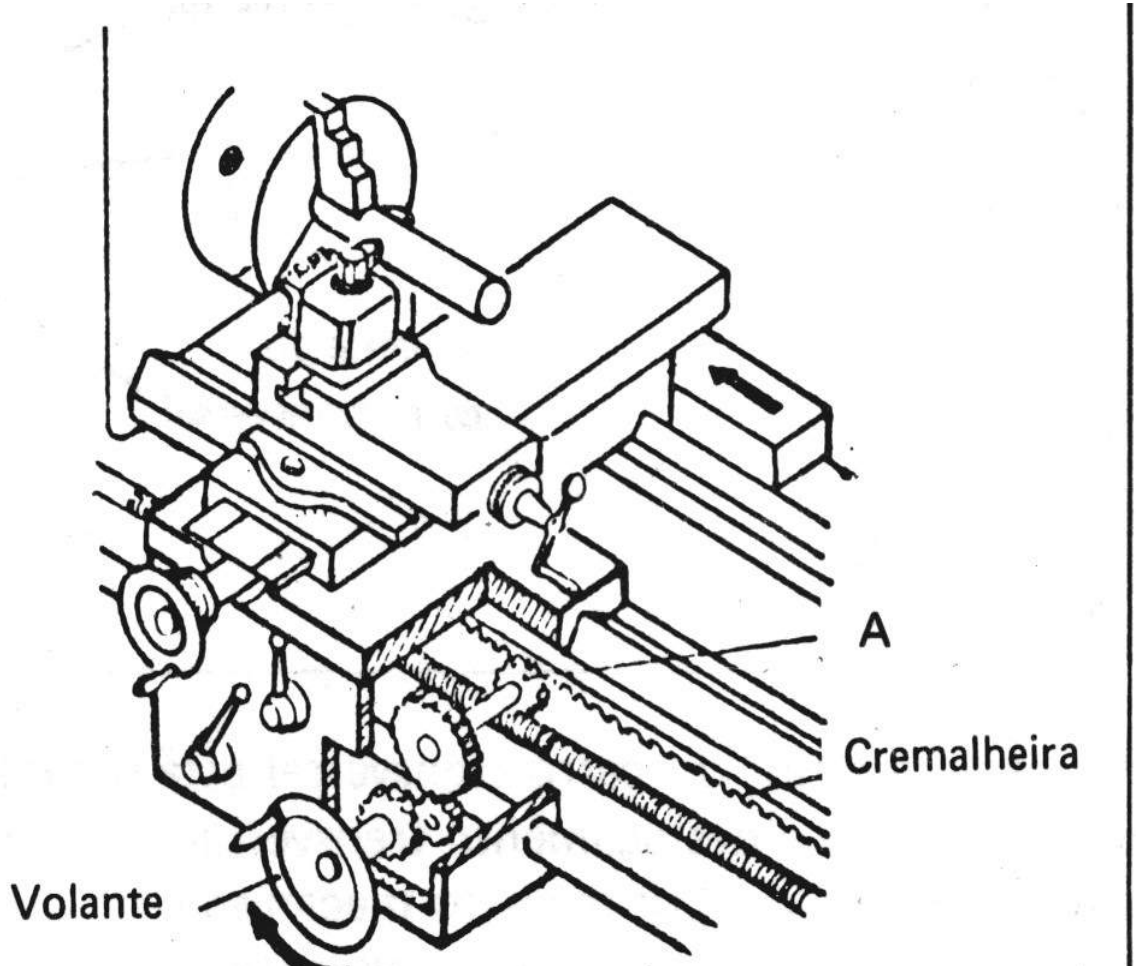






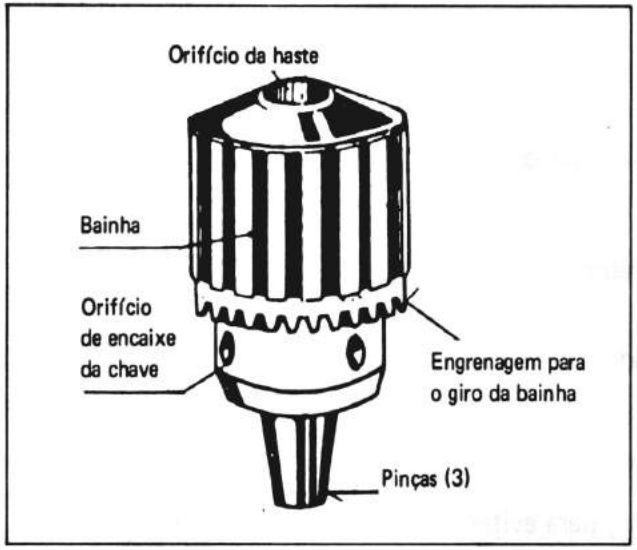


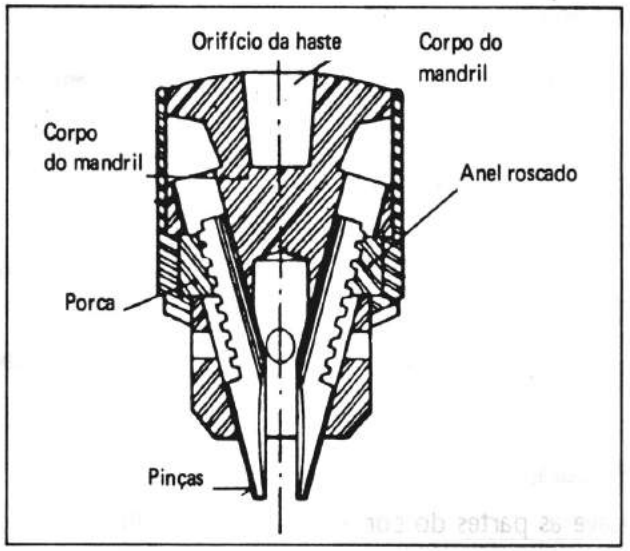
Mecanismo de avanço

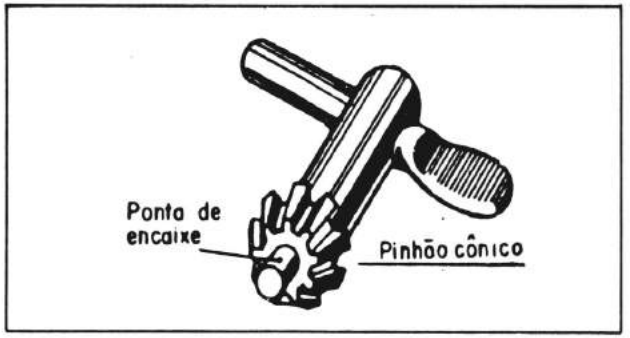


Mandril

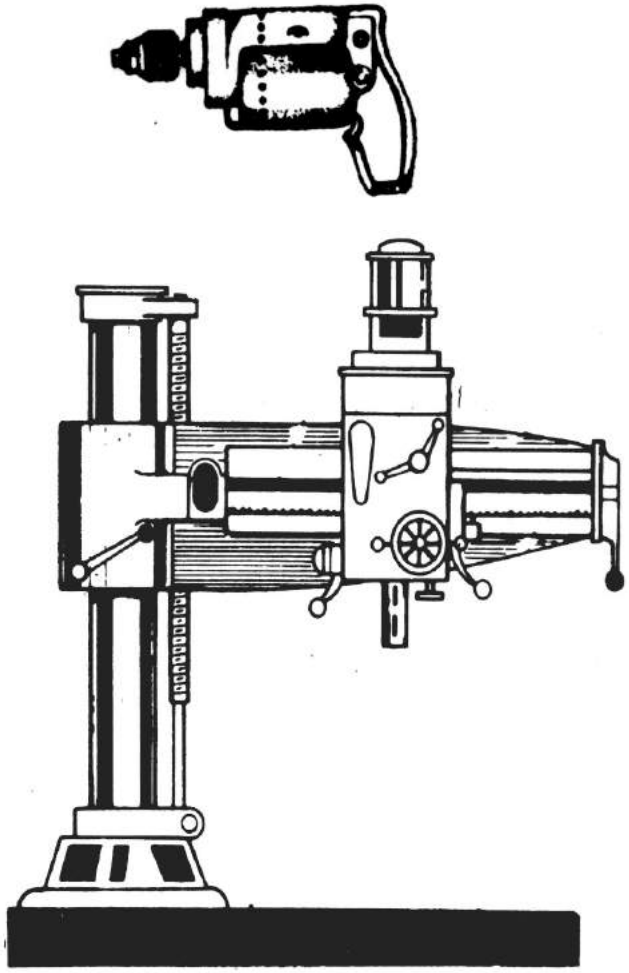
Eixo porta broca
Bucha cônica de redução
Haste cônica da broca


Orifício da haste
Bainha
Orifício de encaixe da chave
Engrenagem para o giro da bainha
Pinças (3)

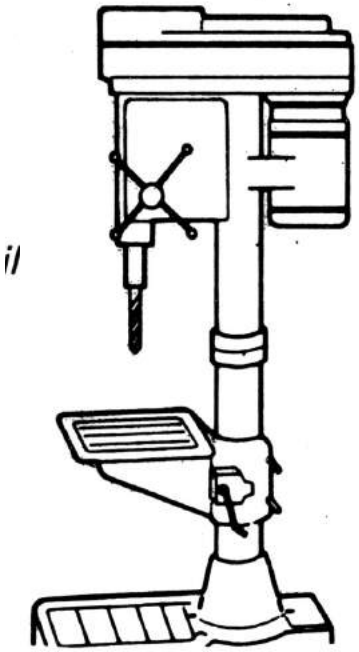

Orifício da haste
Corpo do mandril
Corpo do mandril
Anel roscado
Porca
Pinças


Ponta de encaixe
Pinhão cônico

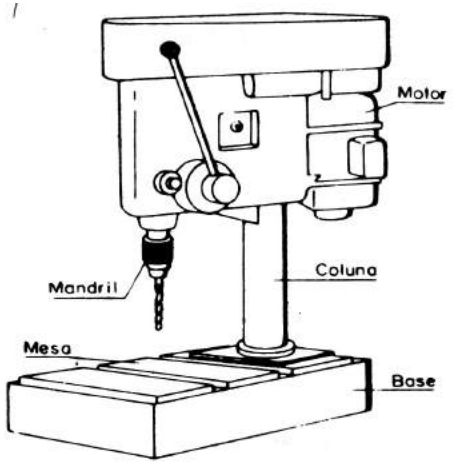
Principais tipos de furadeiras

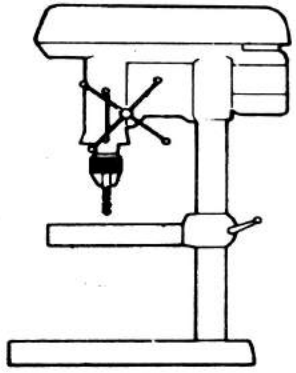


Furadeira radial



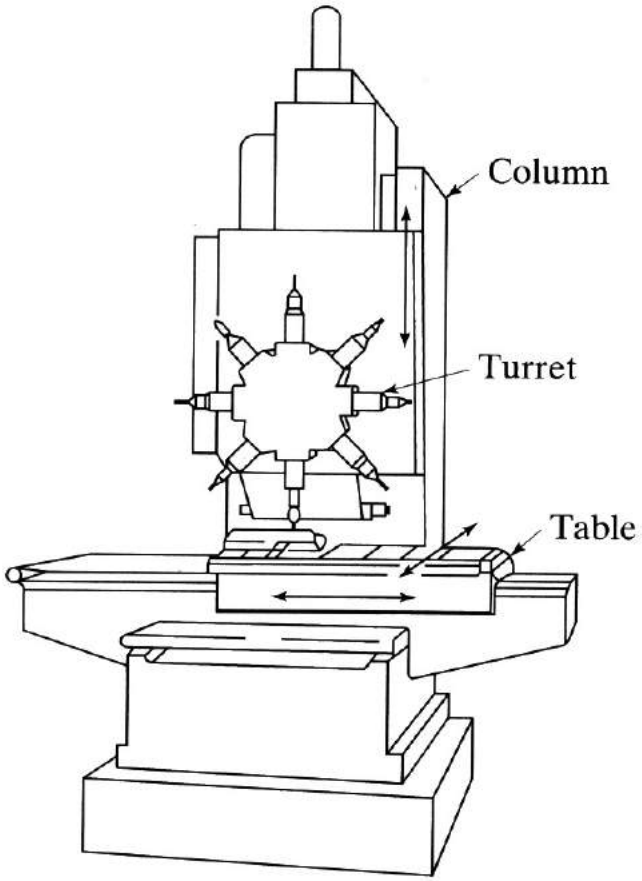
Furadeira de coluna (de piso)

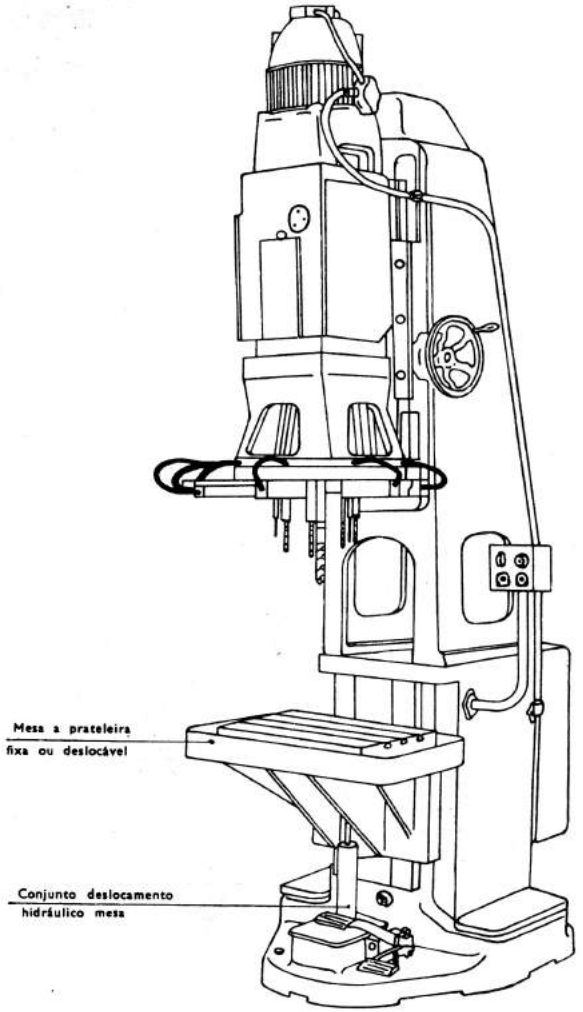




Furadeira de coluna (de bancada)

Furadeira de coordenadas com torre multi-ferramenta





FURADEIRA DE COLUNA E RADIAL

DETALHES TÉCNICOS

Cabeçote incorporando caixa de velocidades e motor, podendo girar ao redor da coluna, subir ou descer, possuindo trava de segurança.

Mola de contrapeso ajustável para manuseio sensitivo.

Escala graduada para leitura e ajuste rápido do curso da árvore.

Mesa de ferro fundido com superfície útil retificada com ranhuras em "T", que gira ao redor da coluna, sendo que a do modelo FC.25 é também provida de movimento vertical através de manivela e trava de segurança.

Coluna de ferro fundido com superfície retificada, bem dimensionada dando uma grande robustez à máquina.

FB - 25

Base de ferro fundido, compacta, sendo que a do modelo FB.25, possui superfície útil retificada e ranhuras em "T".

FC-25

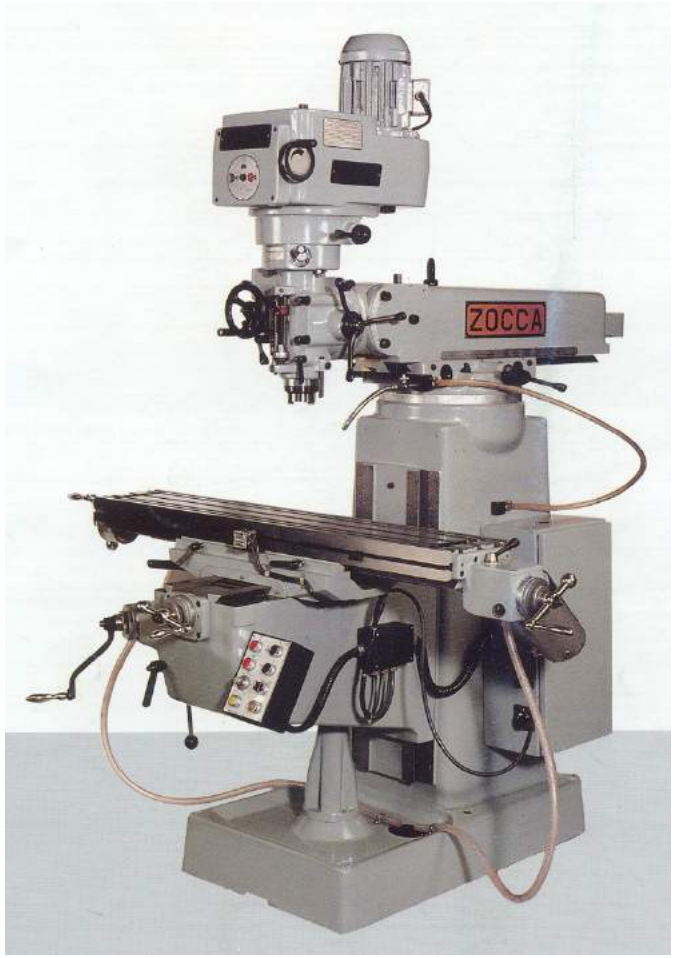
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

	Modelo FB-25	Modelo FC-25
Capacidade para furar em aço	25 mm	25 mm
Número de velocidades do eixo	Nº 4	Nº 4
Gama de velocidades do eixo 60 Hz.	125-310-560-1380 rpm	125-310-560-1380 rpm
Gama de velocidades do eixo 50 Hz.	105-260-460-1150 rpm	105-260-460-1150 rpm
Sede cônica do eixo.	C M 3	C M 3
Distância do eixo à coluna.	225 mm	225 mm
Distância máxima do eixo à mesa	390 mm	740 mm
Distância máxima do eixo à base.	650 mm	—
Diâmetro da mesa	Ø 380 mm	Ø 380 mm
Dimensões da base.	520 x 380 mm	600 x 400 mm
Superfície útil da base	260 x 260 mm	—
Curso vertical do cabeçote.	440 mm	280 mm
Curso do eixo	120 mm	120 mm
Diâmetro da coluna	110 mm	110 mm
Espessura da parede da coluna.	14 mm	14 mm
Motor, 50/60 Hz, HP 0,75.	1400/1700 rpm	1400/1700 rpm
Altura total da máquina	1180 mm	1700 mm
Peso líquido aproximado.	150 Kg	170 Kg

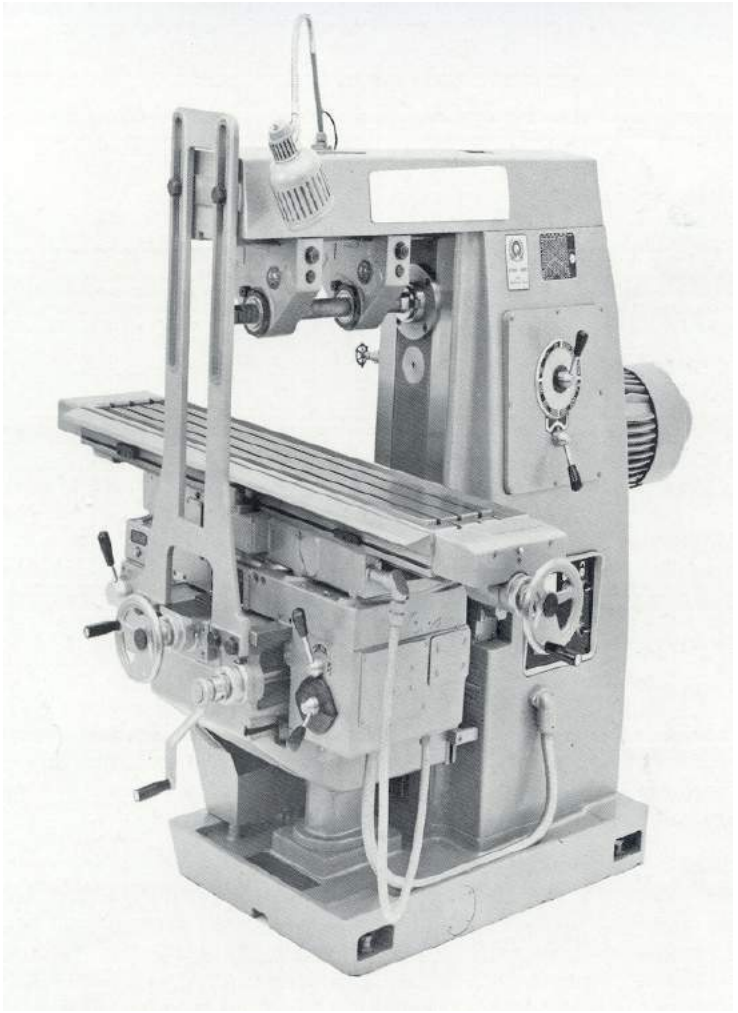
SANCHES BLANES S.A.
INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E FERRAMENTAS

Estrada de Sapopemba, Km. 41 - CEP 09400-970 - Ribeirão Pires - SP - Brazil
C.P./P.O.BOX 188 - Tels. (0xx11) 4827-9022/4827-9122 - Fax: (0xx11) 4827-9009
e-mail: vendas@sanchesblanes.com.br

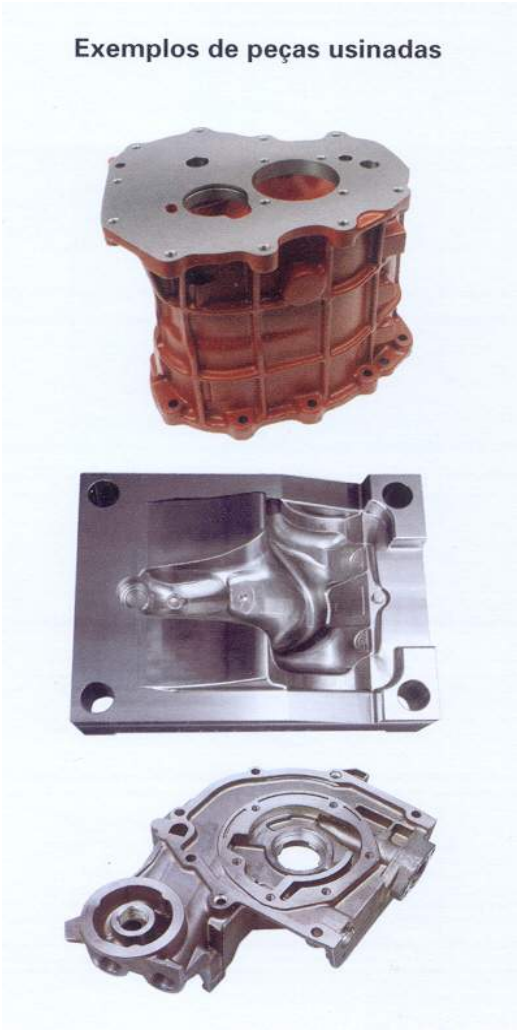
FRESADORA FERRAMENTEIRA



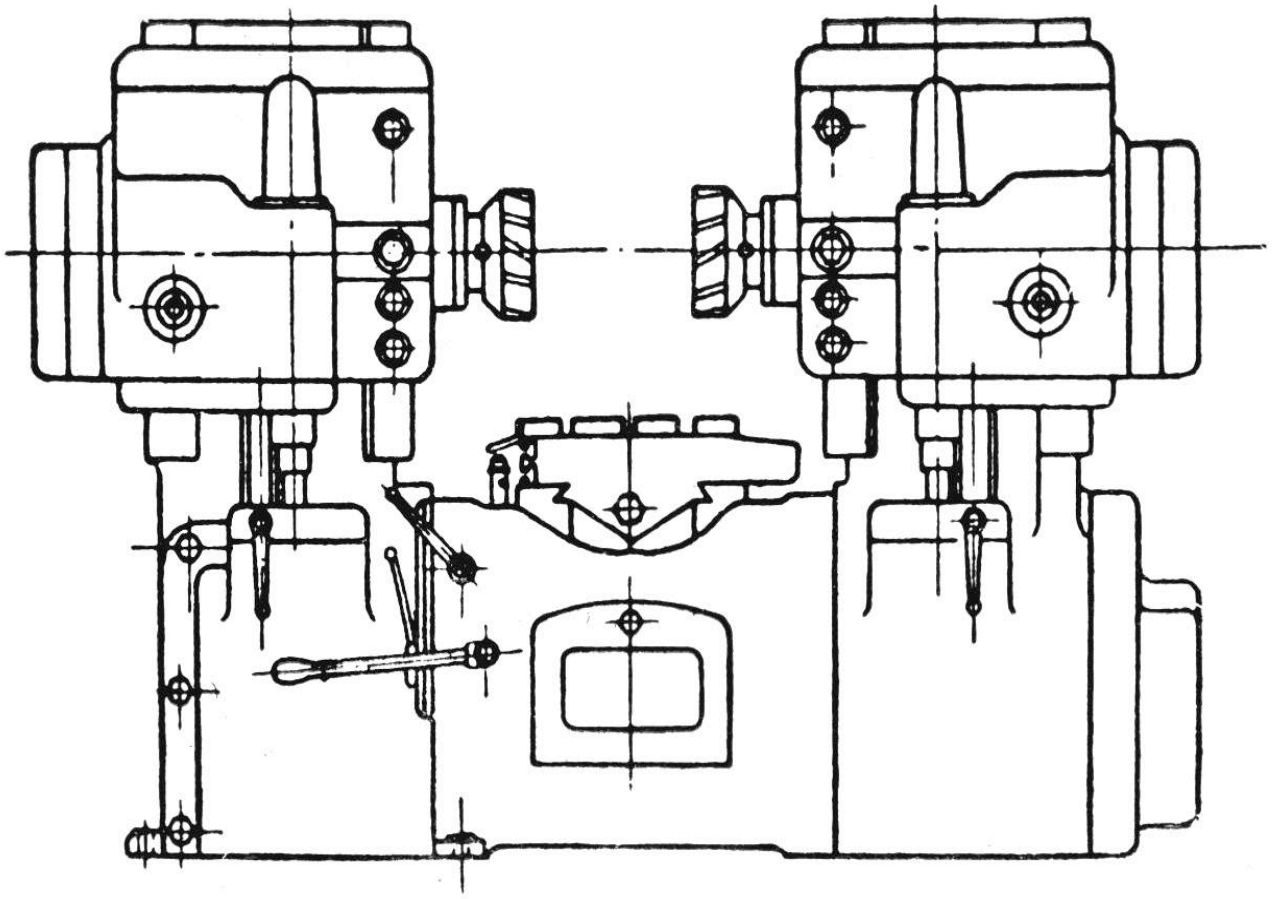
FRESADORA UNIVERSAL



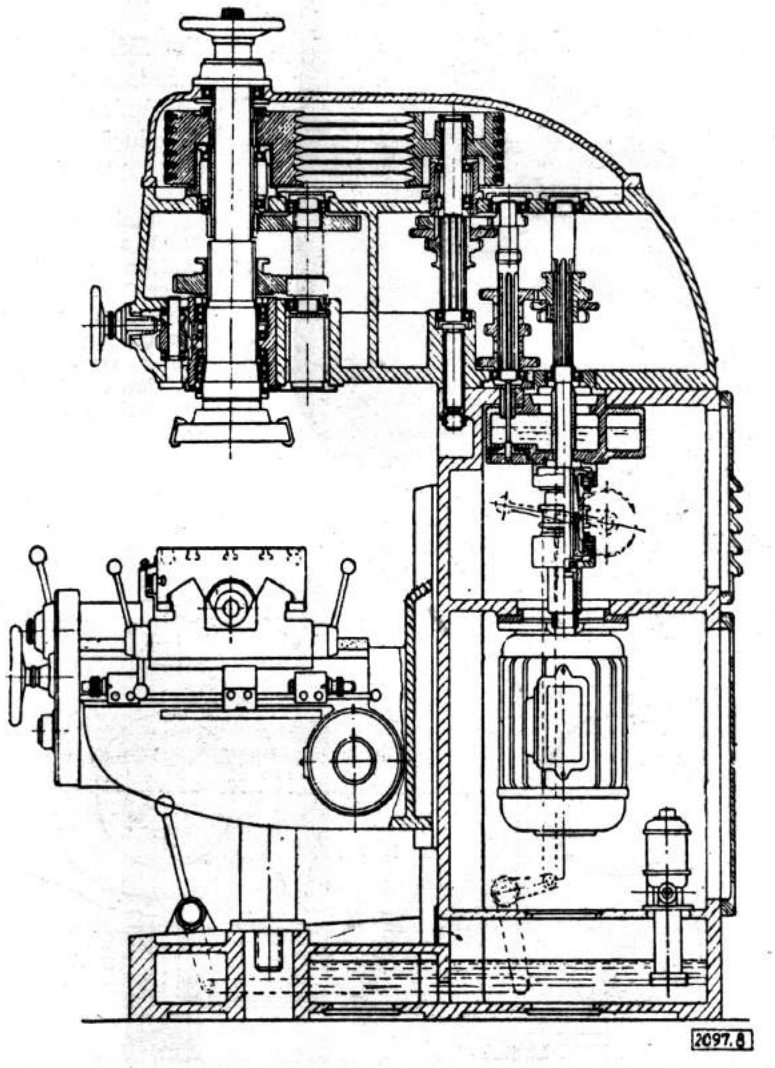
CENTRO DE USINAGEM



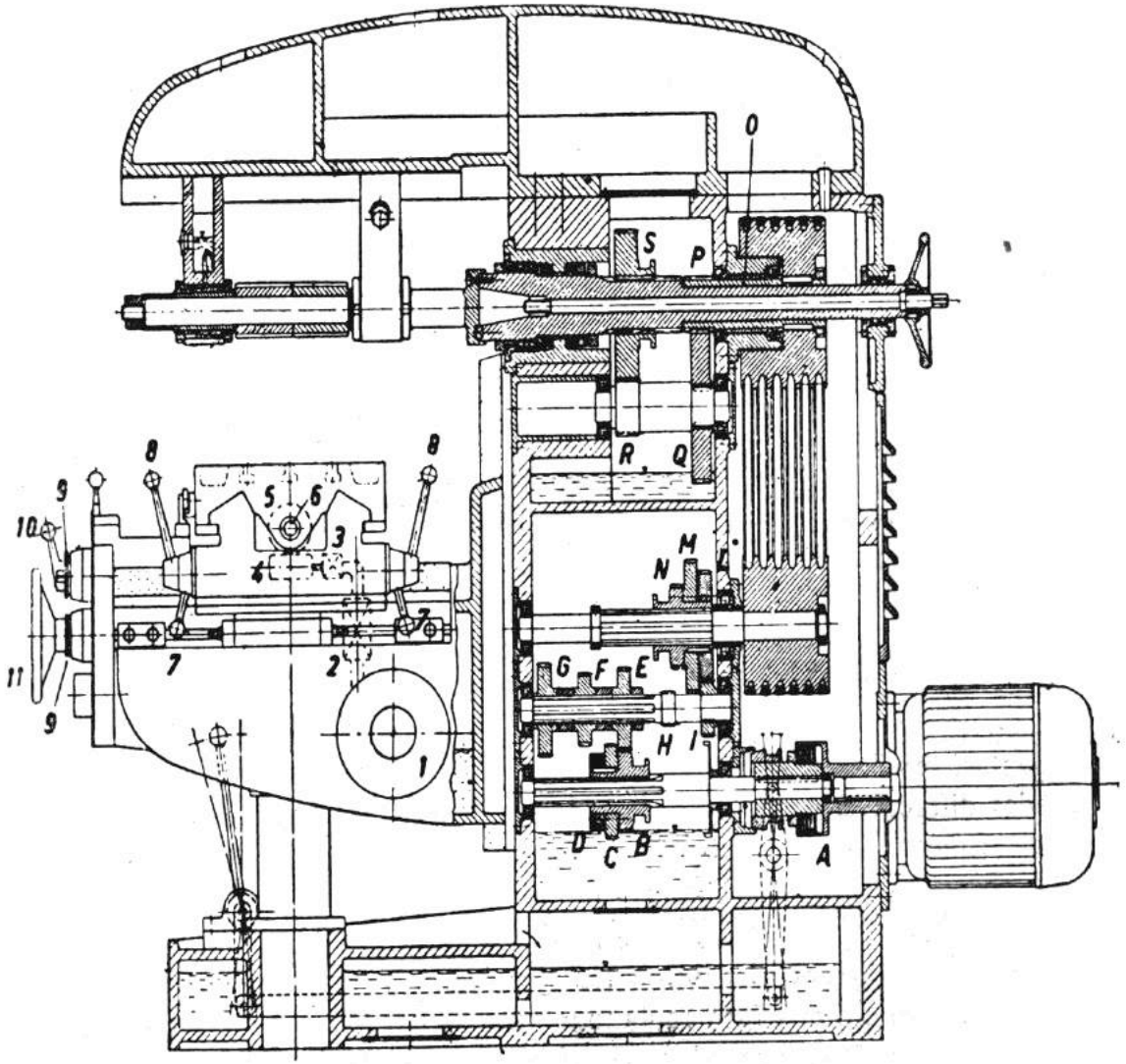
FRESADORA COM CABEÇOTE DUPLO



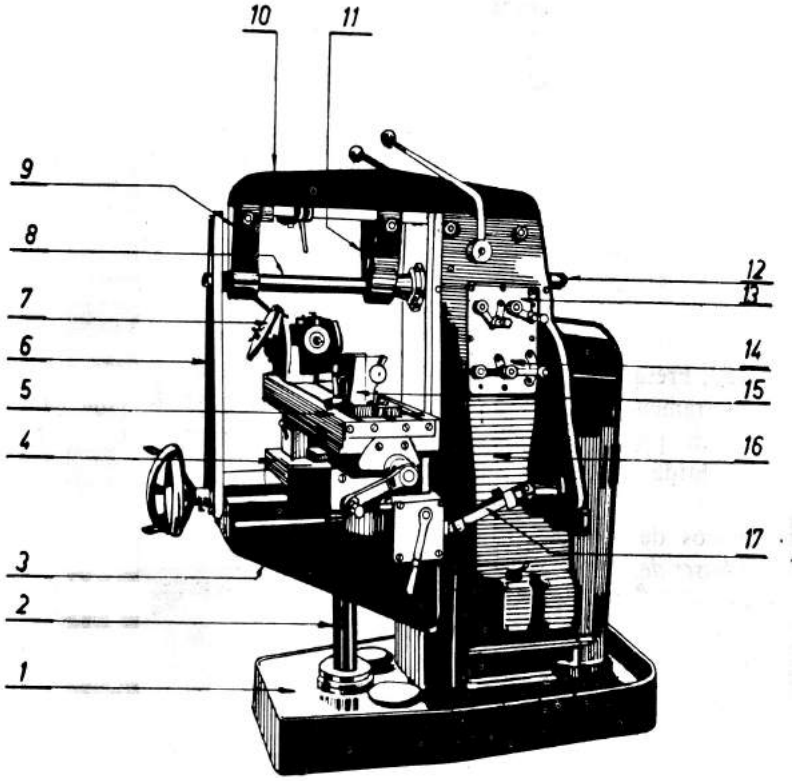
FRESADORA VERTICAL



FRESADORA HORIZONTAL



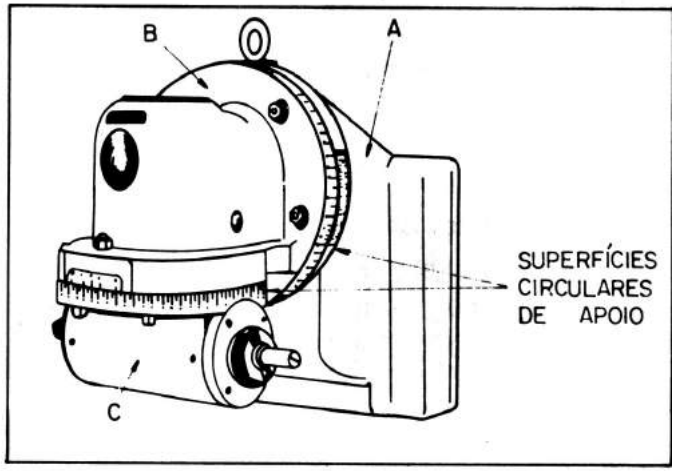
FRESADORA UNIVERSAL COM APARELHO DIVISOR

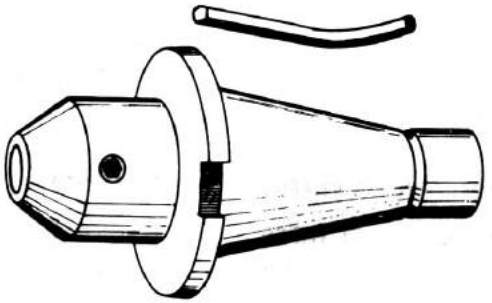


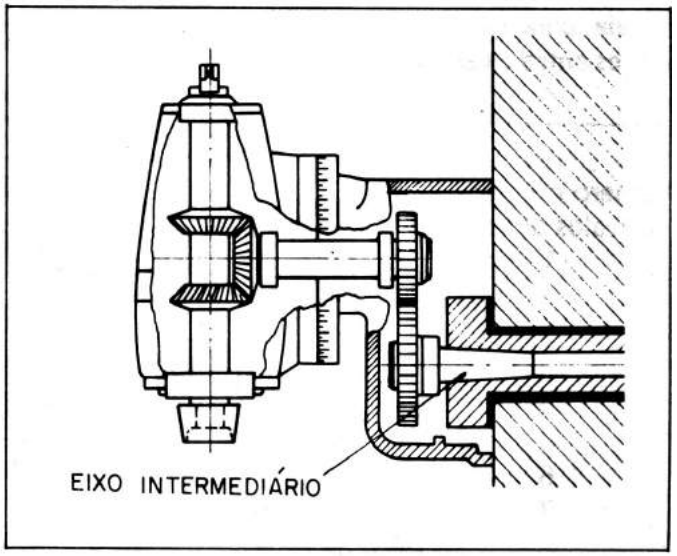
Órgãos da fresadora.

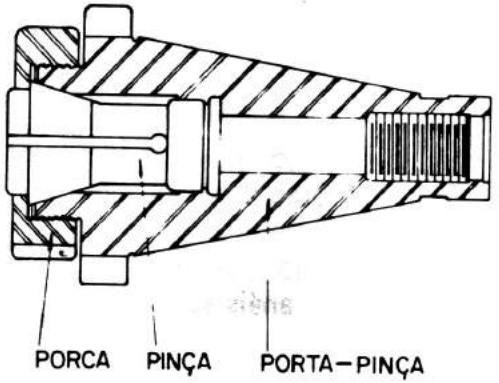
1. Base.
2. Fuso para a traslação vertical da mísula.
3. Mísula ou consolo.
4. Carro porta-mesa.
5. Mesa.
6. Pernas ou tirantes.
7. Aparelho divisor.
8. Eixo porta-fresas.
9. Suporte extremo do eixo porta-fresas.
10. Cabeçote de ponta ou carneiro.
11. Suporte intermediário do eixo porta-fresas.
12. Tirante para a fixação de eixo porta-fresas.
13. Caixa de câmbio de velocidades.
14. Caixa de câmbio para avanços.
15. Contraponto do aparelho divisor.
16. Corpo.
17. Eixo telescópico de transmissão de avanços.

CABEÇOTE VERTICAL E PORTA-PINÇA

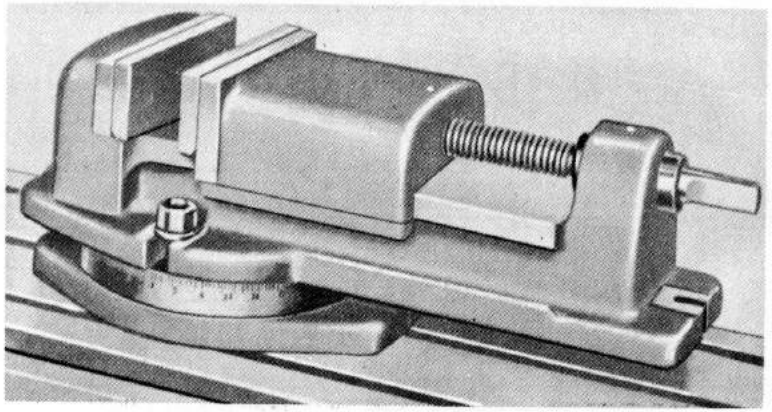


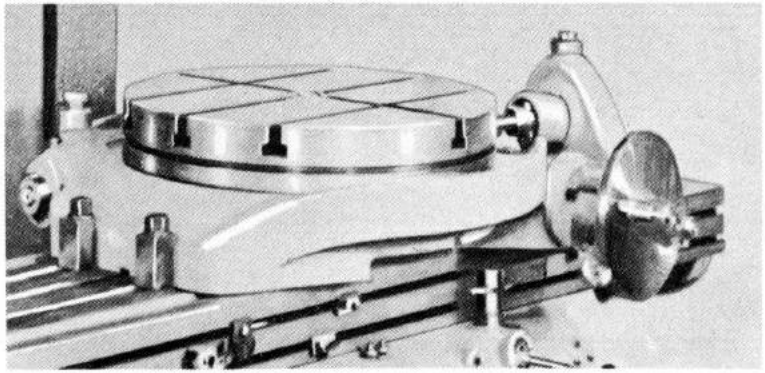


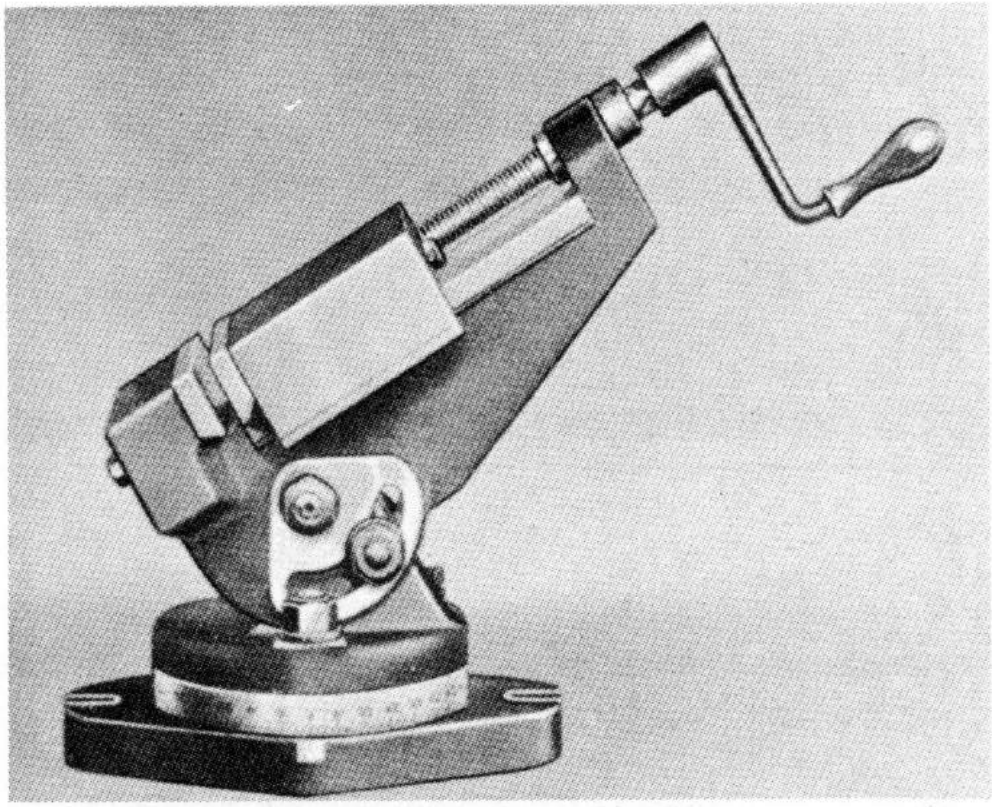




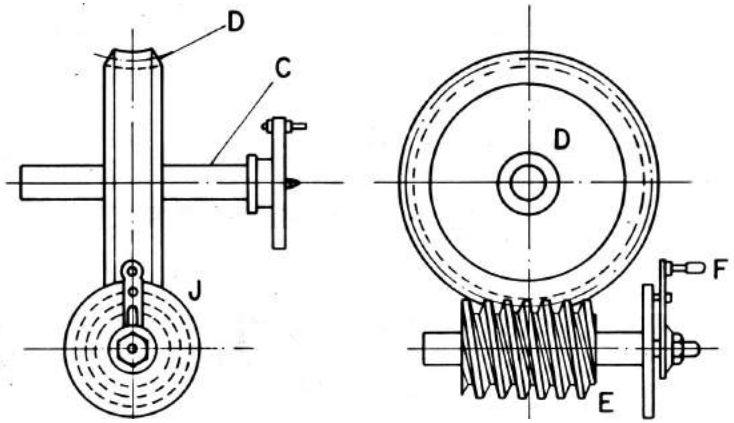
DIFERENTES MORSAS E MESA GIRATÓRIA

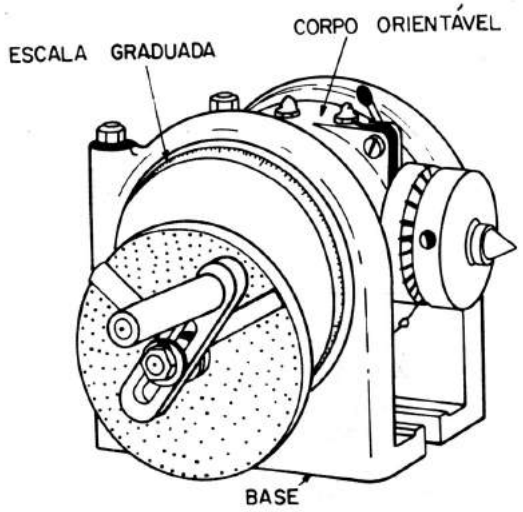


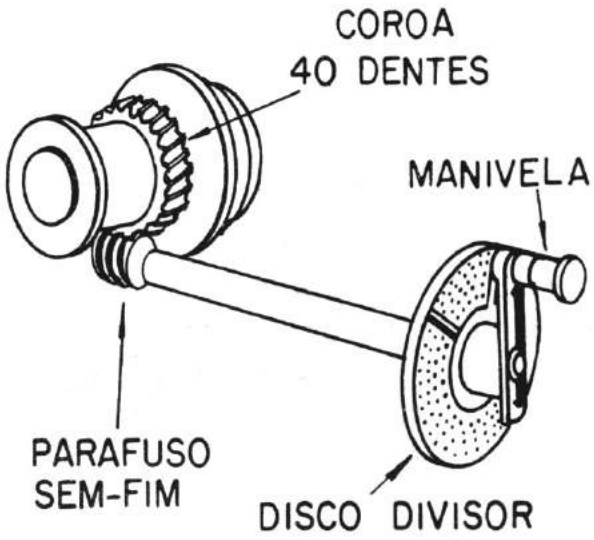


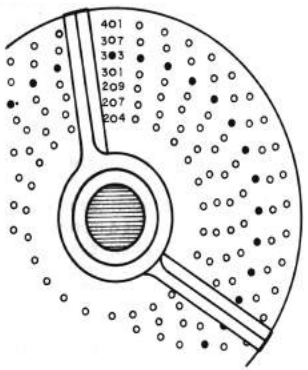


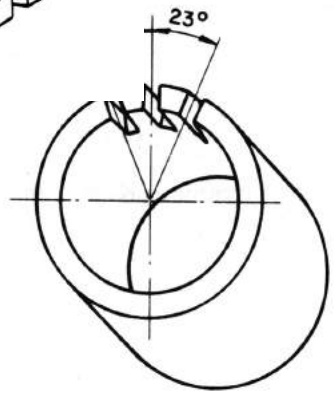
APARELHO DIVISOR



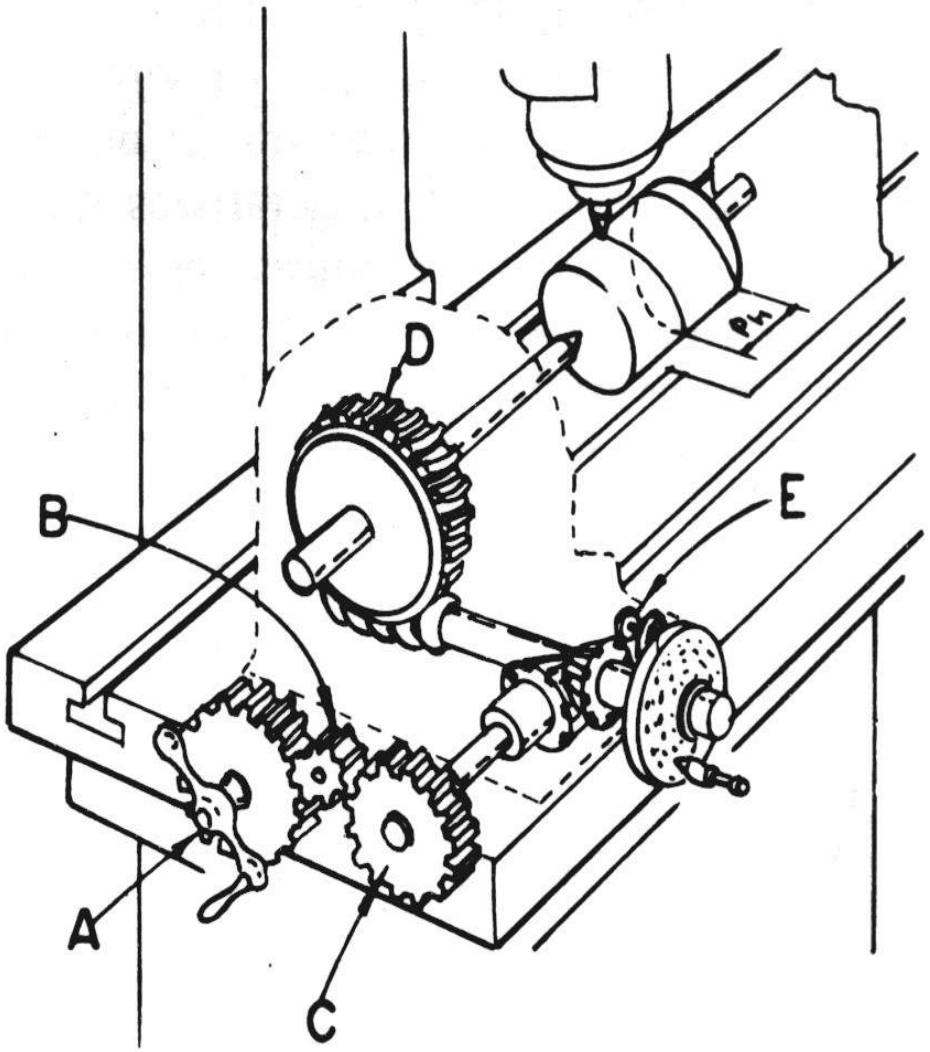








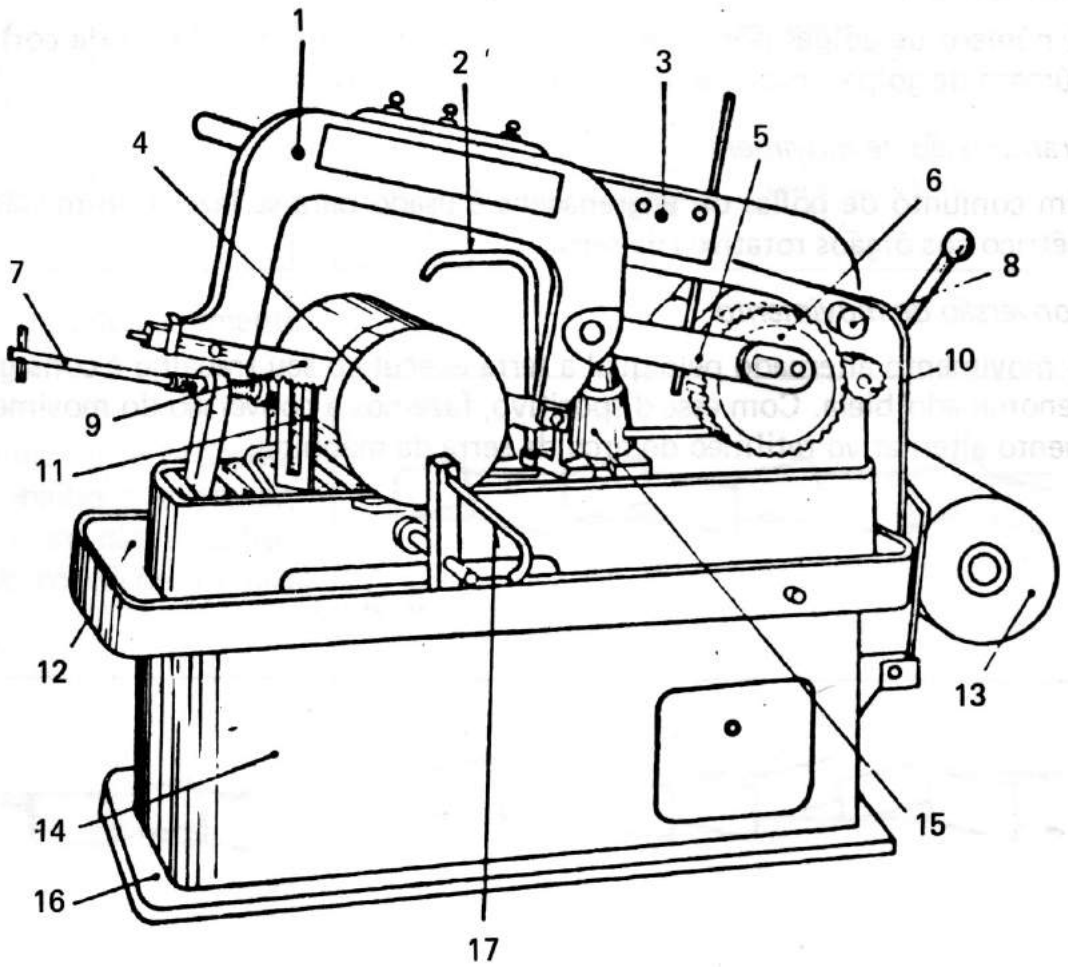
FRESAMENTO HELICOIDAL



SERRA ALTERNATIVA

Componentes:

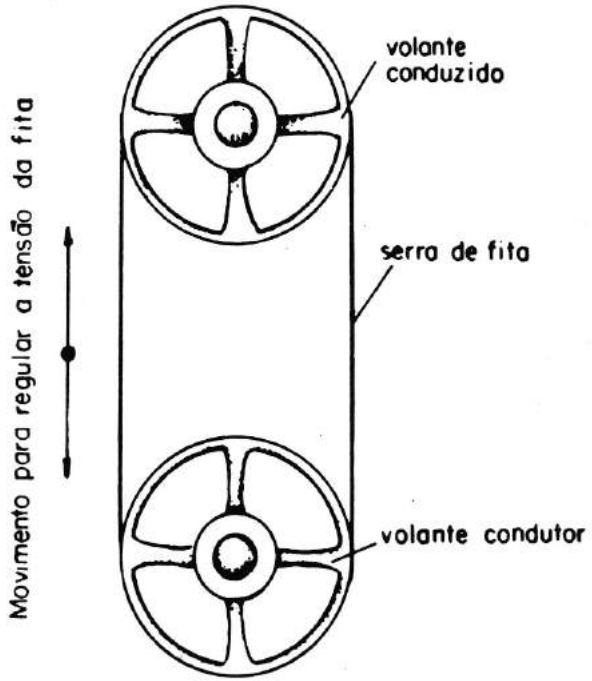
1 - Arco
2 - Tubo do fluido de corte
3 - Corrediça
4 - Peça
5 - Biela
6 - Engrenagem maior
7 - Haste de manobra da morsa
8 - Articulação
9 - Lâmina de serra
10 - Engrenagem menor
11 - Morsa
12 - Bacia
13 - Motor elétrico
14 - Caixa
15 - Bomba de óleo
16 - Base
17 - Limitador do material (peça)

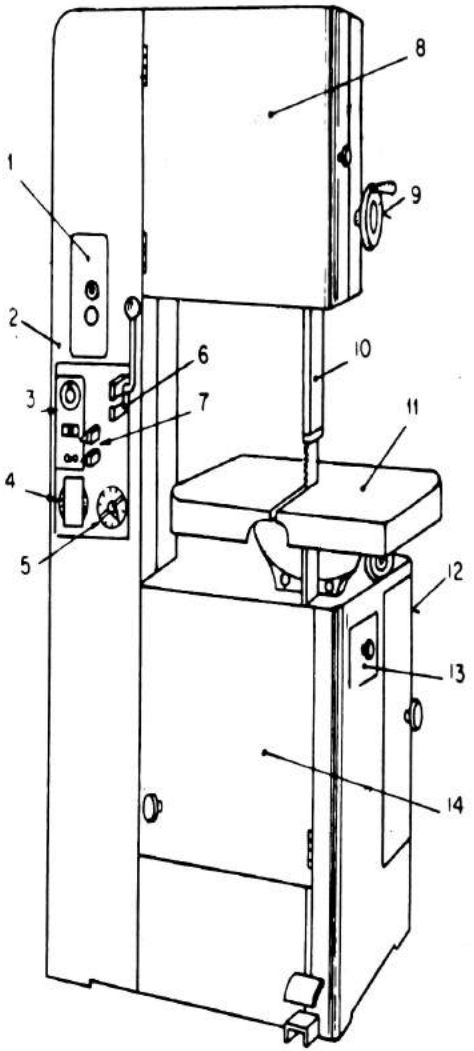


SERRA DE FITA

Componentes:

1 - Chave de partida
2 - Coluna
3 - Chave elétrica do soldador
4 - Rebolo
5 - Controle de pressão na soldagem da fita
6 - Tesoura
7 - Soldador elétrico da fita
8 - Caixa do volante conduzido
- Volante de tensão da fita
- Guia de fita de serra
- Mesa inclinável
- Caixa do motor e transmissão
- Gaveta de ferramentas
- Caixa do volante condutor



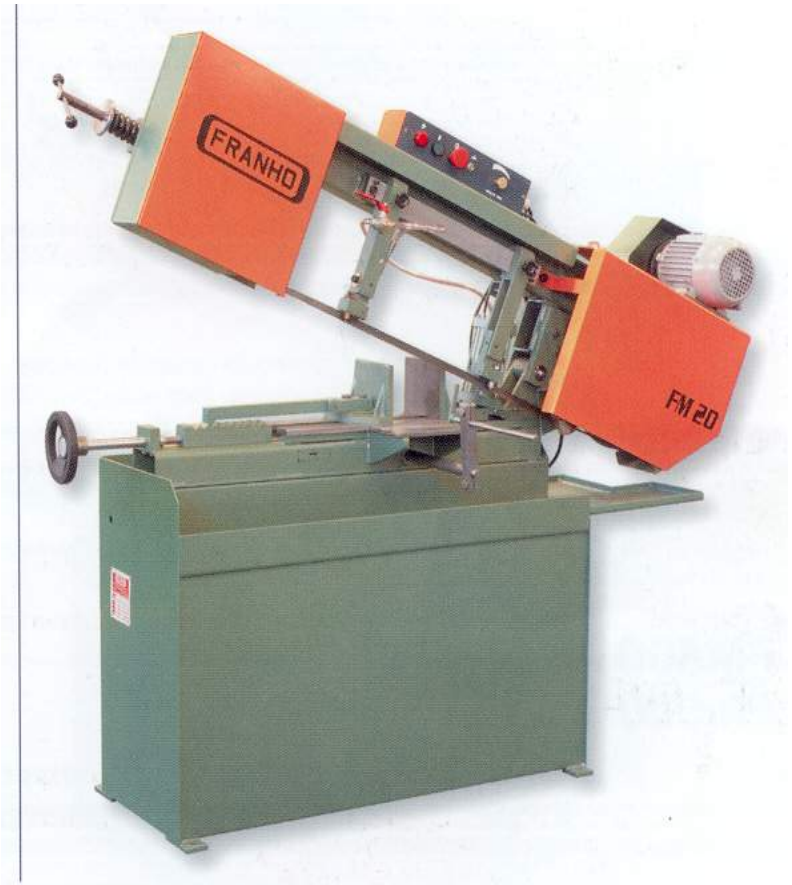


SERRA DE FITA

RMF - 400.S

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Área livre de corte	330 mm
Acionamento	Polia/ Corrêia
Comprimento da fita	3.400 mm
Distância da coluna á fita	410 mm
Dimensões da mesa	500 x 600
Dimensões	Alt. 1.950 - Larg. 1000
Luminária embutida	Lampada 12 Volts 40 Watts
Motor	1 CV
Mesa Inclinavel	15 º direita - 15º esquerda
Velocidade Reduzida	25 - 40 - 65 mts/ Min.
Velocidade Direta	270 - 480 - 700 mts/ Min.
Volante	430 mm
Voltagem	220 - 280 Volts
Soldadeira embutida	2400 Watts
Esmeril	1/16 CV
tesoura	para corte da fita
Peso Líquido	310 Kg (aproximado)

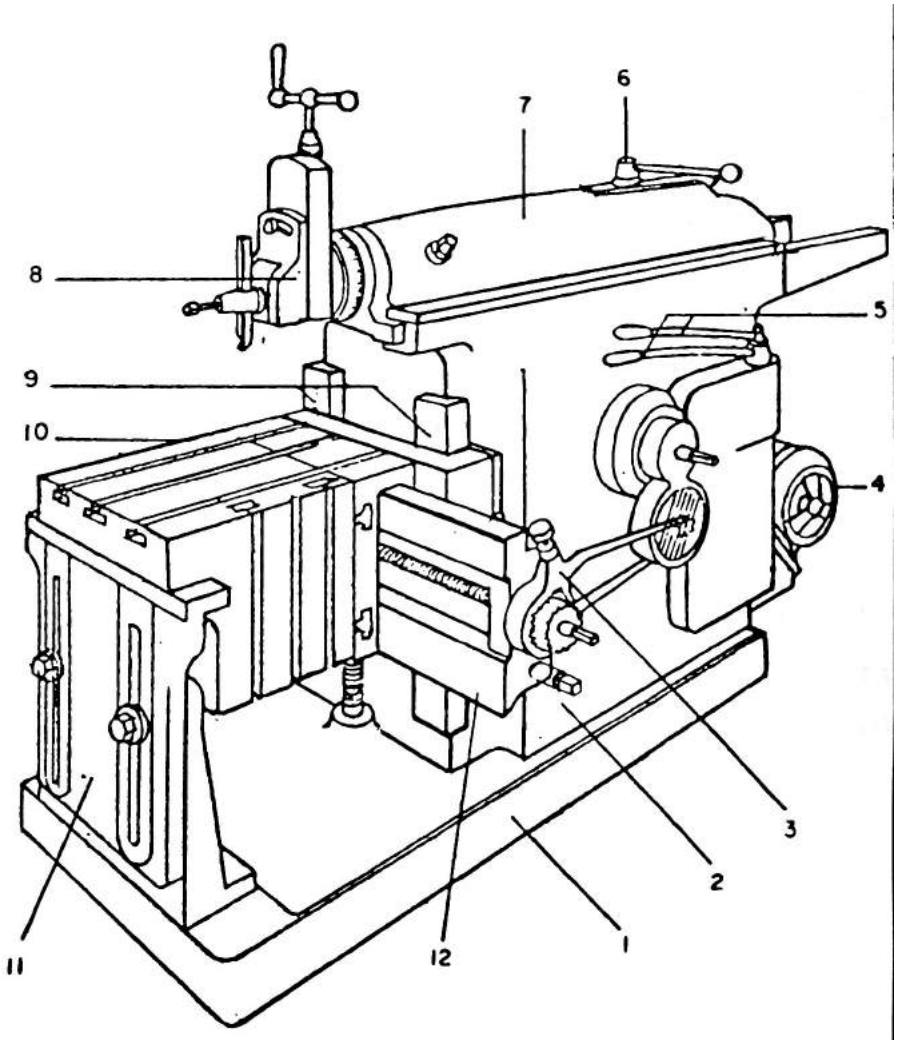
SERRA ALTERNATIVA DE LAMINA



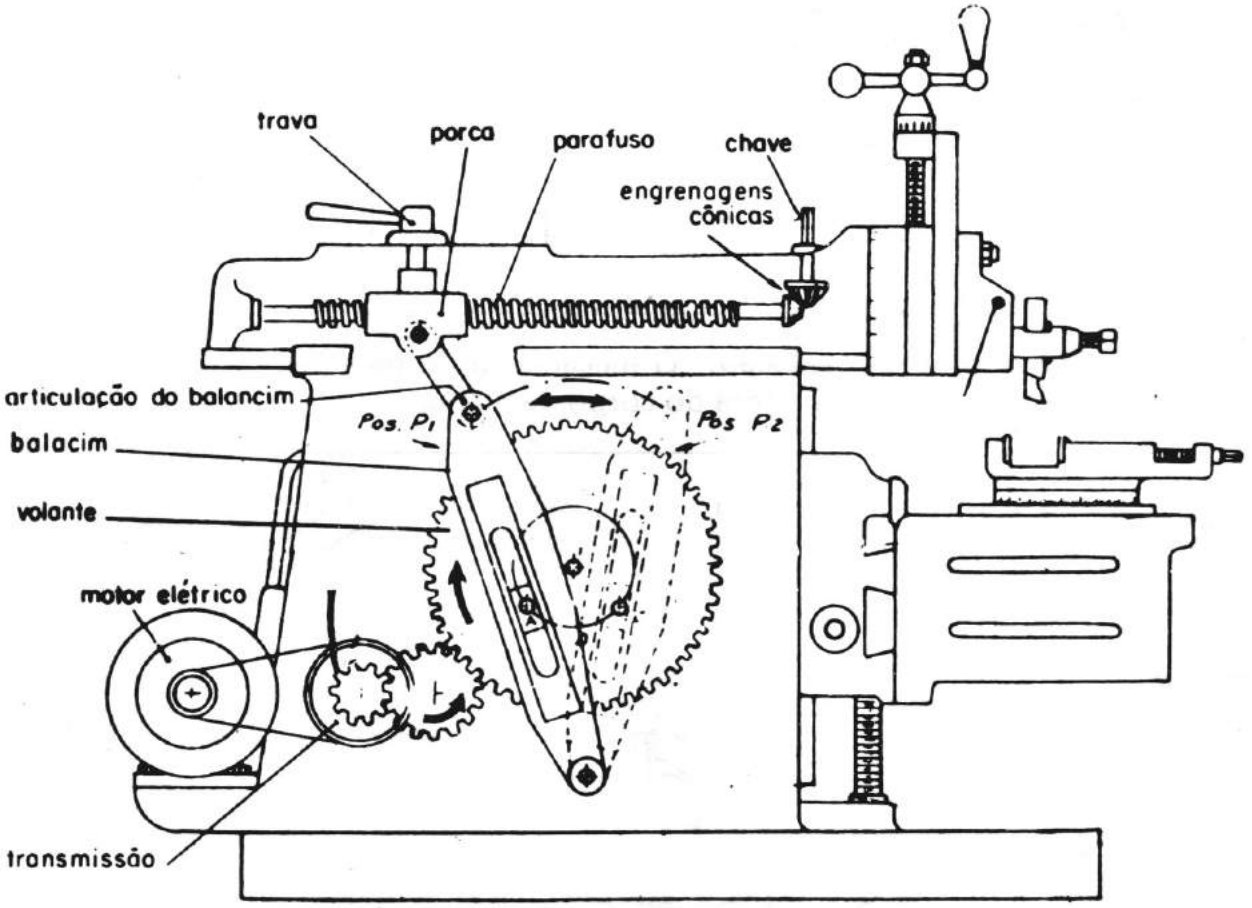
CAPACIDADE DE CORTE - mm		
90°	○	205
	▭	205 X 170
45°	○	100
	▭	75 X 120

PLAINA LIMADORA

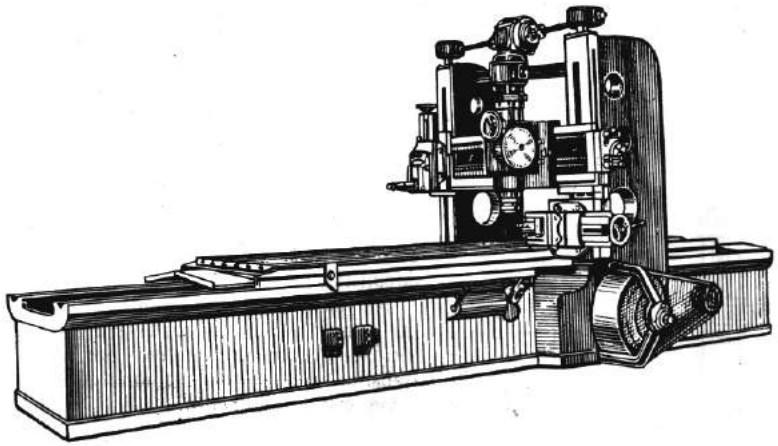
1 - base
2 - corpo
3 - mecanismo de avanço automático da mesa
4 - motor
5 - alavancas de mudança de velocidade
6 - alavanca de fixação do cabeçote
7 - cabeçote móvel (torpedo)
8 - porta-ferramenta
9 - guia vertical da mesa
10 - mesa
11 - suporte da mesa
12 - guia transversal da mesa

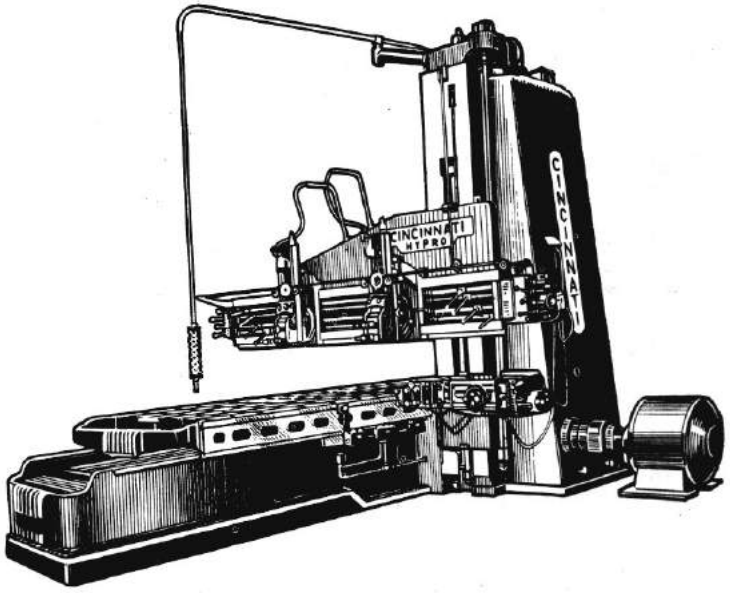


MECANISMO DE ACIONAMENTO

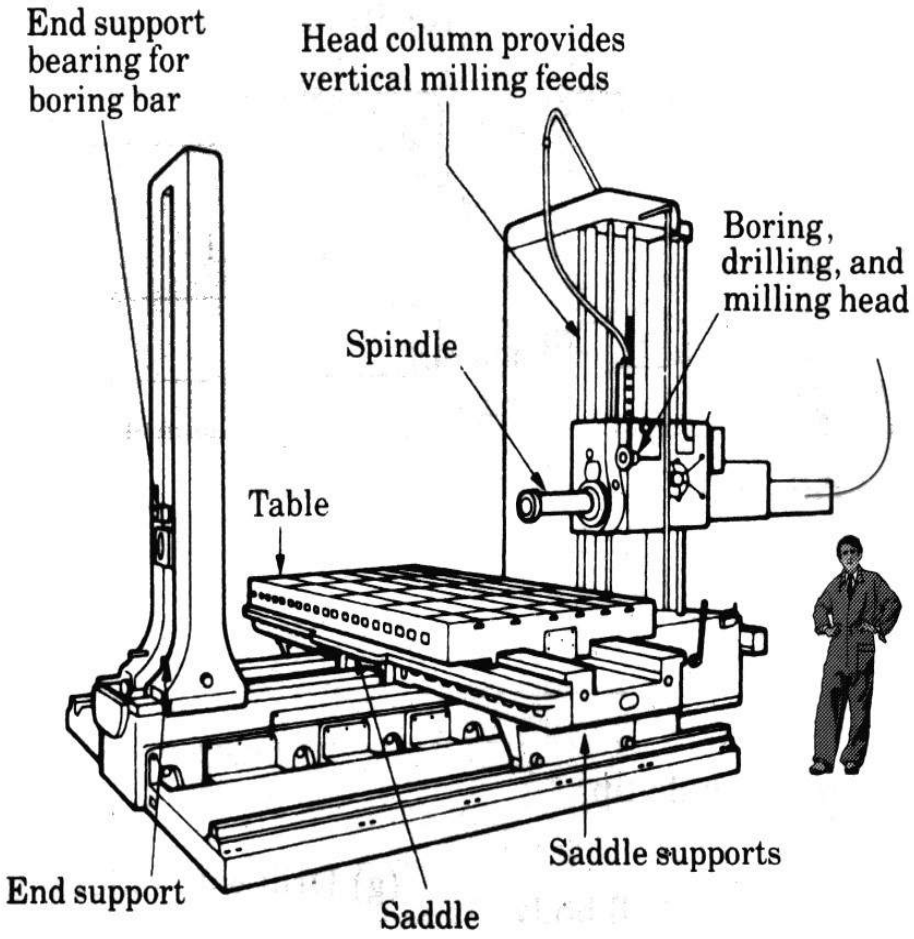


PLAINAS DE MESA

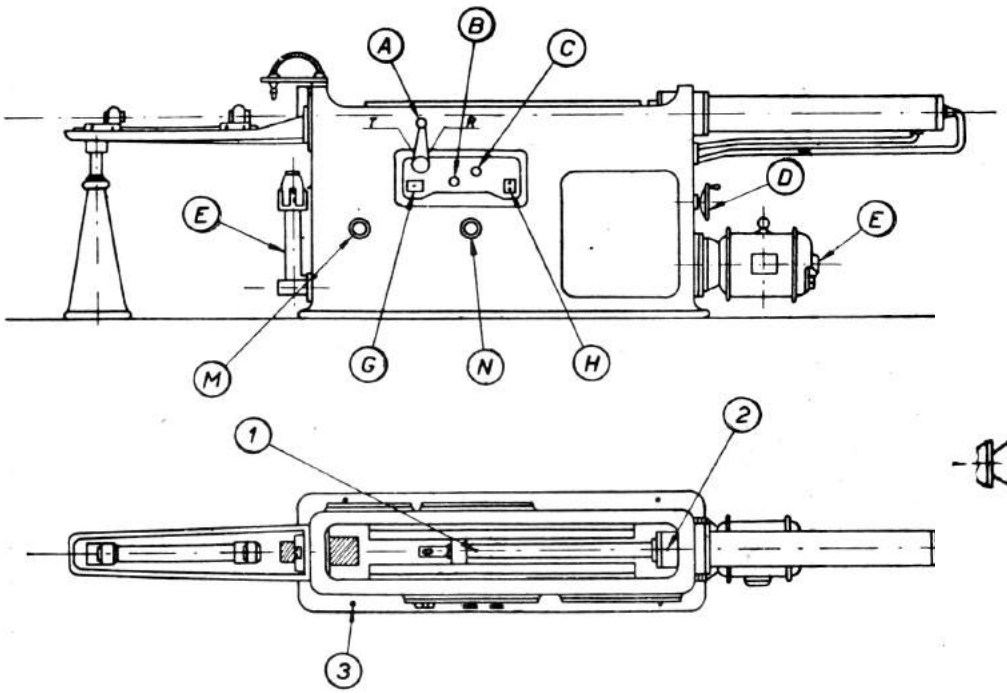


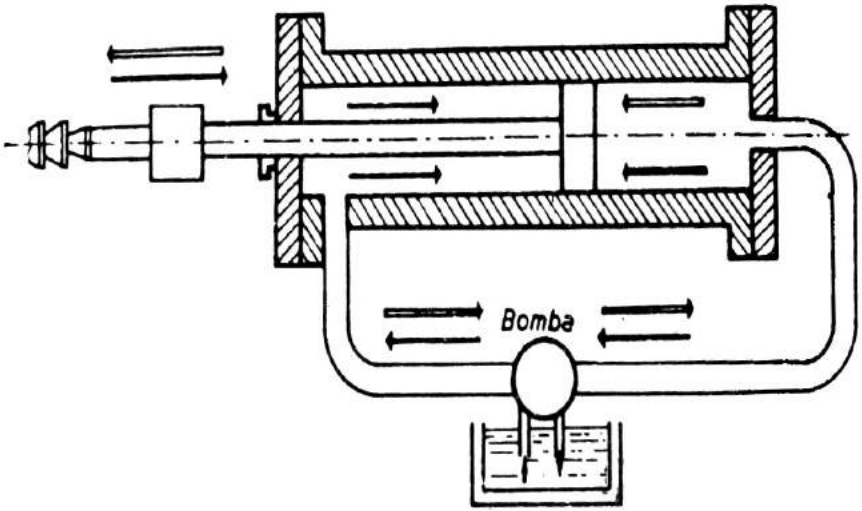


MANDRILADORA

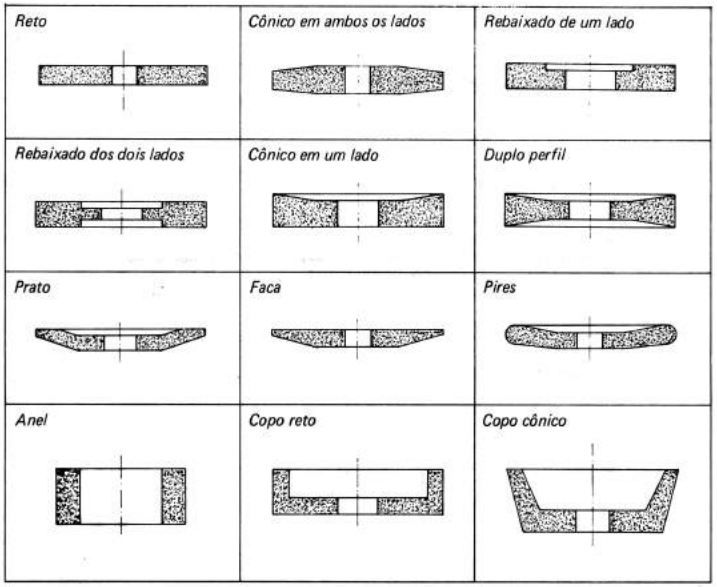


BROCHADEIRA HORIZONTAL

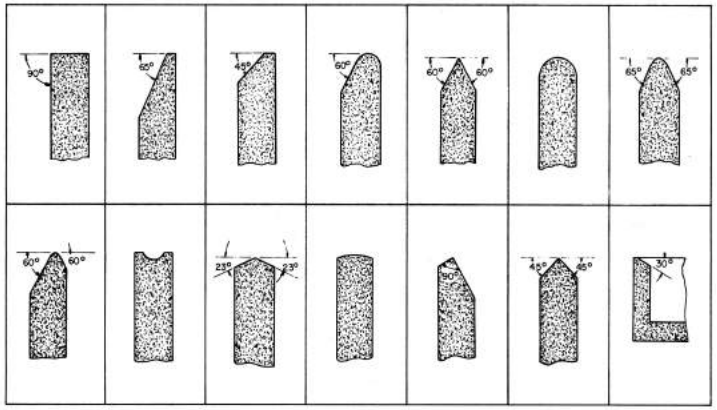




REBOLOS

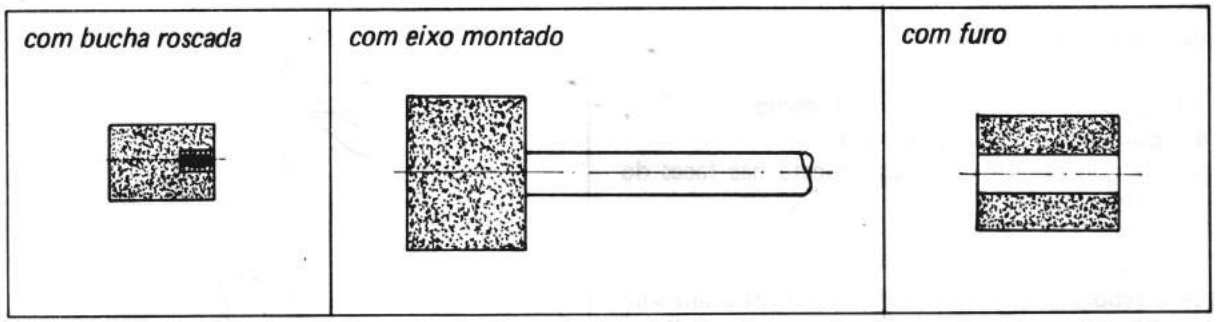


Rebolos com perfis normalizados

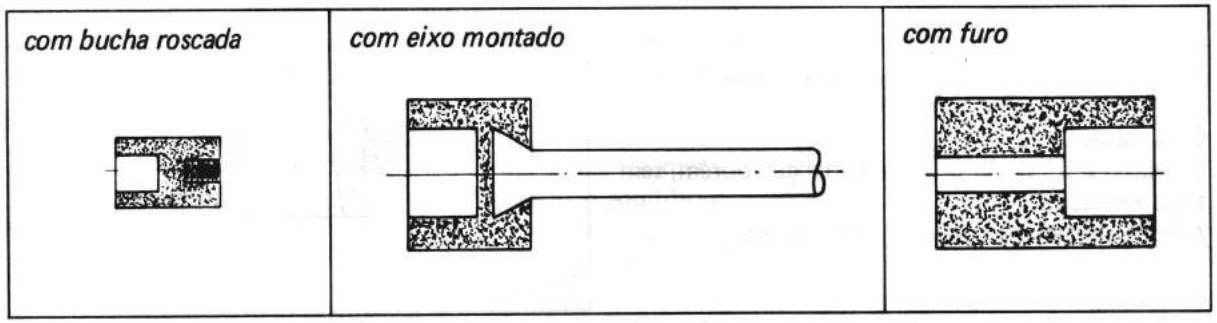


FERRAMENTAS ABRASIVAS

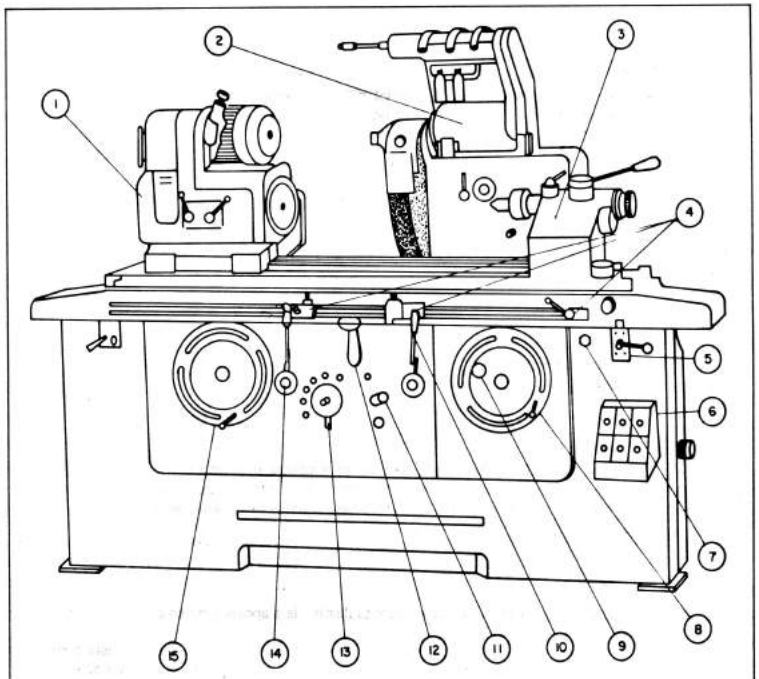
Tipo reto



Tipo copo reto

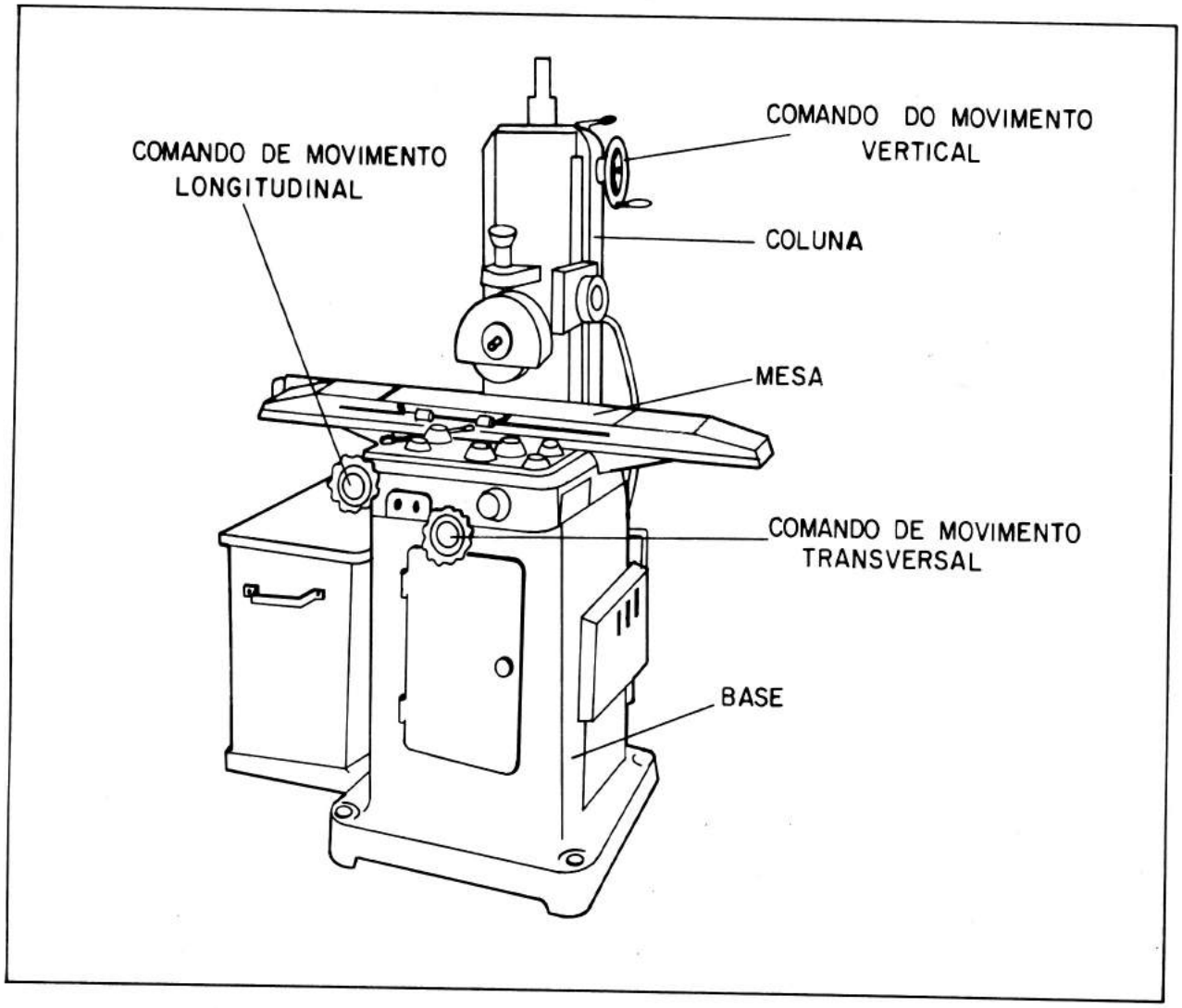


RETIFICADORA CILINDRICA

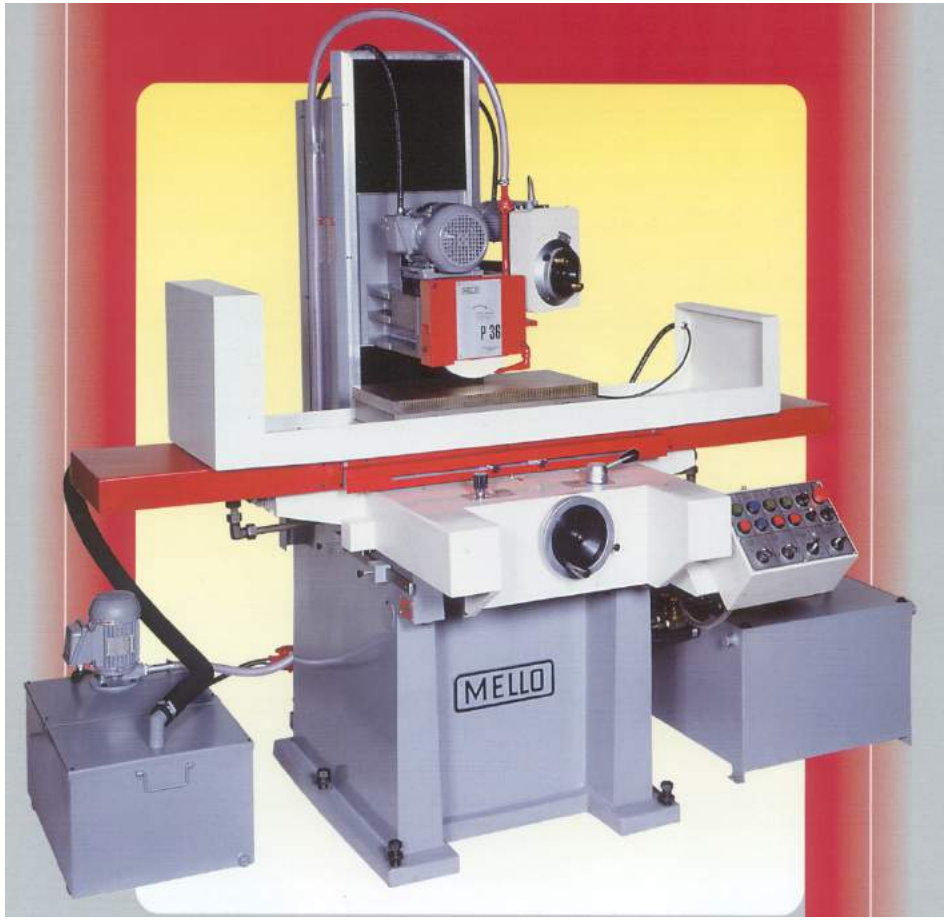


1-Cabeçote porta-peças
2-Dispositivo para retificar interno
3-Cabeçote contraponta
4-Limitadores
5-Apoio do limitador lateral
6-Painel de comando
7-Parafuso do avanço fino transversal
8-Volante do avanço transversal
9-Fixação da escala móvel
10-Movimento do cabeçote porta-rebolo
11-Controle de velocidade da mesa
12-Inversor do movimento da mesa
13-Registro do avanço do rebolo
14-Comando geral
15-Movimento manual da mesa

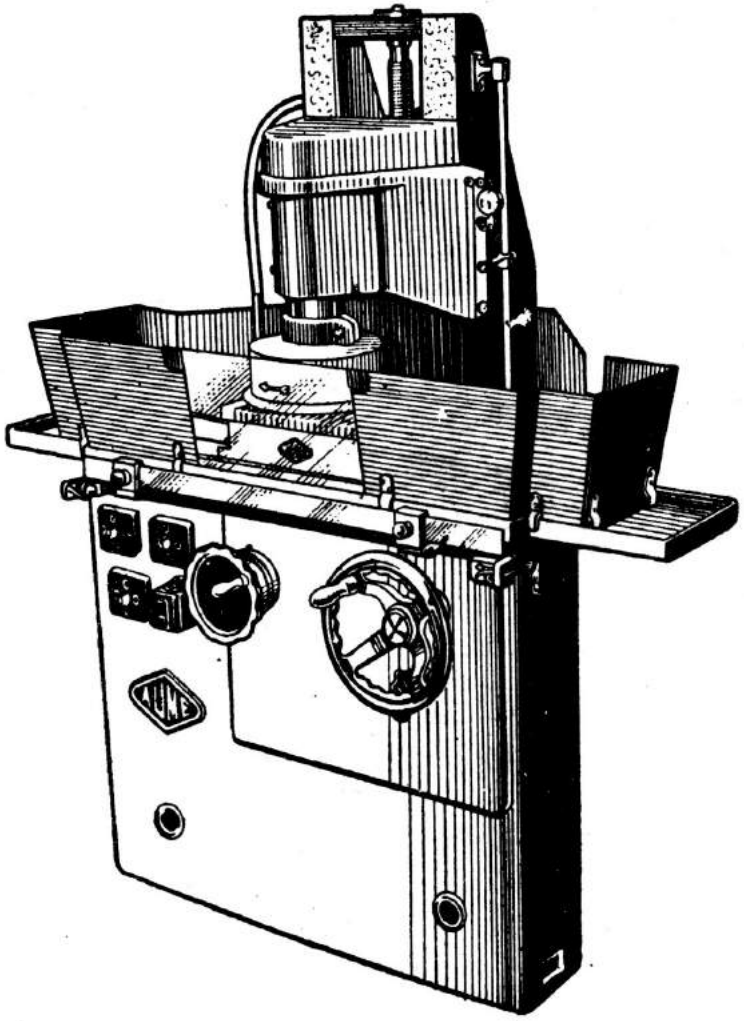
RETIFICADORA PLANA TANGENCIAL



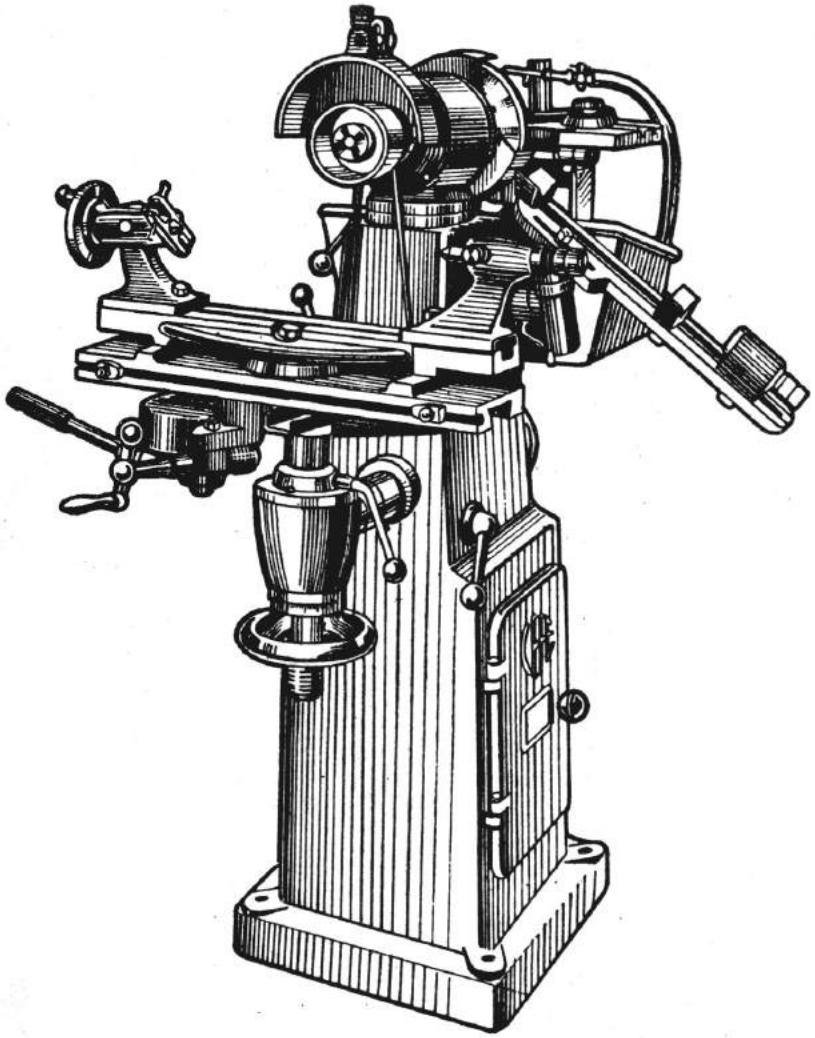
RETIFICADORA PLANA



RETIFICA PLANA



AFIADORA



RETIFICADORA UNIVERSAL

CAP. 3 – SOLDAGEM DE MATERIAIS METÁLICOS

- **Definição – Soldagem é um processo de união de materiais por coalescência dos mesmos através do aquecimento na temperatura de soldagem.**

- **Material Base – É o material que constitui as partes a unir.**

- **Material de Adição – É o material de enchimento no processo de soldagem da mesma natureza das partes a serem unidas.**

PROCESSOS DE SOLDAGEM

- **Os processos de soldagem envolvem vários campos de conhecimento :-**
- **.Metalurgia**
- **.Mecânica**
- **.Eletrônica Analógica e Digital**
- **.Eletrônica de Potência**
- **.Química**
- **.Física**
- **.Resistência dos Materiais**
- **.Processos de Produção**

PROCESSOS POR FUSÃO

- **A Chama – oxi-acetilênica**
- **oxi-hídrica**
- **oxi-GLP**
- **A Arco – com fio contínuo ou fita contínua**
- **com eletrodos auto-protetores –eletrodos revestidos ou tubulares**
- **com eletrodos em atmosfera protetora – MIG-MAG e TIG**
- **Em banho de escória**
- **Aluminotérmica**
- **Laser**
- **Bombardeamento eletrônico**

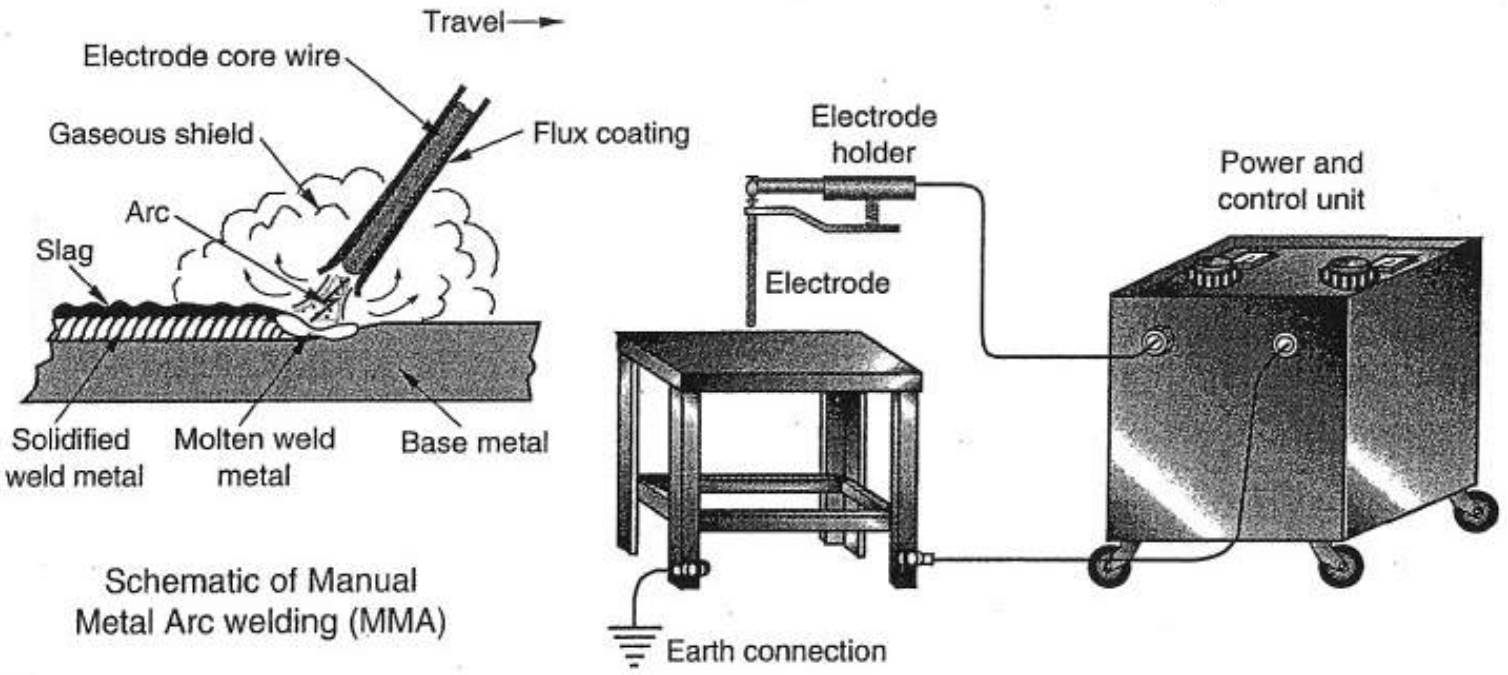
PROCESSOS POR PRESSÃO

- **Resistência elétrica –por pontos**
- **por projeção**
- **por costura**
- **por centelhamento**
- **Indução**
- **Ultra-som**
- **Atrito**

PROCESSOS MAIS COMUNS DE SOLDAGEM

- **.SOLDAGEM COM ELETRODO REVESTIDO**
- **.SOLDAGEM TIG**
- **.SOLDAGEM MIG/MAG**
- **.SOLDAGEM A ARCO SUBMERSO**
- **.SOLDAGEM SOB ESCÓRIA ELETROCONDUTORA**
- **.SOLDAGEM COM ELETRODO TUBULAR**
- **.SOLDAGEM A PLASMA**
- **.SOLDAGEM OXI-ACETILÊNICA**
- **.SOLDAGEM BRAZING**

SOLDA COM ELETRODO REVESTIDO

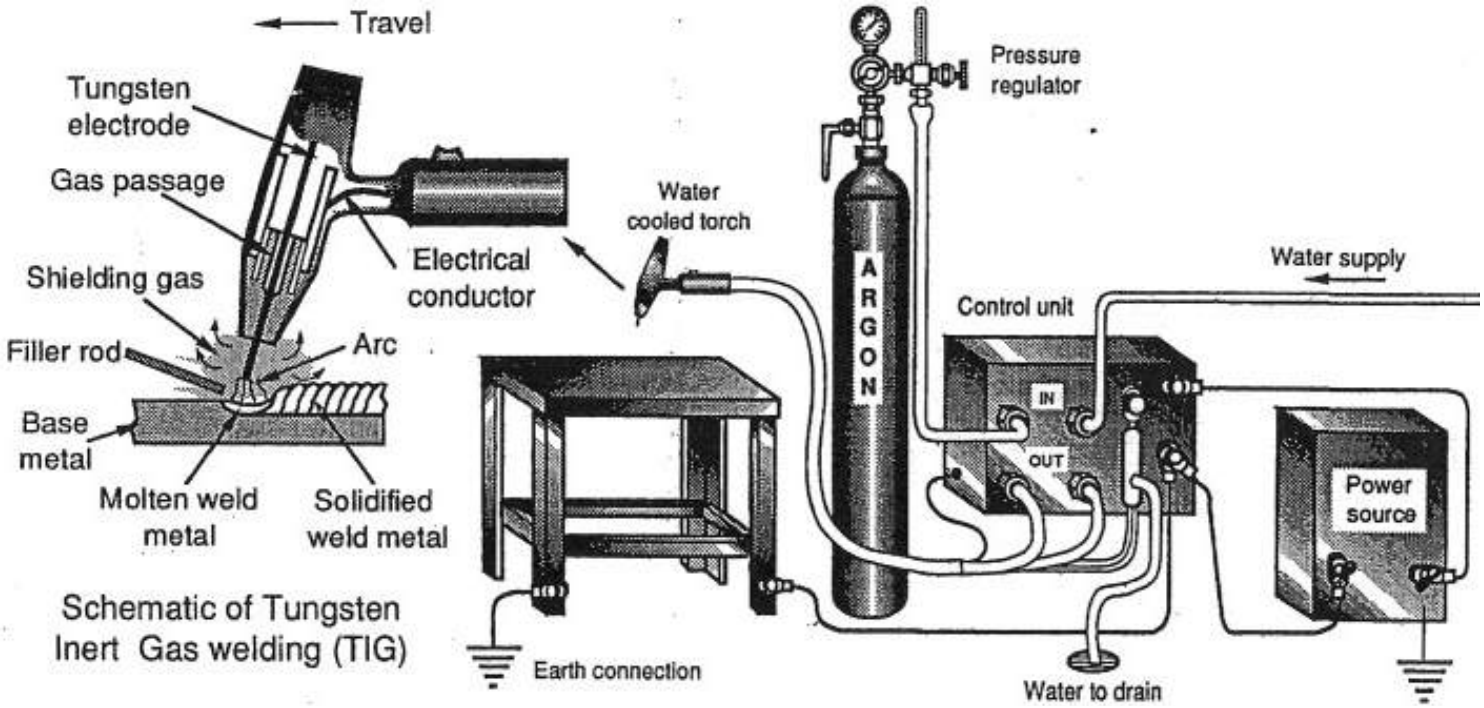


Schematic of Manual Metal Arc welding (MMA)

SOLDA COM ELETRODO REVESTIDO

- **É um processo muito usado pela sua versatilidade na soldagem de aços.**
- **Caracteriza-se por varetas metálicas revestidas com material anti-oxidante, em comprimentos e bitolas padronizados.**

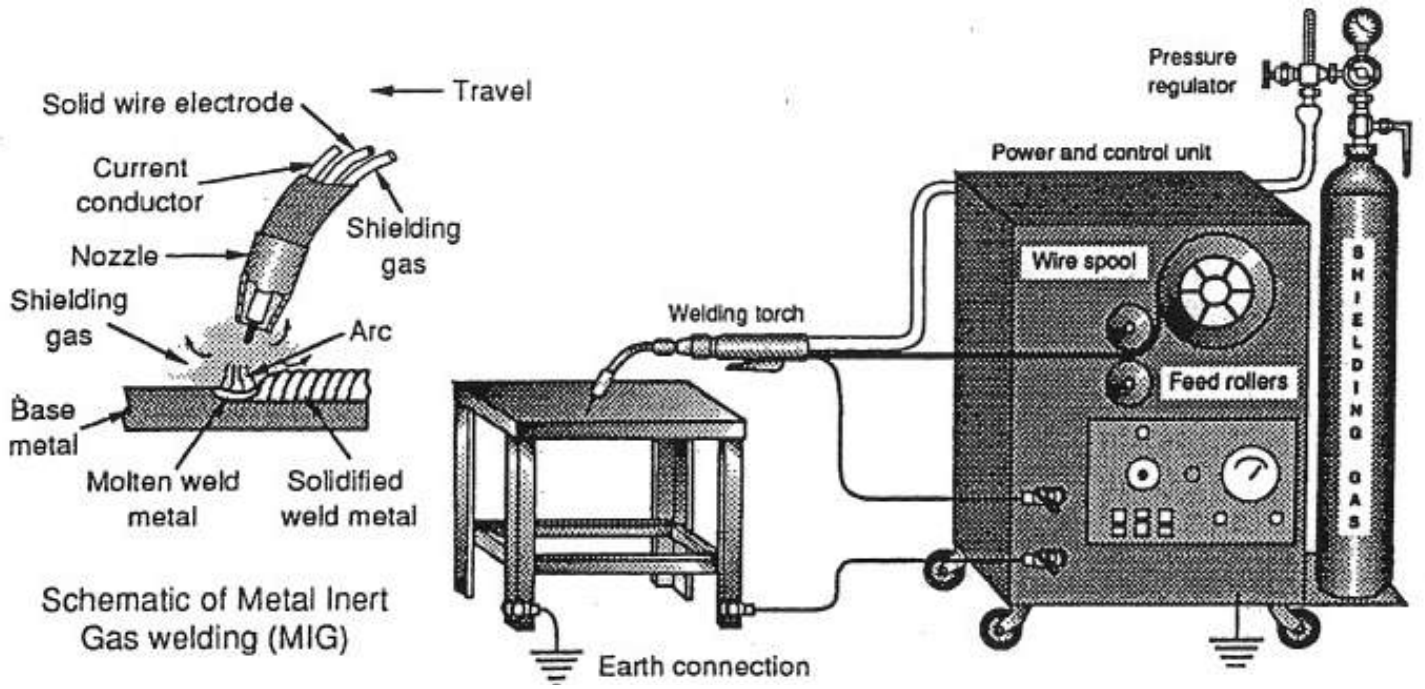
SOLDA TIG


Travel
Tungsten electrode
Gas passage
Shielding gas
Filler rod
Arc
Base metal
Molten weld metal
Solidified weld metal
Schematic of Tungsten Inert Gas welding (TIG)
Water cooled torch
Electrical conductor
Pressure regulator
ARGON
Water supply
Control unit
IN
OUT
Power source
Earth connection
Water to drain

SOLDA TIG

- **TIG – TUNGSTEN INERT GAS**
- **Processo de soldagem que utiliza eletrodos de tungstênio em atmosfera de gás inerte protetor.**
- **O processo TIG é especialmente indicado para alumínio, magnésio e respectivas ligas, aço inoxidável, titânio, molibdênio e, também utilizado para aços comuns e ligados para pequenas e médias espessuras.**
- **Na maioria dos casos o processo é manual.**
- **A soldagem automática pode ser exercida com e sem metal de adição, com boa regularidade de penetração e alta produtividade.**

SOLDA MIG/MAG

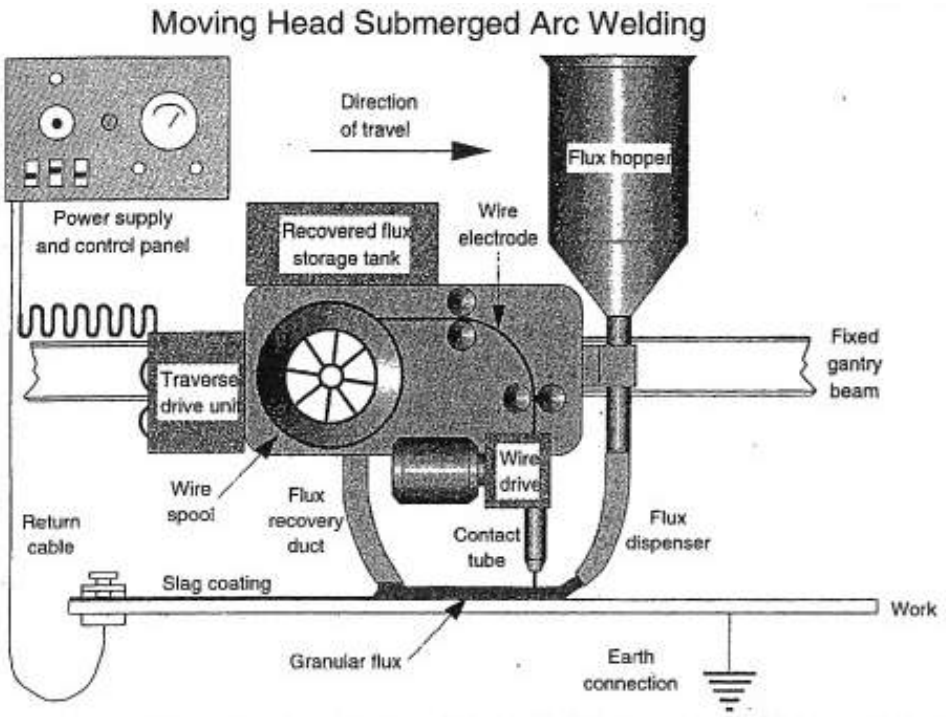


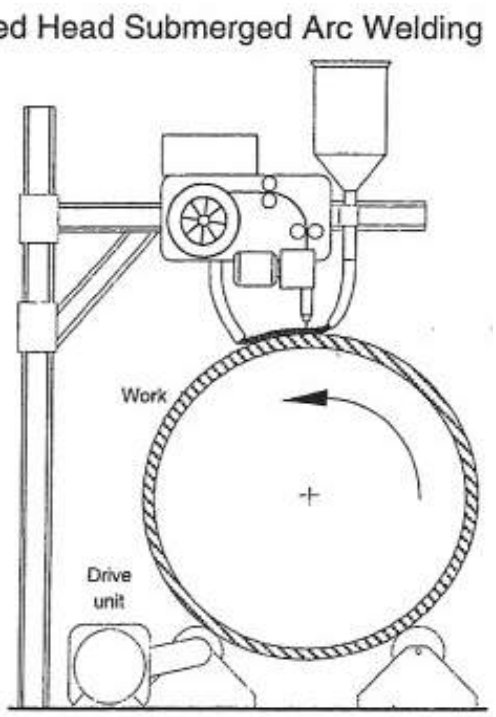
SOLDA MIG/MAG

- **MIG- METAL INERT GAS**
- **MAG-MMETAL ACTIVE GAS**

- **O eletrodo é um arame fino (0,8 – 1,6 mm) bobinado em carretéis.**
- **Utiliza-se de altas correntes, com altas velocidades de fusão.**
- **Os gases inertes ou ativos promovem a varredura anti-oxidante.**

SOLDA COM ARCO SUBMERSO





SOLDAGEM – ARCO SUBMERSO

- **Durante o processo, o arame nú é alimentado continuamente e funde-se no arco voltaico sob a proteção de um fluxo de pó.**
- **Os pós utilizados são diferenciados pelo tipo de fabricação, composição e granulação.**
- **O arco é recoberto por um banho de escória, que ao solidificar-se recobre o cordão, protegendo-o contra a oxidação.**
- **As densidades de corrente atingem, em arames de 2,4 mm, 150A/mm2.**
- **Como o arco é enclausurado na escória líquida, o rendimento térmico é elevado, fatores que propiciam grande velocidade de fusão.**
- **Utilizado para grandes espessuras de chapas.**
- **Tem limitação de posicionamento.**

SOLDAGEM COM ELETRODO TUBULAR

- **O processo é também denominado MAG com eletrodo tubular.**

  O arame-eletrodo é tubular, contendo interiormente ingredientes fluxantes, além de gases e vapores protetores do arco e formadores de escória de cobertura.

  Opera com maiores densidades de corrente.

CAP. 4 - SINTERIZAÇÃO

CONCEITUAÇÃO BÁSICA
HISTÓRICO
APLICAÇÕES E EXEMPLOS
NOVAS TÉCNICAS PERSPECTIVAS

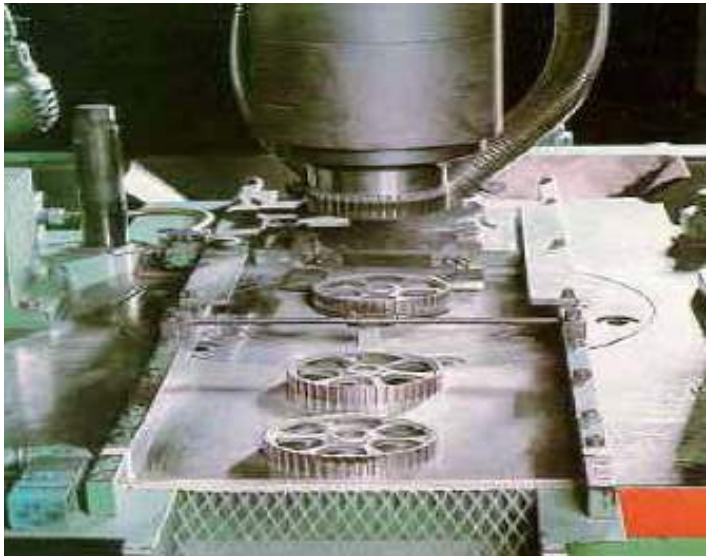
APLICAÇÕES

1-Ligas de ferro -com demanda de grande volume de produção de peças com precisão e qualidade estrutural
2 -Materiais de difícil processamento, onde as ligas de alta performance podem ser fabricadas com alta densidade e microestrutura uniforme
3-Ligas especiais de materiais compostos.(fabricados com processos de alta densificação)
4-Materiais em estado de não equilíbrio tais como: amorfos, nanocristais ou ligas metaestáveis
5-Materiais com forma ou ingredientes pouco comuns.
6-Materiais porosos.

CONCEITUAÇÃO

- **ENTENDE-SE A METALURGIA DO PÓ COMO A ARTE DE PRODUZIR PEÇAS,ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE PRESSÃO SOBRE PÓS-METÁLICOS OU CERÂMICOS, EM ESCALA COMERCIAL. RECORRE-SE A CALORES DURANTE OU APÓS COMPACTAÇÕES OU RECOMPACTUAÇÕES PARA GARANTIR A UNIÃO ENTRE AS PARTÍCULAS. SINTERIZAÇÃO PASSA A SER O AQUECIMENTO ABAIXO DO PONTO DE FUSÃO.**

COMPACTAÇÃO

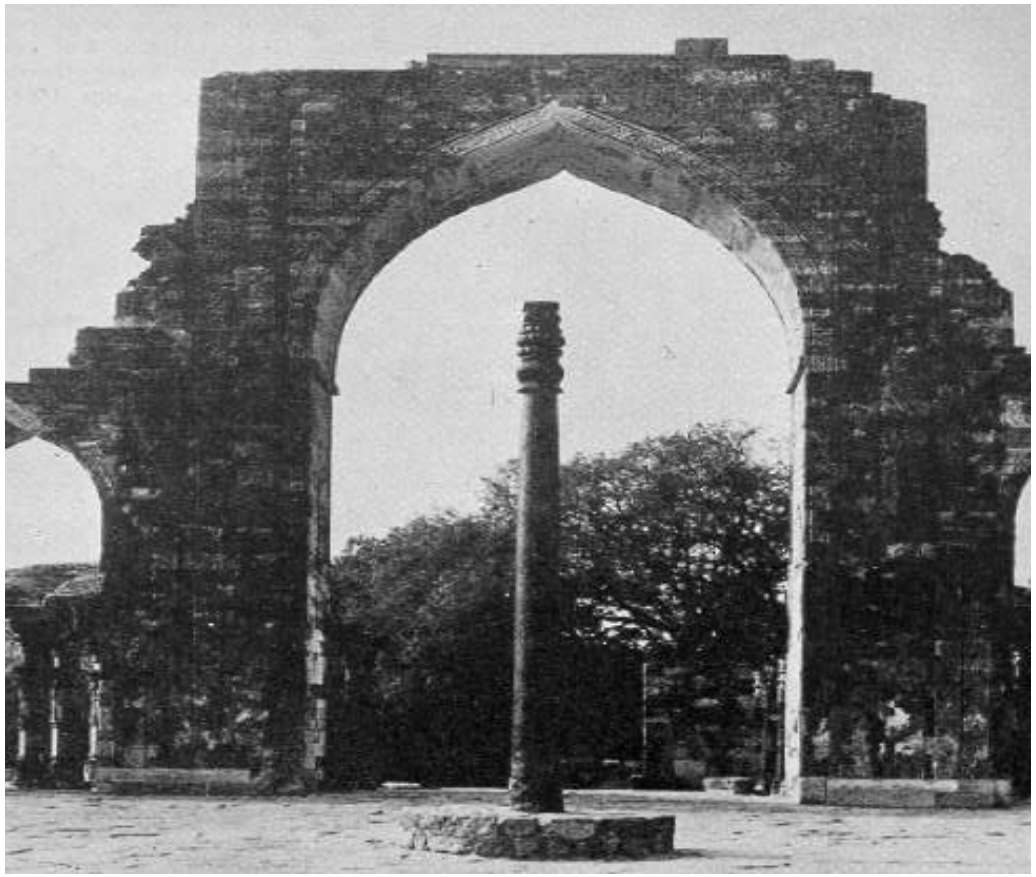


SINTERIZAÇÃO

HISTÓRICO

3000 AC -Egípcios-pó de ferro
300 DC -Índia -coluna de 6,5 t de pó de ferro reduzido
1800's -Consolidação do pó de platina por trabalho a quente -Rússia e Inglaterra
1905 -Filamentos de carbono
1910 -Filamentos de Tungstênio
1930's -Bronze poroso, Ag/grafite e carbetos
1940's -Ligas de tungstênio, ferro e metais refratários

COLUNA DE PÓ DE FERRO – ÍNDIA 300 DC



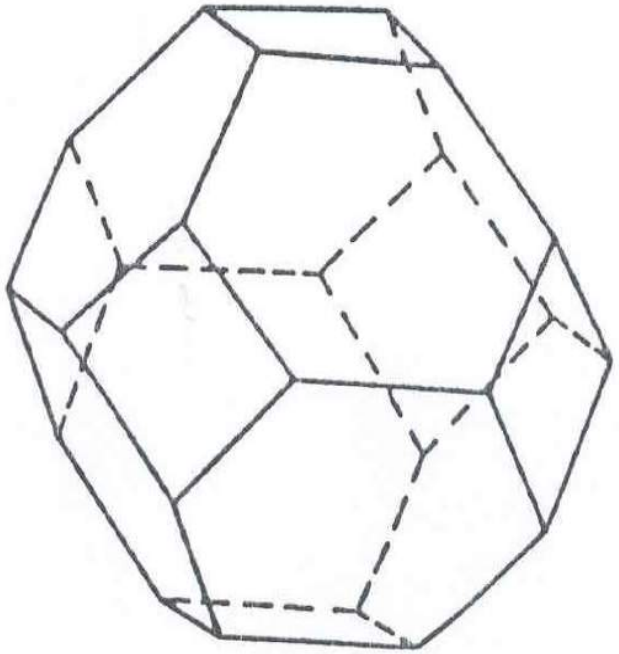
sinterização

- **PÓ -**
  Técnicas de produção,Tamanho das partículas,Forma,Microestrutura,Composição e Fricção*
  PROCESSO -
  Compressão,Compressão a quente,Extrusão, Forja e Sinterização*
  PROPRIEDADES -
  Densidade,Resistência,Ductilidade, Condutibilidade e Microestrutura*

conjunto de poliedros que permitam uma ocupação perfeita do espaço tridimensional

Tetracaidecaedro

Estádio intermédio: conjunto de poliedros que permitam uma ocupação perfeita do espaço tridimensional. Vários elementos sólidos têm sido utilizados para modelar as diversas fases da sinterização, no entanto o tetracaidecaedro é aquele que permite resultados mais rigorosos.

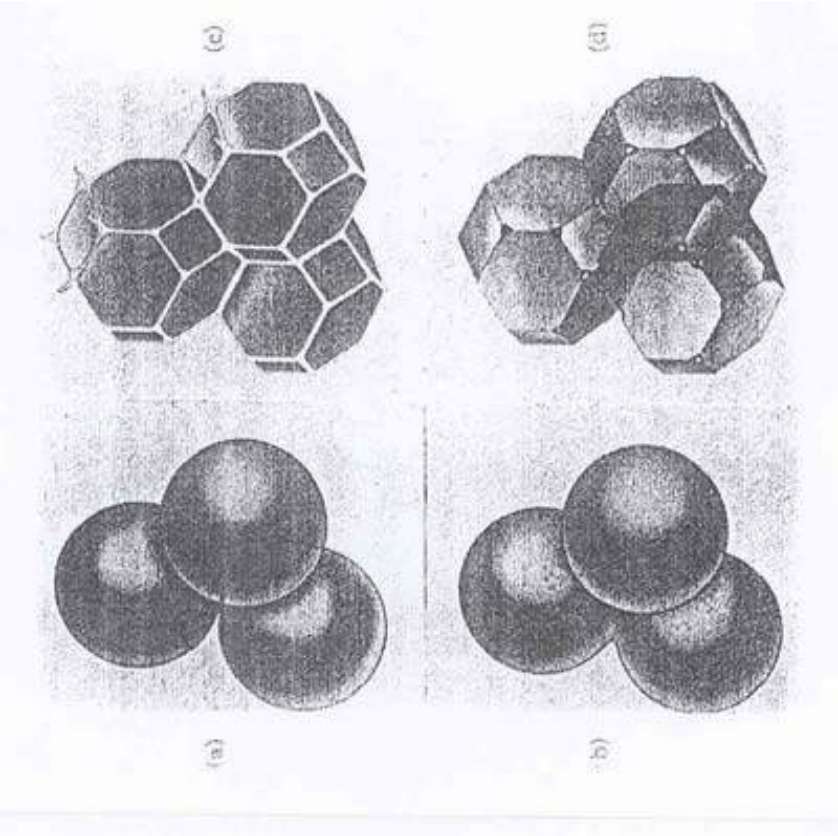


ESTÁDIOS DE SINTERIZAÇÃO (COBLE)

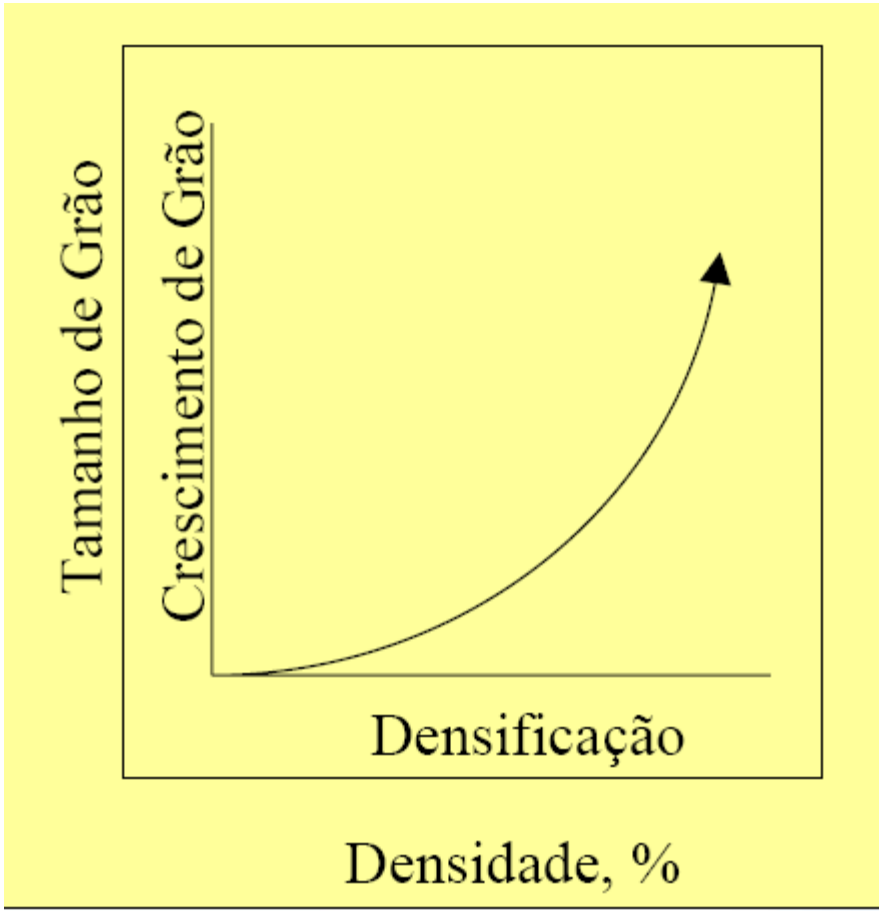
1. Formação e crescimento de colos entre as partículas (b).

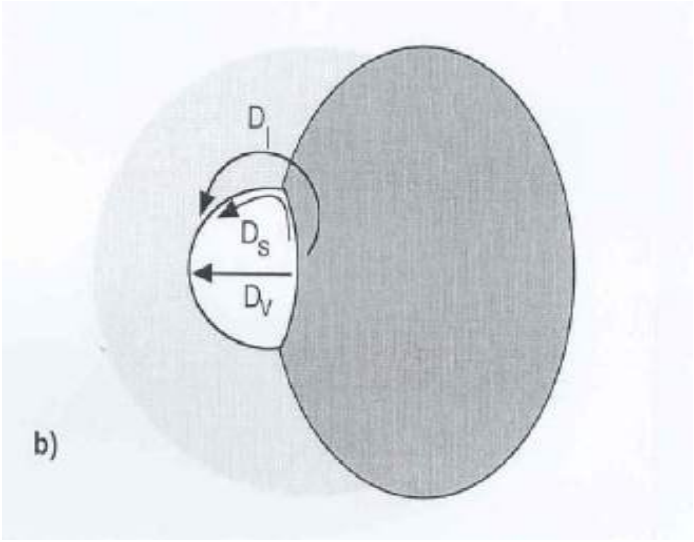
2. Poros formam canais contínuos ao longo das arestas comuns a três tetracaidecaedros. Migração das juntas de grão e aumento significativo da densidade (c).

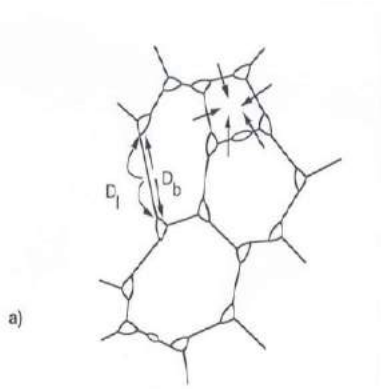
3. Poros ficam isolados nos vértices comuns.



DENSIFICAÇÃO







CRESCIMENTO DE GRÃO

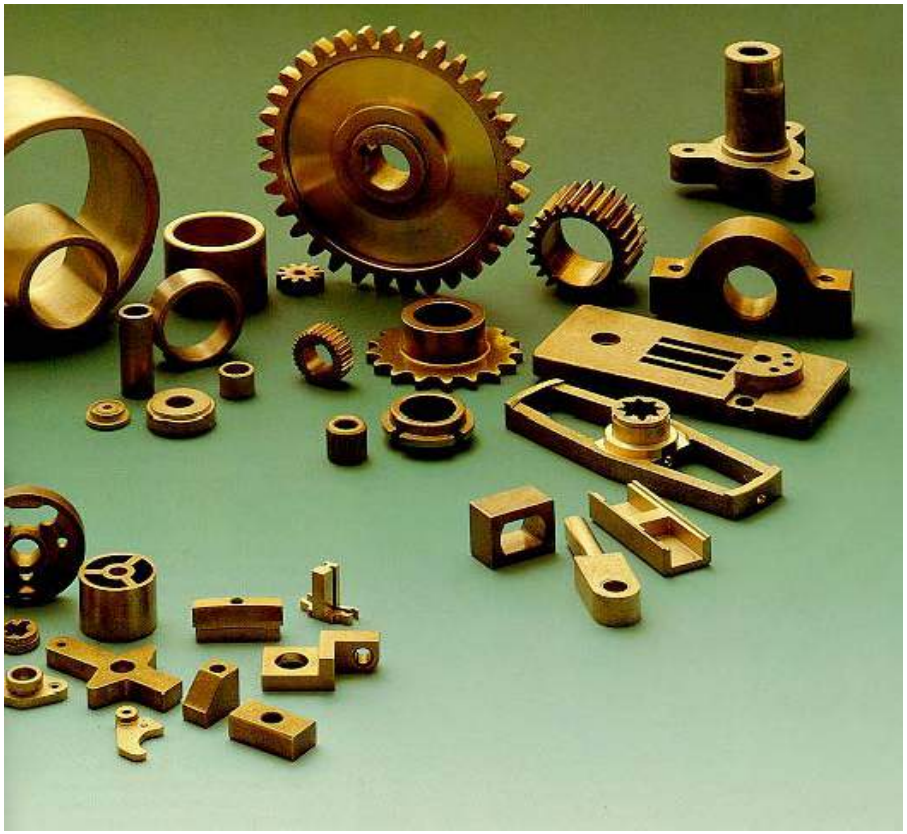
- É um processo ativado termicamente que ocorre por migração das juntas de grão na direção dos seus centros de curvatura.
- A força catalisadora para crescimento de grão é a redução da energia livre do sistema, que ocorre à medida que a área dos limites de grão diminui.
- A nível local, a força catalisadora para migração das juntas de grão é o gradiente do potencial químico que deriva da diferença de pressão ao longo da superfície curva (a junta de grão) –tensão superficial.

Material Estrutural

MATERIAL ESTRUTURAL

COMPONENTES AUTOMOTIVOS

MATERIAIS POROSOS AUTOLUBRIFICANTES

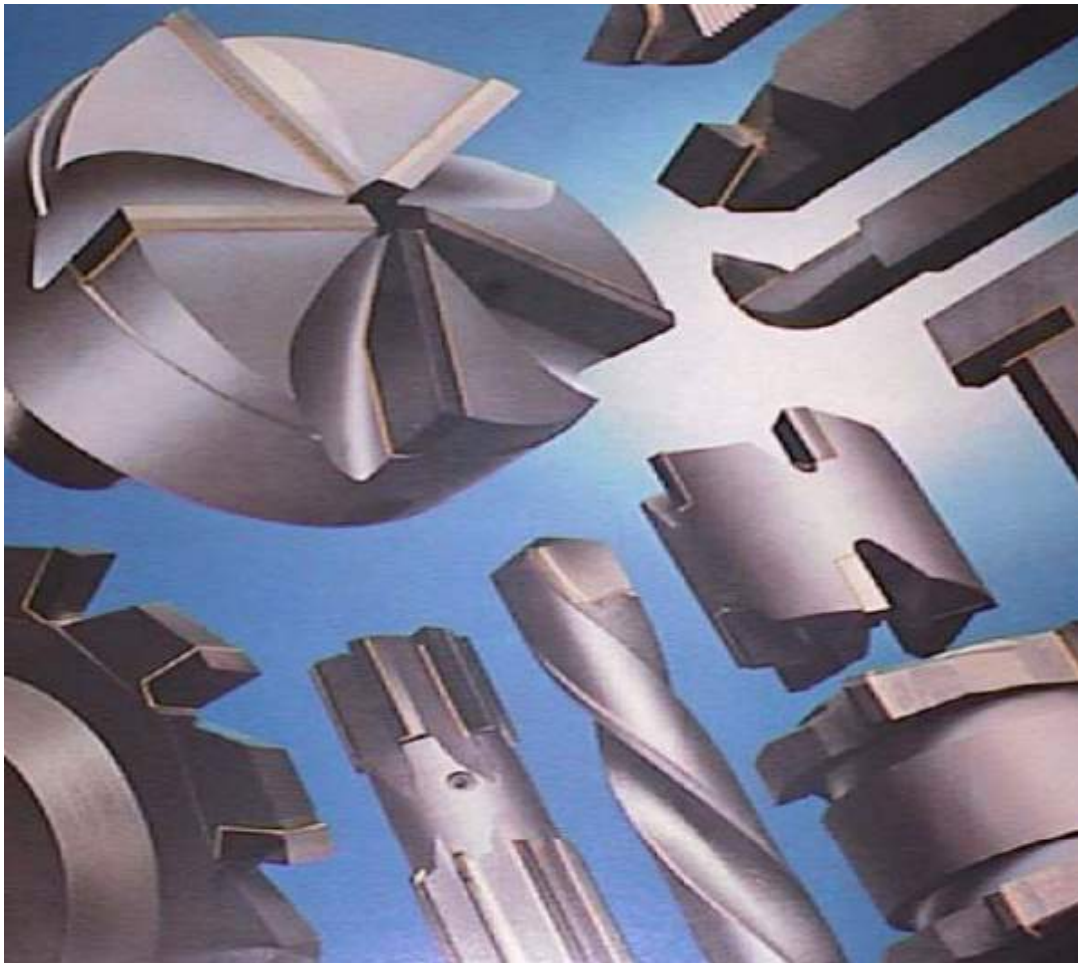


MATERIAIS CERÂMICOS

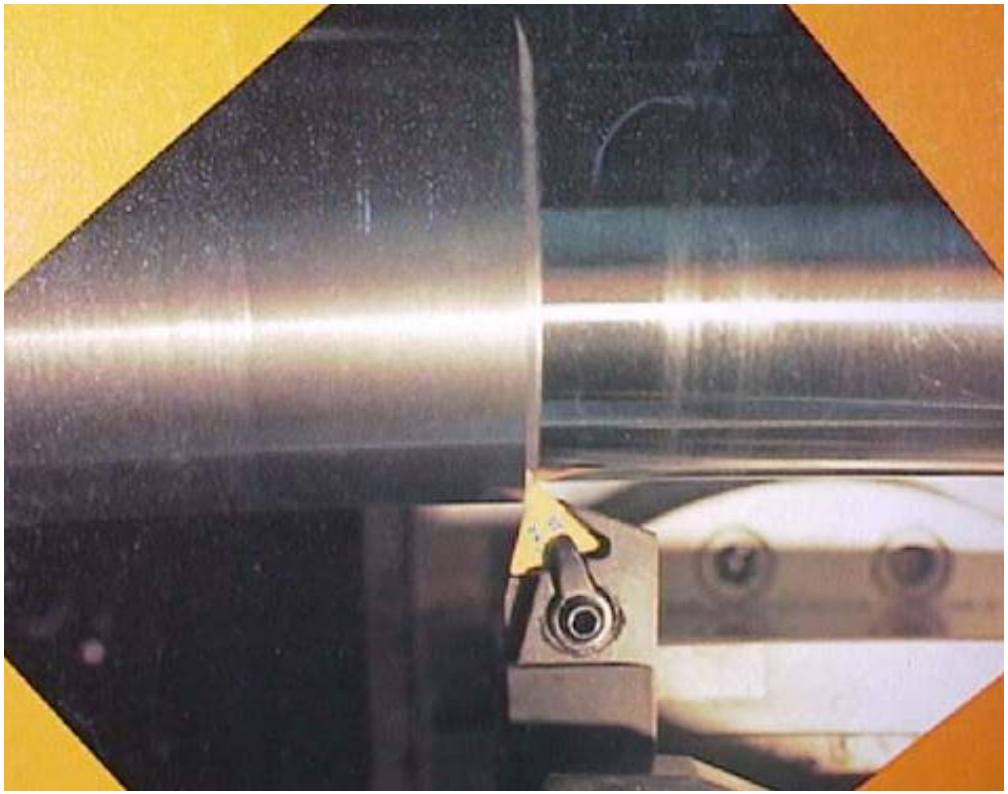
MATERIAIS MAGNÉTICOS

METAL DURO - CARBONETOS

FERRAMENTAS DE METAL DURO

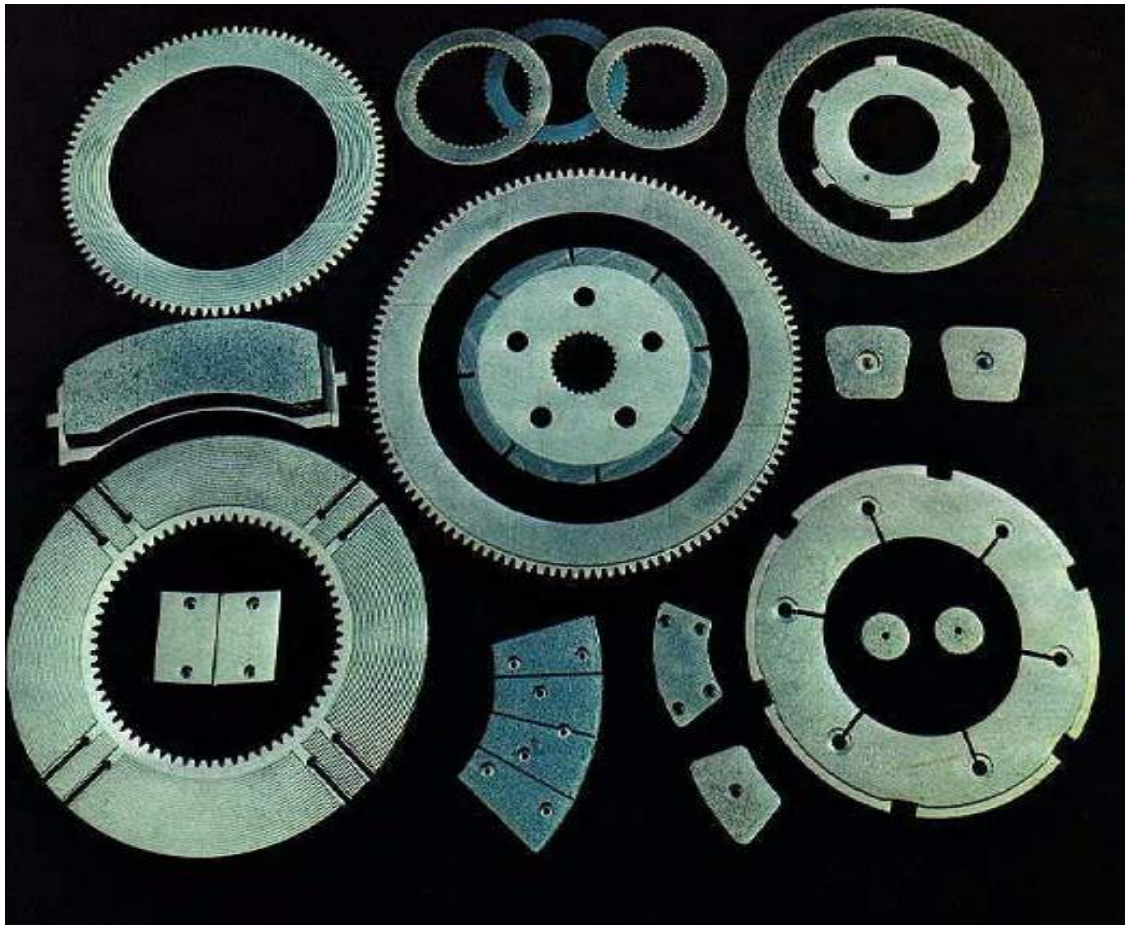


FERRAMENTA DE METAL DURO EM TORNEAMENTO



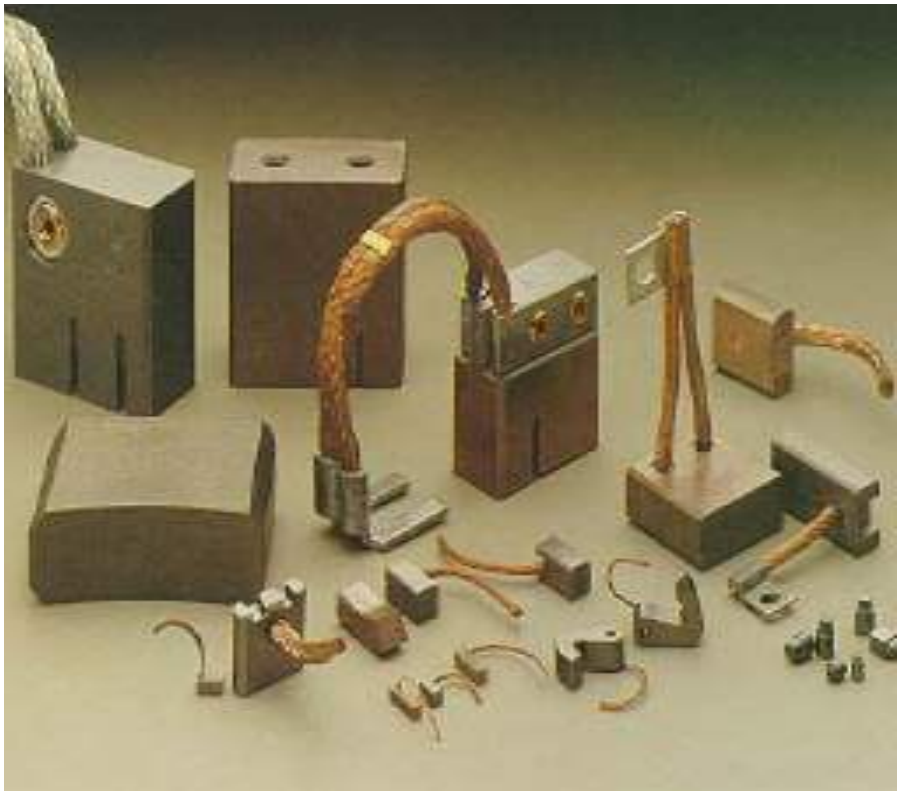
MATERIAIS ABRASIVOS

MATERIAIS PARA FRICÇÃO



CONTACTOS ELÉTRICOS – METAIS REFRATÁRIOS

CONTACTOS ELÉTRICOS- GRAFITA



CAP.5- INJEÇÃO DE MATERIAIS POLIMÉRICOS

Descrição do Processo

Grânulos de materiais não polimerizados são aquecidos e então forçados, sob pressão para o interior da cavidade da matriz. Componentes produzidos possuem rebarbas características deixadas em sua superfície.

Materiais

Geralmente termoplásticos, mas termofixos, compósitos e elastômeros também podem ser processados.

Variações do Processo

Reação da Moldagem por Injeção: dois fluidos reativos são forçados sob pressão para o interior do molde produzindo uma parte termofixa (reação química irreversível).

CONSIDERAÇÕES ECONOMICAS

Altas taxas de produção, com tempos de ciclo tipicamente entre 10-60 segundos.

Partes termofixas geralmente possuem longos tempos de ciclo.

Primeiros tempos podem ser de algumas semanas, devido à produção de cavidades complexas.

Boa utilização de material. Sobras são geradas em forma de rebarbas e elevações**.**

Se o material permitir, pontos de injeção e canais de alimentação podem ser reusados gerando pouca perda de material.

Flexibilidade limitada por cavidades dedicadas, cavidades de comutação e tempos de ativação de maquina.

Econômico para altas taxas de produção – tipicamente > 10,000.

Custos instrumentais altos.Cavidades são geralmente feitas de aço ferramenta.

Custos de equipamento são de moderados a altos.

Baixos custos de trabalho direto.

Baixos custos finais - poucos acabamentos são necessários

APLICAÇÕES TÍPICAS

Componentes plásticos complexos e de alta precisão.

Componentes elétricos.

Mecanismos.

Recipientes.

Tampas de garrafa.

Utensílios domésticos.

Cabos de ferramentas.

ASPECTOS DE DESIGN

Formatos muito complexos com detalhes intrincados são possíveis.

Bolsões, buracos, saliências e reentrâncias menores são características comuns.

Os raios necessitam ser os mais generosos possíveis.

Espessura uniforme da seção necessita ser mantida.

Mudanças de seções marcadas precisam ser afiladas suficientemente.

ASPECTOS DE DESIGN

Cantos vivos e características de pressão permitem consolidação das partes.

Formas de Linha também são possíveis.

O posicionamento de uma linha divisória é importante, pois evita a colocação de linhas através de dimensões críticas.

Insertos podem ser moldados dentro (insertos metálicos para condução elétrica).

A força de aperto requerida é proporcional à área projetada da parte moldada.

Alcance de ângulos de esboço de menos de 1-3º tipicamente, dependendo da profundidade da seção.

Máxima seção em torno de 13mm.

Mínima seção em torno de 0,4mm para termoplásticos e 1mm para termofixos.

Alcance de tamanho de 10g a 25kg em peso para termoplásticos e máximo de 6kg para termofixos.

QUALIDADE

Seções muito densas podem ser problemáticas.

Necessário o cuidado no design dos sistemas de portas e corridas quando múltiplas cavidades são usadas para garantir um completo preenchimento da cavidade.

Não apropriado para a produção de recipientes de pescoços estreitos.

Controle da temperatura (material e molde) é critico, assim como a relação pressão / velocidade de injeção, condição da resina, interrupções e tempos de esfriamento.

Forças de aperto adequadas são necessárias para prevenir o molde de gerar rebarbas.

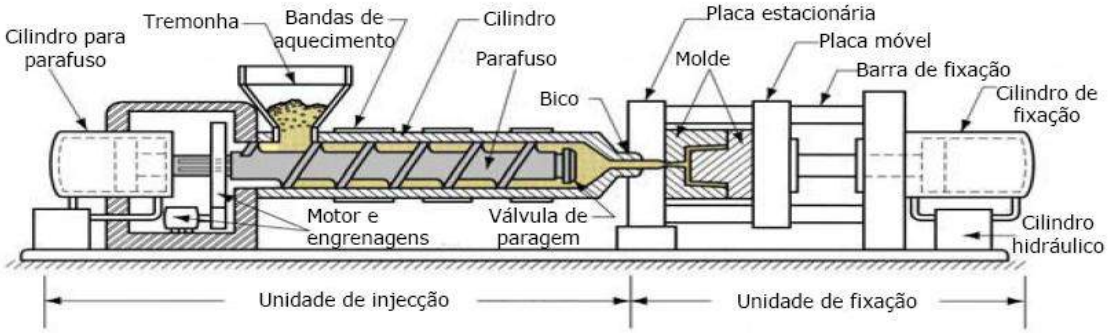
Geralmente partes moldadas termoplásticas não necessitam de remoção de rebarbas, enquanto partes termofixas geralmente necessitam dessa operação.

Acabamento superficial obtido é excelente.

Rugosidade superficial é obtida em função das condições da cavidade. Tipicamente, 0,2 – 0,8μm Ra é possível.

Tolerâncias dimensionais são por volta de ± 0,1mm.

MOLDAGEM POR INJEÇÃO

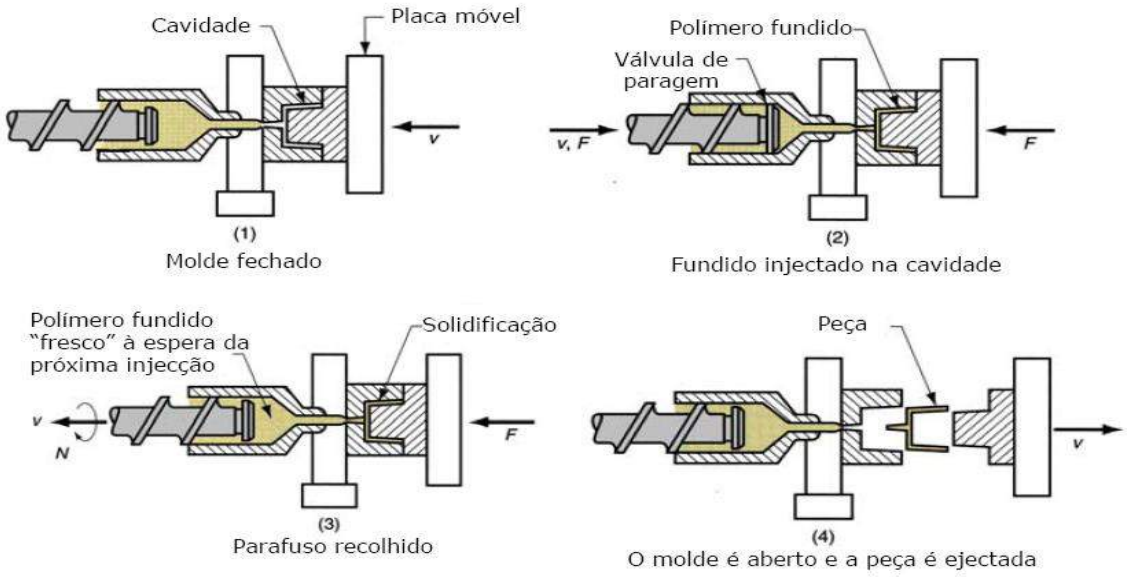


Moldagem por injeção é um processo cíclico de transformação de termoplásticos e abrange as seguintes etapas:

- Transporte do Material
- Aquecimento e fusão da resina
- Homogeneização do material fundido
- Injeção do extrudado no interior da cavidade do molde
- Resfriamento e solidificação do material na cavidade
- Ejeção da peça moldada

MOLDAGEM POR INJEÇÃO

A resina deverá ser isenta de umidade, colocada no funil de alimentação, o qual deve estar constantemente tapado para evitar poeira e outras sujidades. As peças injetadas são separadas do canal de injeção e inspecionadas pelo operador enquanto se inicia outro ciclo. Os canais de injeção são moídos e retornados ao processo numa proporção estabelecia.



VANTAGENS

Peças podem ser produzidas com altas taxas de produtividade

Produção de peças de grandes volumes

Custo de mão-de-obra é relativamente baixo

O processo é altamente suscetível à automação

Peças requerem pouco ou nenhum acabamento

As peças podem ser moldadas com insertos metálicos

DESVANTAGENS

Competição acirrada oferece baixa margem de lucro

Os moldes são muito caros

A qualidade das peças é difícil de ser determinada imediatamente

Falta de conhecimento dos fundamentos causa problemas.

VARIÁVEIS DO PROCESSO

TEMPERATURAS

PRESSÕES

TEMPOS

MÁQUINA INJETORA

POLÍMERO UTILIZADO

EXPERIÊNCIA DO OPERADOR

PROJETO DO PRODUTO E DO MOLDE

Defeitos Típicos de Peças Moldadas por Injeção

Estrias Marrons

Surgimento de estrias de coloração marrom, amarelada ou mesmo preta na peça injetada devido à degradação do polímero.

CAUSAS

Matéria-prima

MATERIAL TERMICAMENTE SENSÍVEL

INSTABILIDADE TÉRMICA DE ADITIVOS

PRESENÇA DE UMIDADE NO POLÍMERO

POLÍMERO CONTAMINADO

PRESENÇA DE FINOS

Máquina Injetora

CISALHAMENTO EXCESSIVO NA ROSCA

OBSTRUÇÃO DO FLUXO DO MATERIAL

CISALHAMENTO EXCESSIVO NA VÁLVULA DE NÃO RETORNO

CISALHAMENTO EXCESSIVO NO BICO DA INJETORA

PONTOS MORTOS NO TRAJETO DO MATERIAL

CAUSAS

Processamento

TEMPERATURA DO CANHÃO MUITO ALTA

ROTAÇÃO DA ROSCA MUITO ELEVADA

TEMPO DE RESIDÊNCIA MUITO LONGO

CONTAPRESSÃO MUITO ELEVADA

COLCHÃO MUITO GRANDE

VELOCIDADE DE INJEÇÃO MUITO ALTA

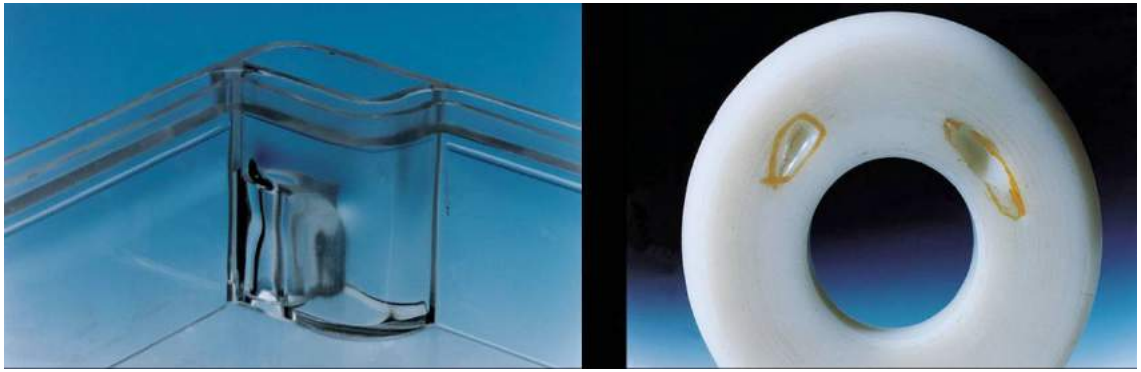
Projeto do Molde

RESTIÇÕES NO PONTO DE INJEÇÃO OU CANAIS DE ALIMENTAÇÃO

CANTOS AFIADOS

VAZIOS OU RECHUPES

Depressões originadas na superfície da peça injetada (rechupes) ou bolhas internas (vazios) normalmente só visíveis em peças transparentes, decorrentes da contração do polímero.



CAUSAS

Matéria-prima

CONTRAÇÃO DO POLÍMERO

Máquina Injetora

VÁLVULA DE NÃO RETORNO COM PROBLEMAS

Processamento

DOSAGEM INSUFICIENTE

PRESSÃO DE RECALQUE BAIXA

VELOCIDADE DE INJEÇÃO BAIXA

PRESSÃO DE INJEÇÃO BAIXA

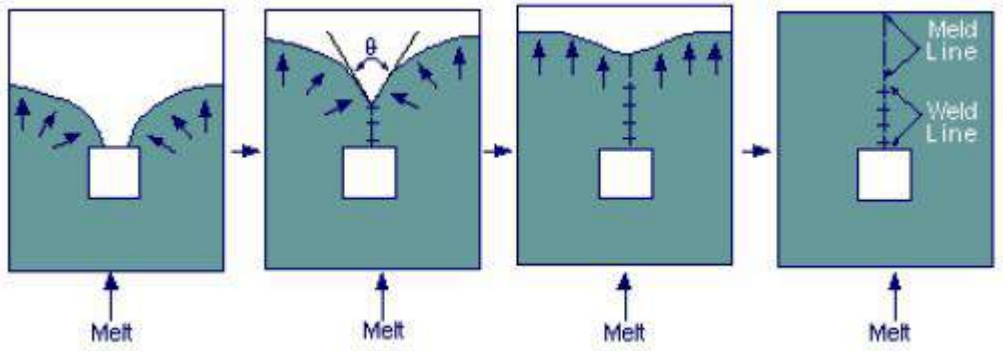
TEMPO DE RECALQUE MUITO CURTO

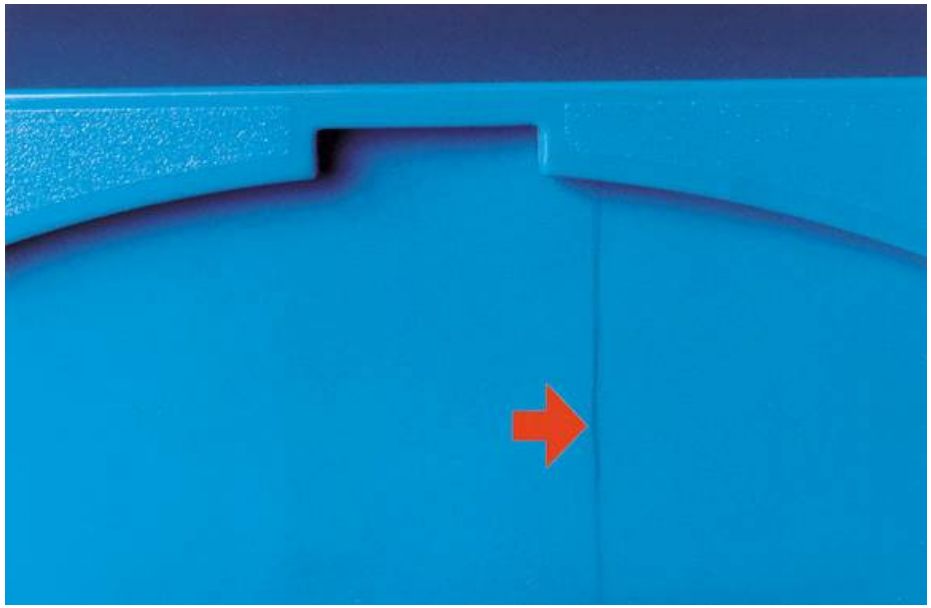
Projeto do Molde

RESTIÇÕES NO PONTO DE INJEÇÃO OU CANAIS DE ALIMENTAÇÃO

PONTOS DE INJEÇÃO MUITO RESTRITOS

LINHAS DE SOLDA





CAUSAS

Projeto do Molde

VISCOSIDADE DO MATERIAL ELEVADA

PRESENÇA DE CARGAS

PRESENÇA DE ADITIVOS INSTÁVEIS QUE GERAM GASES

Processamento

GEOMETRIA DO PARAFUSO INADEQUADA

OBSTRUÇÕES NO BICO DA INJETORA

Máquina Injetora

TEMPERATURA DO MOLDE MUITO

TEMPERATURA DO MATERIAL BAIXA

VELOCIDADE DE INJEÇÃO BAIXA

PRESSÃO DE INJEÇÃO BAIXA

PRESSÃO DE RECALQUE BAIXA

Matéria-prima

RESTIÇÕES NO PONTO DE INJEÇÃO OU CANAIS DE ALIMENTAÇÃO

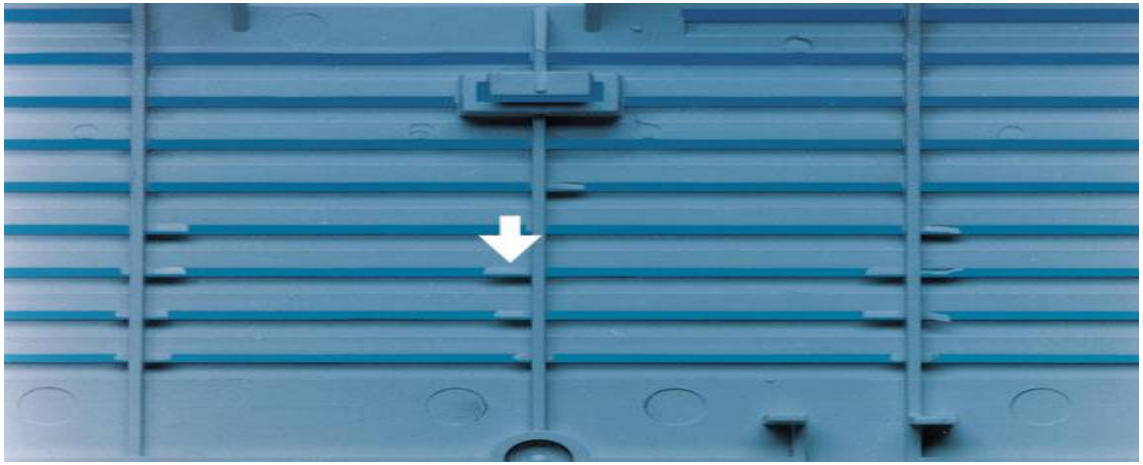
SAÍDAS DE GASES INEFICIENTES

POSIÇÃO E/OU NÚMERO DOS PONTOS DE INJEÇÃO

FORMAÇÃO DE REBARBA

Rebarbas

Material fundido é forçado para fora das cavidades pela linha de abertura do molde.

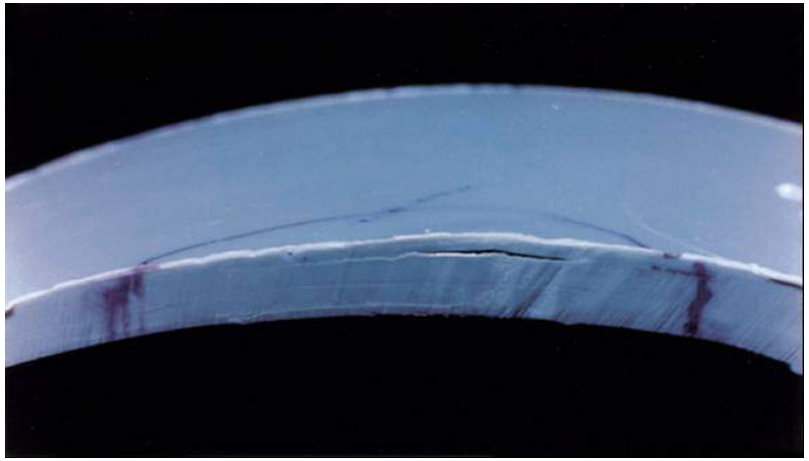


CAUSAS

FORÇA DE FECHAMENTO INSUFICIENTE
TEMPERATURA DO POLÍMERO ALTA
PRESSÃO DE RECALQUE ELEVADA
VELOCIDADE DE INJEÇÃO MUITO ALTA

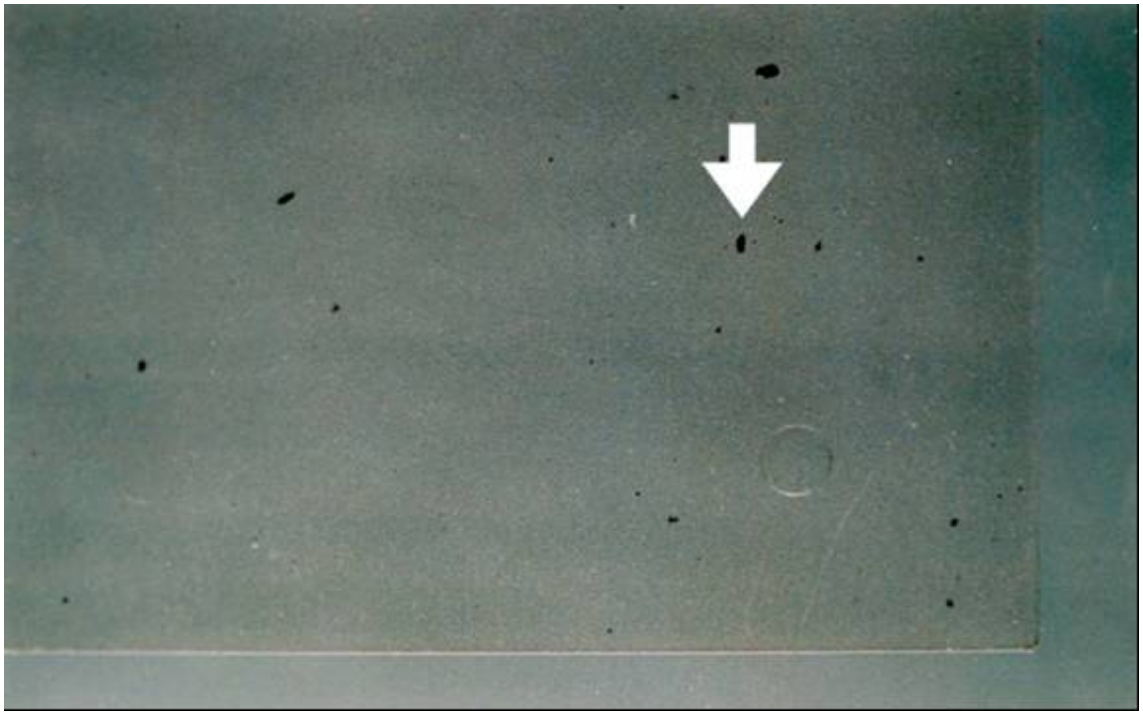
DELAMINAÇÃO

Separação do polímero em camadas, normalmente mediante a aplicação de uma força, causada pela presença de contaminantes (outro polímero ou mesmo aditivos) incompatíveis com o polímero.



PONTOS PRETOS

Surgimento de pequenas partículas encravadas na peça causadas pela carbonização do polímero.



CAUSAS

FORMAÇÃO DE UM FILME DE MATERIAL DEGRADADO RECOBRINDO O PARAFUSO OU O CANHÃO QUE SE DESPRENDE A CADA CICLO

PRESENÇA DE FINOS NO MATERIAL, PRINCIPALMENTE EM RECICLADOS

EFEITO DIESEL

Carbonização do material geralmente ocorrida nas regiões de final de fluxo e em alguns casos nas regiões de encontro das linhas de solda.

CAP. – 6 - TOLERÂNCIAS

Entende-se por tolerância, a variação permitida na medida de uma peça durante sua usinagem. Essa variação é permitida por **existir** sempre um erro que não se pode evitar, motivado pela imperfeição dos instrumentos de medição, das máquinas e do operador.

Intercambiabilidade - Para que não surjam dificuldades durante a montagem de peças é preciso que as mesmas se ajustem perfeitamente bem nos seus lugares, *sem retoque*; elas precisam, portanto, ser *intercambiáveis.*

Intercambiabilidade é então a propriedade que as peças produzidas em série ou em cadeia têm de poder ser montadas sem retoque e ser substituídas entre si sem prejuízo do seu funcionamento.

STIPKOVIC-336

SISTEMA INTERNACIONAL DE TOLERÂNCIA - ISO

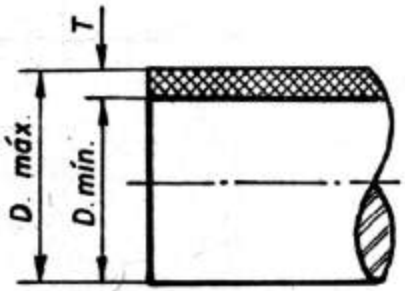
Êsse sistema é constituído de uma série de princípios, regras e tabelas que permitem a escolha racional de tolerâncias para a produção econômica de peças mecanicas intercambiáveis.

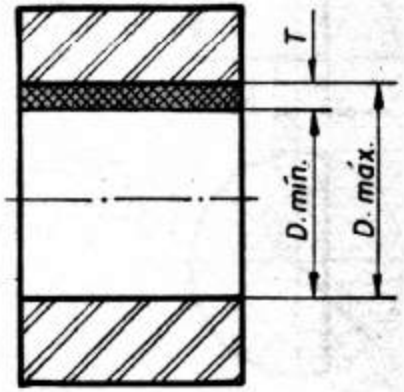
Para tornar mais fácil o entendimento desse sistema, seus principais pontos serão a seguir estudados em detalhes.

TOLERÂNCIA - IT

É a variação permitida na dimensão da peça, dada pela diferença entre as dimensões máxima e mínima.

A unidade de tolerância adotada é o μ (milésimo de milímetro).





STIPKOVIC-338

DIMENSÕES

Dimensão Máxima (D. máx.)

É o valor máximo permitido na dimensão efetiva da peça. Ela fixa o limite superior da tolerância.

Dimensão Minima. (D. min.)

É o valor minimo permitido na dimensão efetiva da peça. Ela fixa- o limite inferior da tolerância.

Dimensão Efetiva (D. ef.)

Dimensão efetiva ou real é o valor que se obtém medindo a peça.

Dimensão Nominal (D. nom.) ou linha zero.

É apenas uma dimensão de base, pois, a medida efetiva da peça depende da tolerância. É aquela que vem marcada no desenho, isto é, a cota da peça.

STIPKOVIC-339

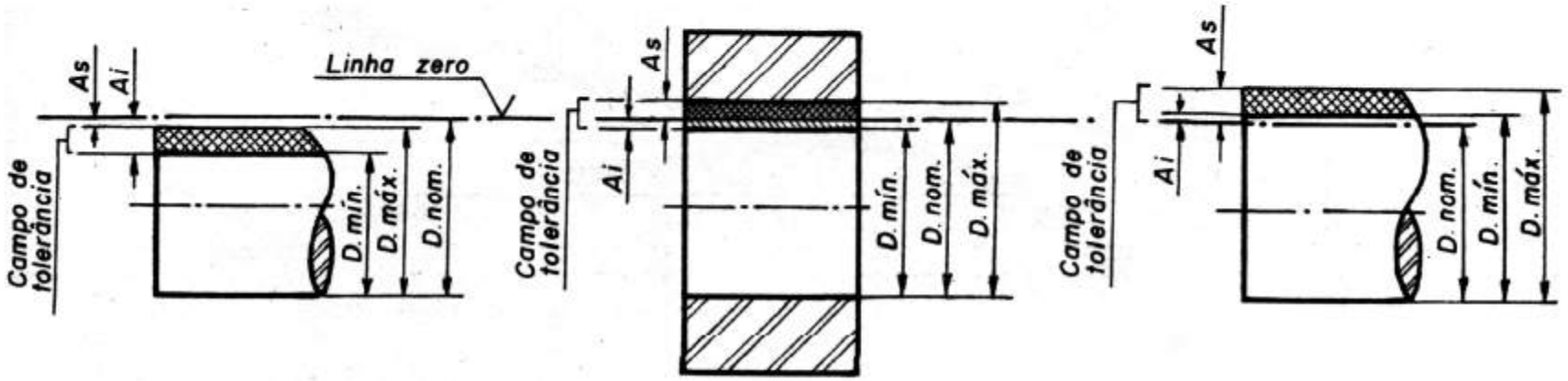
AFASTAMENTOS

Afastamentos - (As e Ai):

Superior - é a diferença entre as dimensões máxima e nominal.

Inferior - é a diferença entre as dimensões mínima e nominal.

Convencionou-se considerar positivos os valores dos afastamentos que sé encontram sobre a linha zero e negativos aqueles situados abaixo da mesma.



CAMPOS DE TOLERÂNCIA

Conjunto dos valores compreendidos entre os afastamentos superior e inferior. Corresponde também ao intervalo que vai da dimensão máxima à dimensão mínima.

O sistema de tolerância ISO prevê a existência de 21 campos, representados por letras do alfabeto latino, sendo as maiúsculas para os furos e as minúsculas para os eixos.

Furos:

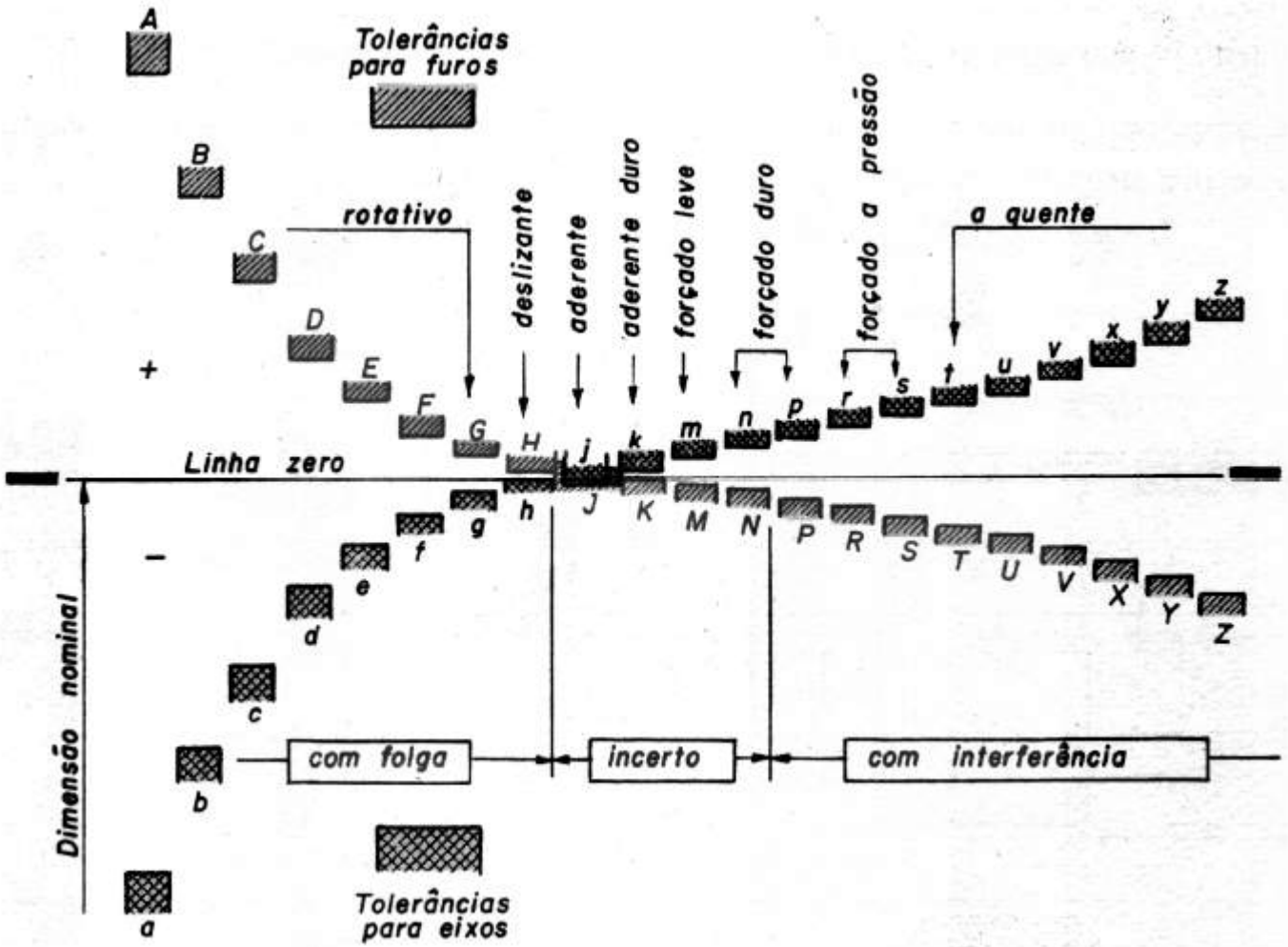
A B C D E F G H J K M N P R S T U V X Y Z

Eixos:

a b c d e f g h j k m n p r s t u v x y z

Estas letras indicam as posições dos campos de tolerâncias em relação à linha zero, indicando as primeiras os ajustes móveis e as últimas os ajustes forçados sob pressão.

CAMPOS DE TOLERÂNCIA



STIPKOVIC-342

GRUPO DE DIMENSÕES

O sistema de tolerância ISO foi estudado para a produção de peças **mecânicas intercambiáveis** com dimensões compreendidas entre 1 e 500 mm.

Para simplificar o sistema e facilitar a sua utilização prática esses valores foram reunidos em 13 grupos de dimensões:

Grupos e dimensões em milímetros												
1	*> 3*	*> 6*	*> 10*	*> 18*	*> 30*	*> 50*	*> 80*	*> 120*	*> 180*	*> 250*	*> 315*	*> 400*
a	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*
3	*6*	*10*	*18*	*30*	*50*	*80*	*120*	*180*	*250*	*315*	*400*	*500*

STIPKOVIC-343

QUALIDADE DE TRABALHO

A qualidade das peças dos britadores, das tesouras e outras máquinas grosseiras nao é a mesma das peças pertencentes a plainas, tornos mecânicos, fresadoras, etc.

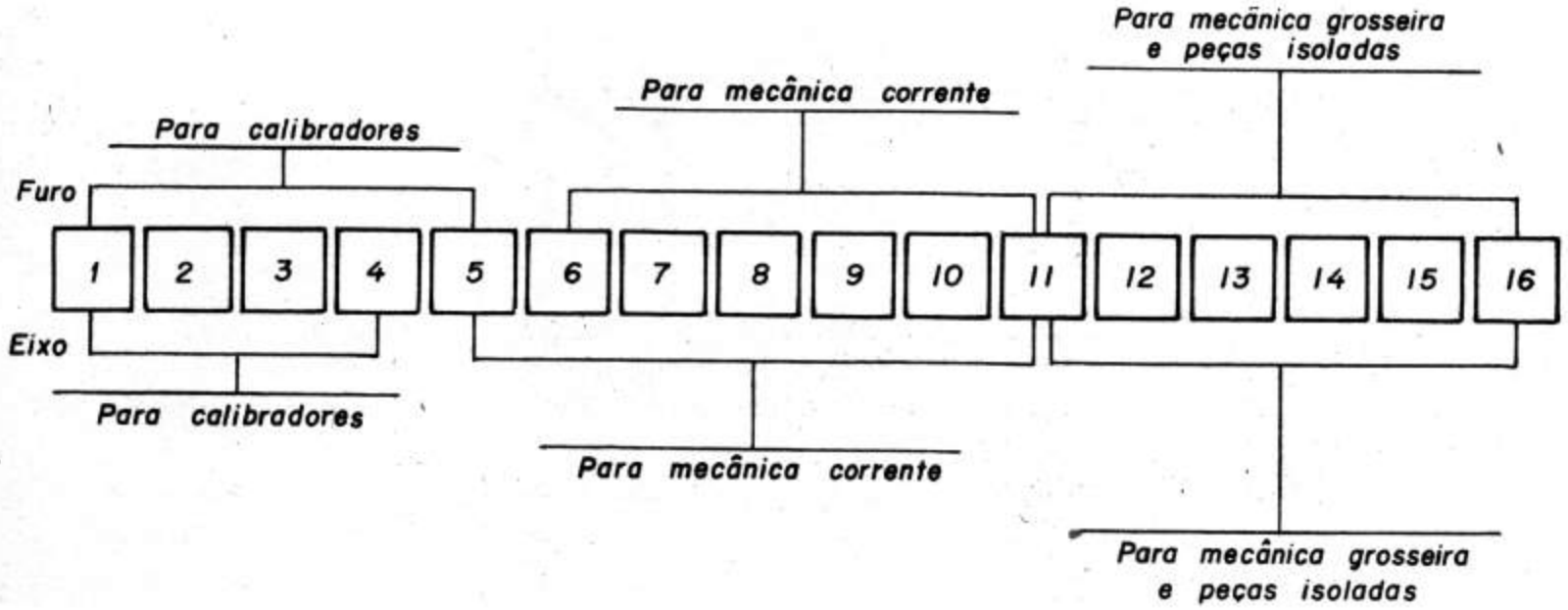
Enquanto o acabamento das primeiras é apenas regular e os seus ajustes têm folgas consideráveis, as últimas não somente exigem um acabamento melhor como também ajustes mais exatos.

Justamente por essa razão o sistema ISO estabelece 16 qualidades de trabalho, capazes de serem adaptadas a quaisquer tipos de produção mecânica.

Essas qualidades são designadas por **IT** 1, **IT** 2... **IT** 16 (**I** de ISO e **T** de tolerância).

STIPKOVIC-344

QUALIDADE DE TRABALHO



STIPKOVIC-345

QUALIDADE DE TRABALHO

a) *As qualidades de 1 a 5*, correspondem à mecânica extraprecisa - é reservada particularmente para calibradores.

b) *A qualidade 6,* corresponde à mecânica muito precisa. É indicada para eixos das máquinas ferramentas como: fresadoras, retificadores, etc.

c) *A qualidade* 7, indica mecânica de precisão.

d) É particularmente prevista para furos que se ajustam com eixos de qualidade 6.

e) *A qualidade 8, é* de média precisão. Indicada para eixos que se ajustam com qualidade 7. Presta-se também para a execução de peças de máquinas que não exigem muita precisao nos ajustes.

f) *A qualidade 9-* designa a mecânica corrente. É indicada para a execução de certos órgãos de máquinas industriais que se podem ajustar com folgas consideráveis.

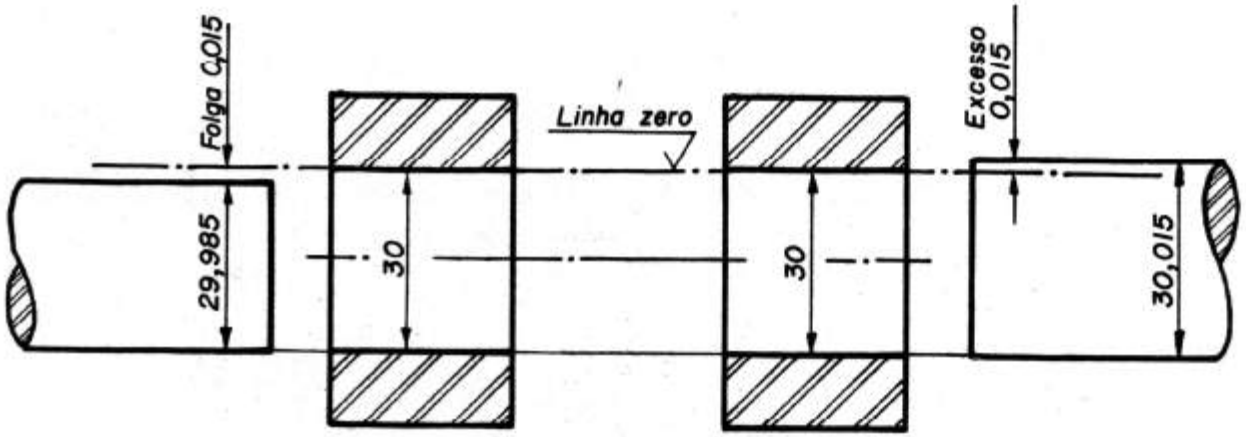
g) *As qualidades 10 e* 11 indicam mecânica ordinária.

h) *As qualidades que vão de 12 a 16* são empregadas em mecânica grosseira.

AJUSTE MECÂNICO

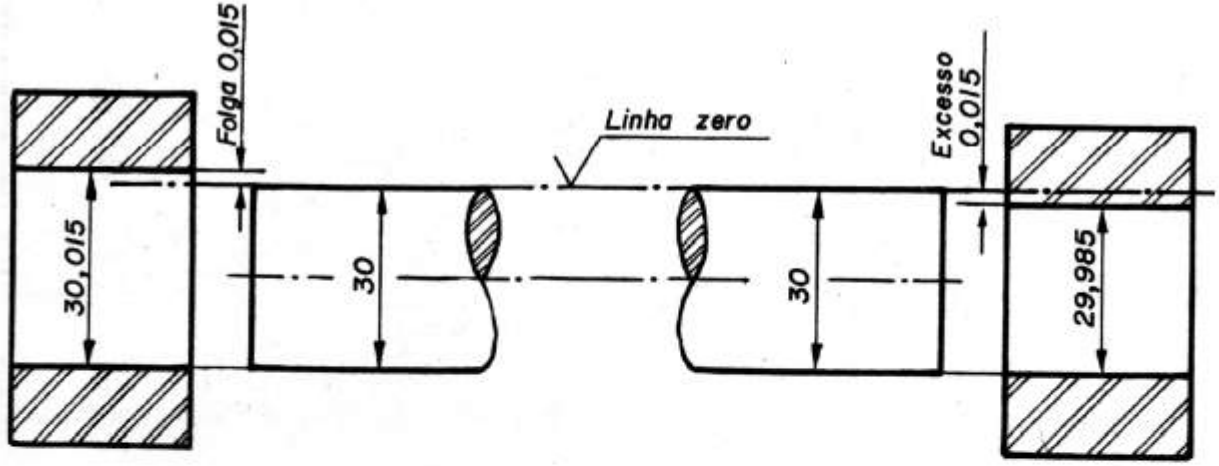
É o encaixe obtido entre duas peças de forma inversa (macho e fêmea), sem que entretanto, durante sua usinagem, uma tenha sido verificada com a outra.

Se na execução de uma máquina houvesse vários furos com a mesma dimensão, nos quais os **eixos** devessem, alguns girar, outros deslizar e outros ficar presos, todos os furos poderiam ser executados *dentro da mesma* tolerância, dando-se entretanto para os eixos tolerâncias diferentes de acordo com a função de cada um.



STIPKOVIC-347

AJUSTES MECÂNICOS



No primeiro caso, observa-se que variam as dimensões do eixo; no segundo caso variam as dimensões do furo.

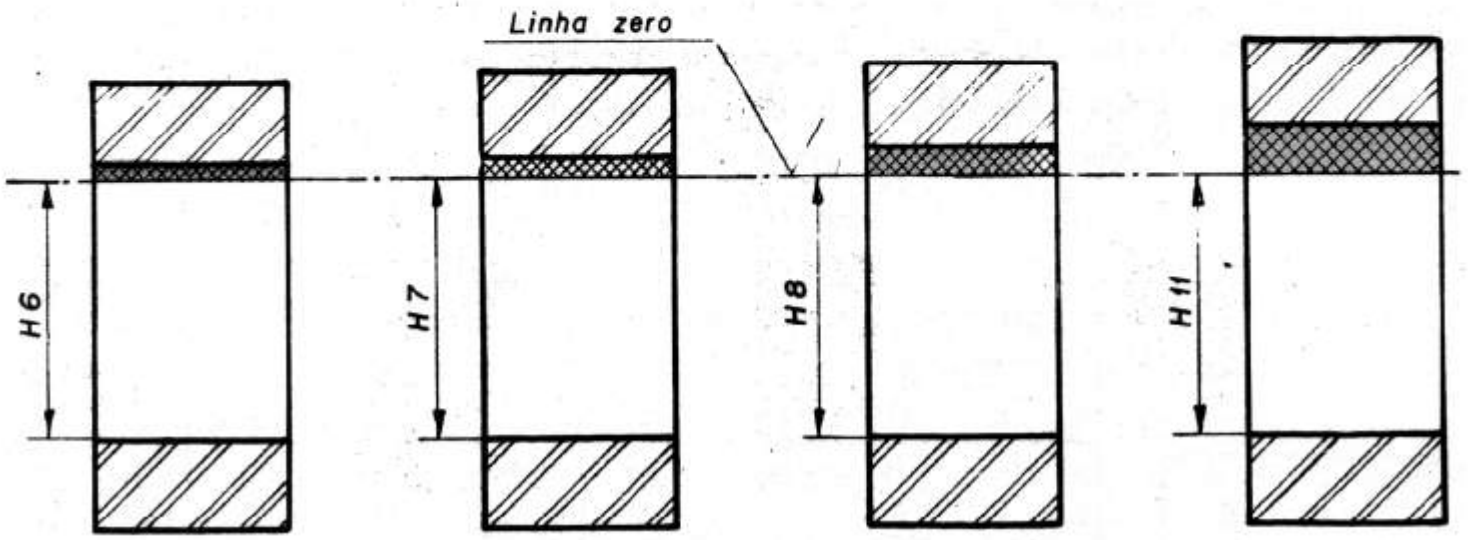
A possibilidade de se conseguir todos os encaixes possíveis, variando apenas o eixo ou o furo, deu margem a que se criassem duas classes de ajustes ISO que são: *Sistema furo base e sistema eixo base.*

STIPKOVIC-348

SISTEMA FURO BASE

O sistema furo base, também conhecido por furo padrão ou furo único, é aquele em que o afastamento do furo ocupa sempre a mesma posição em relação à linha zero.

Os sistemas furo base recomendados pela ISO são os seguintes:

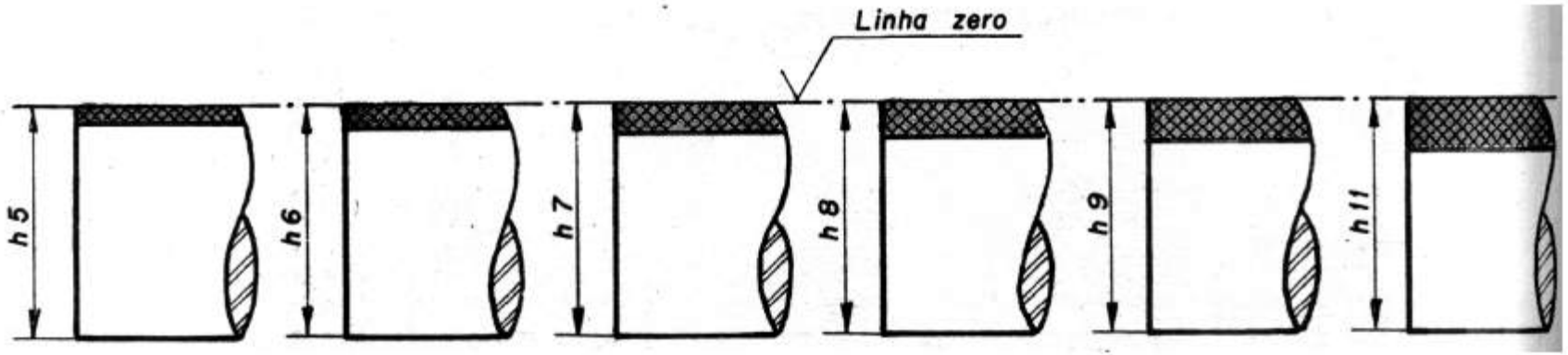


STIPKOVIC-349

SISTEMA EIXO BASE

O sistema de ajuste eixo base, também conhecido por eixo padrão ou eixo único, é aquele em que o afastamento superior do eixo ocupa sempre a mesma posição em relação à linha zero.

Os sistemas eixo base recomendados pela ISO são os seguintes:



STIPKOVIC-350

TIPOS DE AJUSTES

Os diferentes tipos de ajustes mecânicos dependem da função que a peça vai desempenhar na máquina.

1- *Ajuste com folga* - é aquele em que a afastamento superior do eixo é menor ou igual ao afastamento inferior do furo.

2 - *Ajuste com interferência* - é aquele em que o afastamento superior do furo é menor ou igual ao afastamento inferior do eixo.

3 - *Ajuste incerto* - é aquele em que o afastamento superior do eixo é maior do que o afastamento inferior do furo e o afastamento superior do furo é maior do que o afastamento inferior do eixo.

STIPKOVIC-351

TIPOS DE AJUSTES

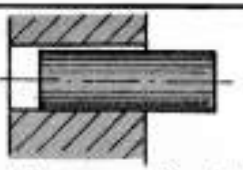
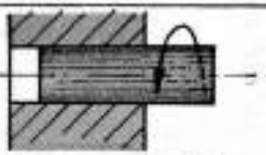
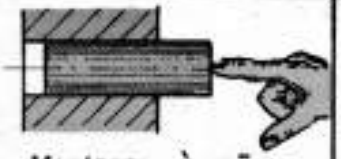
Quem esta projetando uma máquina sabe como deve ser o funcionamento de uma peça em relação à outra, isto é quais devem deslizar entre si (por exemplo guias e barramentos) ou girar (ex.: mancais de escorregamento) ou ainda quais devem guardar posição relativa fixa (ex.: eixos e anéis internos de rolamentos ou cubos de polias e engrenagens).

Com o exercício constante da atividade de projeto os critérios de escolha vão aprimorando-se à medida que são realimentados pela análise do desempenho das máquinas projetadas. Porém em situações novas, ou no inicio da carreira, o projetista necessitara de ajuda para a escolha dos ajustes adequados; este auxilio é encontrado em manuais de engenharia na forma de ajustes recomendados.

Também quando uma das peças em contato é um componente comercial (como rolamentos ou retentores por exemplo) o ajuste do par é informado pelo fabricante da peça de catalogo.

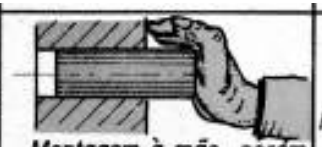
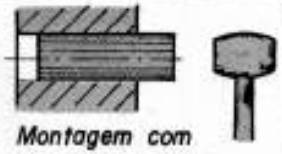
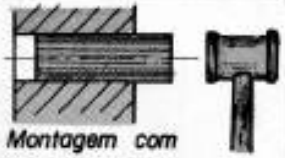
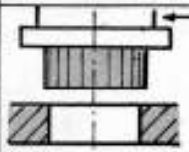
STIPKOVIC-352

AJUSTES RECOMENDADOS

PEÇAS MÓVEIS (uma com relação a outra)	TIPO DE AJUSTE	EXEMPLO DE AJUSTE	EXTRA PRECISO	MECÂNICA PRECISA	MECÂNICA MÉDIA	MECÂNICA ORDINÁRIA	EXEMPLO DE APLICAÇÃO
	LIVRE	 Montagem à mão, com facilidade.	$H_6\ e_7$	$H_7\ e_7$ $H_7\ e_8$	$H_8\ e_9$	$H_{11}\ a_{11}$	Peças cujos funcionamentos necessitam de folga por fôrça de dilatação, mau alinhamento, etc..
	ROTATIVO	 Montagem à mão podendo girar sem esfôrço.	$H_6\ f_6$	$H_7\ f_7$	$H_8\ f_8$	$H_{10}\ d_{10}$ $H_{11}\ d_{11}$	Peças que giram ou deslizam com boa lubrificação. Ex.: eixos, mancais, etc..
	DESLIZANTE	 Montagem à mão com leve pressão.	$H_6\ g_5$	$H_7\ g_6$	$H_8\ g_8$ $H_8\ h_8$	$H_{10}\ h_{10}$ $H_{11}\ h_{11}$	Peças que deslizam ou giram com grande precisão. Ex.: anéis de rolamentos, corrediças, etc..

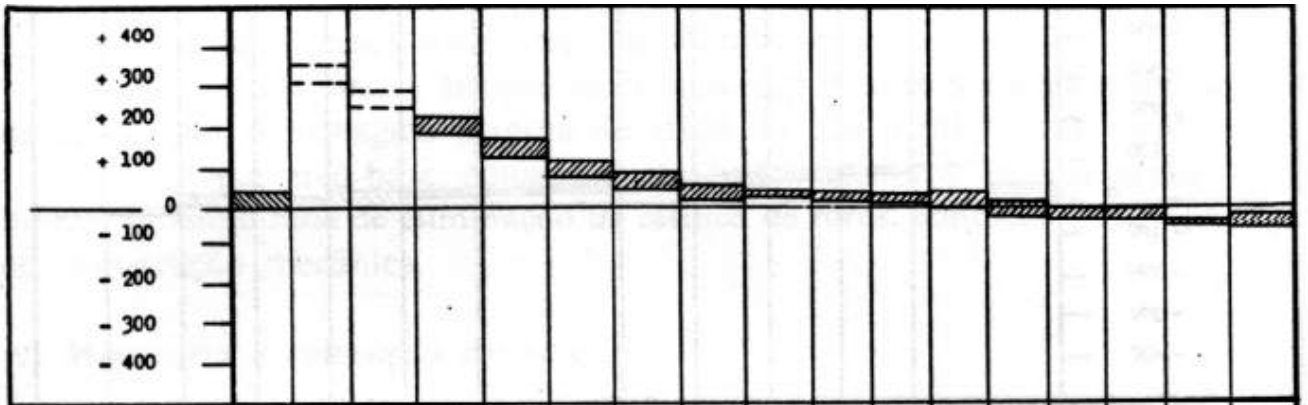
STIPKOVIC-353

AJUSTES RECOMENDADOS

PEÇAS FIXAS (uma com relação a outra)	DESLIZANTE JUSTO	 Montagem à mão, porém, necessitando de algum esfôrço.	$H_6\ h_5$	$H_7\ h_6$			Encaixes fixos de precisão, órgãos lubrificados deslocáveis à mão. Ex.: punções, guias, etc..
	ADERENTE FORÇADO LEVE	 Montagem com auxílio de martelo.	$H_6\ j_5$	$H_7\ j_6$			Órgãos que necessitam de freqüentes desmontagens. Ex.: polias, engrenagens, rolamentos, etc..
	FORÇADO DURO	 Montagem com auxílio de martelo pesado	$H_6\ m_5$	$H_7\ m_6$			Órgãos possíveis de montagens e desmontagens sem deterioração das peças.
	À PRESSÃO COM ESFÔRÇO	 Montagem com auxílio de balancim ou por dilatação.	$H_6\ p_5$	$H_7\ p_6$			Peças impossíveis de serem desmontadas sem deterioração. Ex.: buchas à pressão, etc..

STIPKOVIC-354

TABELA – SISTEMA FURO BASE H7

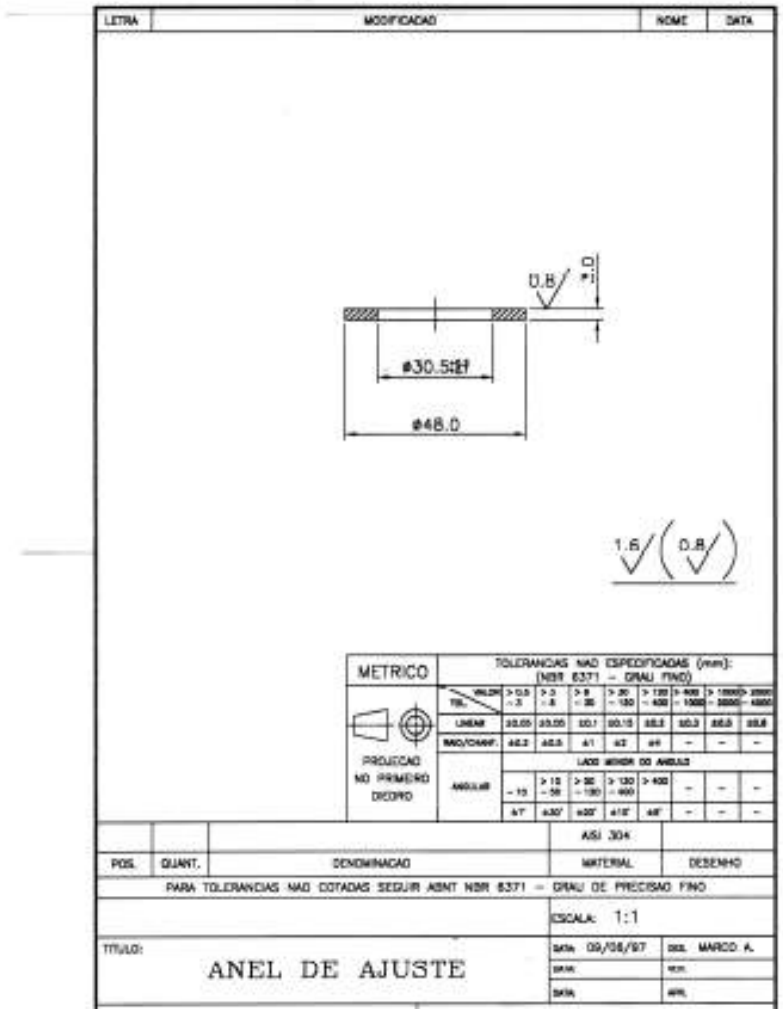


Medidas nominais mm.	H 7	za 6	z 6	x 6	u 6	t 6	s 6	r 6	p 6	n 6	m 6	k 6	j 6	h 6	g 6	f 6	f 7
Mais de 1,6 Até 3	+ 9 0	+ 39 + 32	+ 35 + 28	+ 29 + 22	+ 25 + 18	-	+ 22 + 15	+ 19 + 12	+ 16 + 9	+ 13 + 6	+ 9 + 2	-	+ 6 - 1	0 - 7	- 3 - 10	- 7 - 14	- 7 - 16
Mais de 3 Até 6	+ 12 0	+ 50 + 42	+ 43 + 35	+ 36 + 28	+ 31 + 23	-	+ 27 + 19	+ 23 + 15	+ 20 + 12	+ 16 + 8	+ 12 + 4	-	+ 7 - 1	0 - 8	- 4 - 12	- 10 - 18	- 10 - 22
Mais de 6 Até 10	+ 15 0	+ 61 + 52	+ 51 + 42	+ 43 + 34	+ 37 + 28	-	+ 32 + 23	+ 28 + 19	+ 24 + 15	+ 19 + 10	+ 15 + 6	+ 10 + 1	+ 7 - 2	0 - 9	- 5 - 14	- 13 - 22	- 13 - 28
Mais de 10 Até 14	+ 18	+ 75 + 64	+ 61 + 50	+ 51 + 40	+ 44	-	+ 39 + 28	+ 34 + 23	+ 29 + 18	+ 23 + 12	+ 18 + 7	+ 12 + 1	+ 8 - 3	0 - 11	- 6 - 17	- 16 - 27	- 16 - 34
Mais de 14 Até 18	0	+ 88 + 77	+ 71 + 60	+ 56 + 45	+ 33												
Mais de 18 Até 24	+ 21	-	+ 86 + 73	+ 67 + 54	+ 54 + 41	-	+ 48 + 35	+ 41 + 28	+ 35 + 22	+ 28 + 15	+ 21 + 8	+ 15 + 2	+ 9 - 4	0 - 13	- 7 - 20	- 20 - 33	- 20 - 41
Mais de 24 Até 30	0		+ 101 + 88	+ 77 + 64	+ 61 + 48	+ 54 + 41											
Mais de 30 Até 40	+ 25	-	+ 128 + 112	+ 96 + 80	+ 76 + 60	+ 64 + 48	+ 59 + 43	+ 50 + 34	+ 42 + 26	+ 33 + 17	+ 25 + 9	+ 18 + 2	+ 11 - 5	0 - 16	- 9 - 25	- 25 - 41	- 25 - 50
Mais de 40 Até 50	0		-	+ 113 + 97	+ 86 + 70	+ 70 + 54											

STIPKOVIC-355

INDICAÇÃO NOS DESENHOS

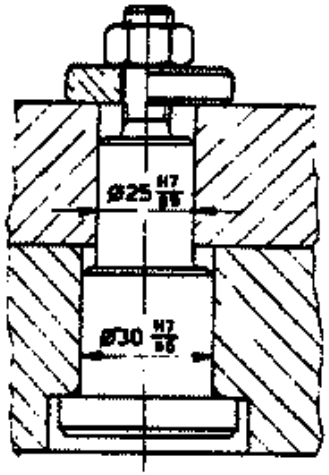
Note que neste desenho existe um quadro informando as tolerâncias não indicadas nas cotas, conforme a norma NBR 6371.



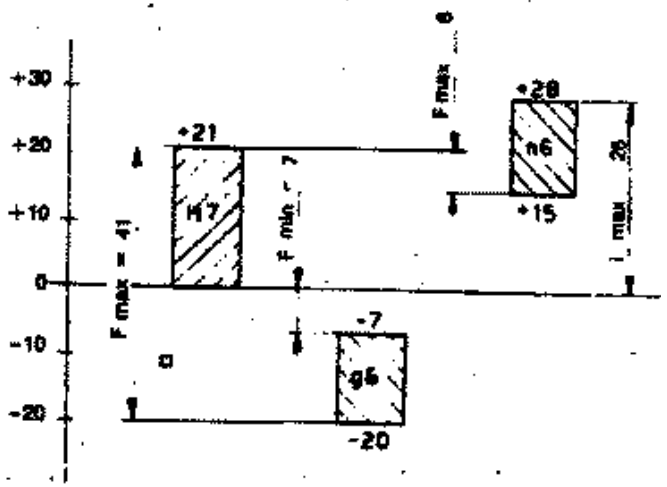
STIPKOVIC-356

TOLERÂNCIA EM CONJUNTO ACOPLADO

Exercício - Desenho as tolerâncias conforme o exemplo e informe o que se pede:



avilha de centragem

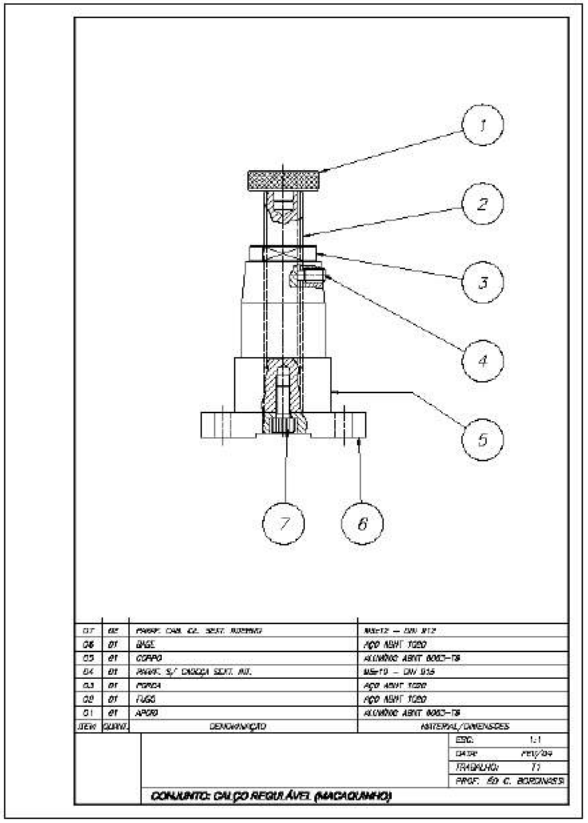


	Tipo de ajuste	Folga máx.	Interf. máx.	Folga mín.	Interf. mín.
H7g6	Folga	41	——	7	——
H7n6	Incerto	6	28	-----	-----

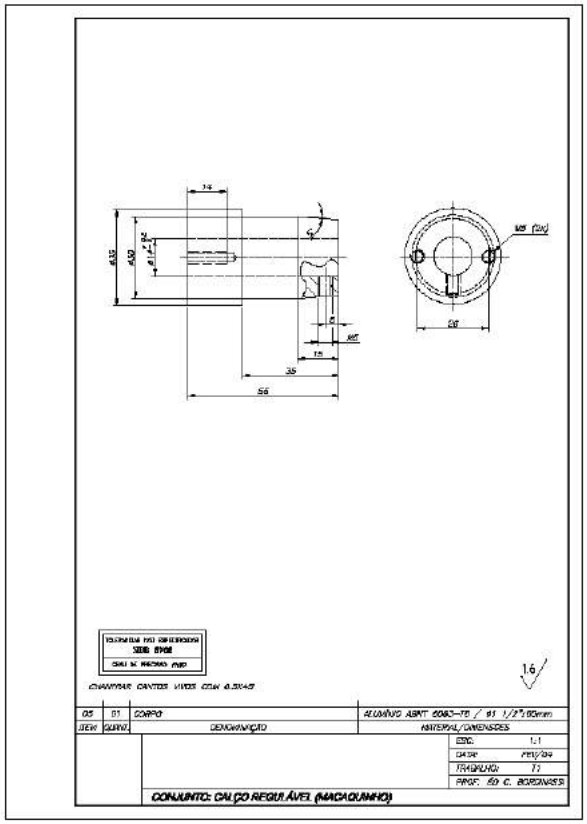
STIPKOVIC-357

CAP. 7 – MÉTODOS E PROCESSOS DE FABRICAÇÃO

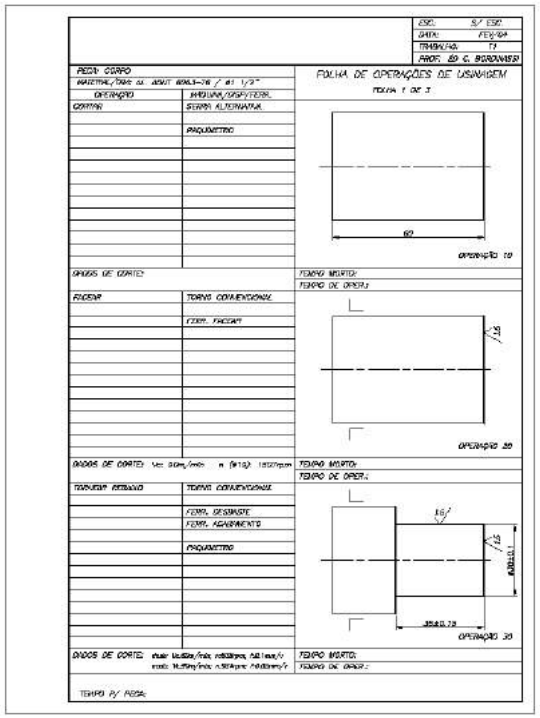
PARA O ENTENDIMENTO DE MÉTODOS E PROCESSO DE FABRICAÇÃO UTILIZAREMOS O PROJETO DE UM MACACO DE PARAFUSO (ILUSTRADO PELA FIGURA ACIMA) E APRESENTAREMOS FOLHAS DETALHADAS DE MÉTODOS E PROCESSOS COM RESPECTIVAS FIXAÇÕES DE PARÂMETROS PROCESSUAIS

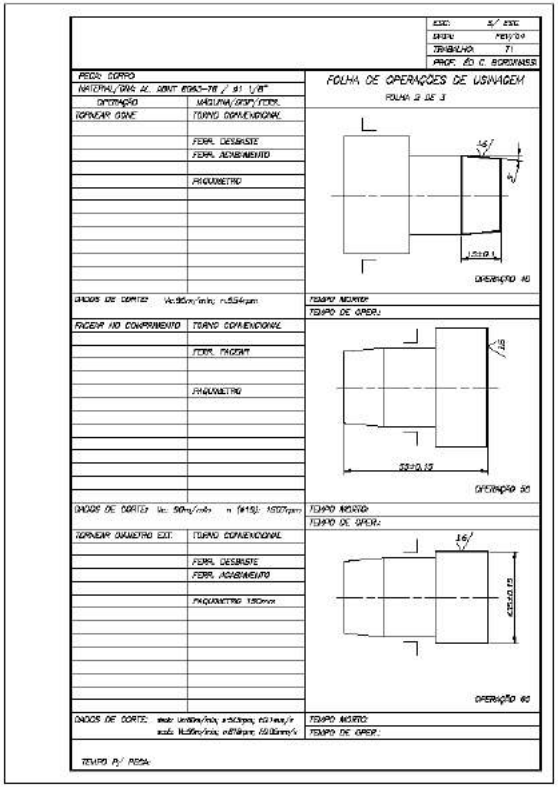


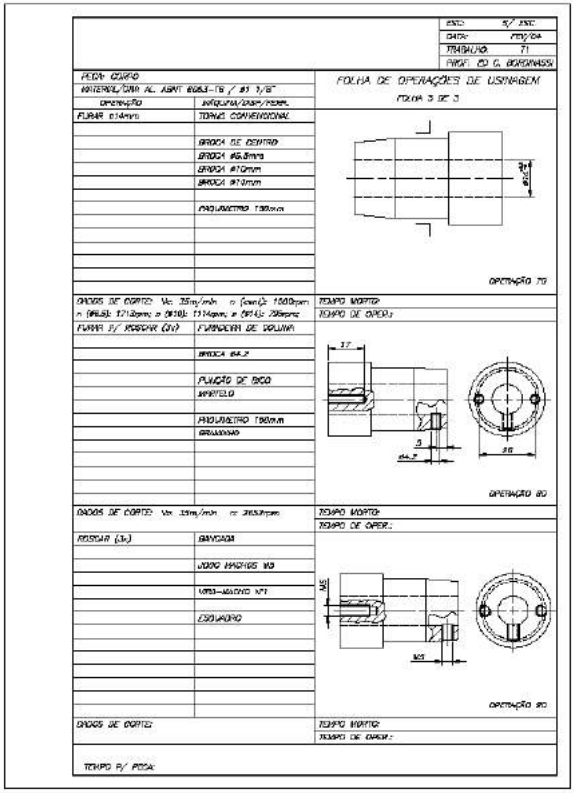
FOLHAS DE PROCESSO – PEÇA Nº 5 - CORPO



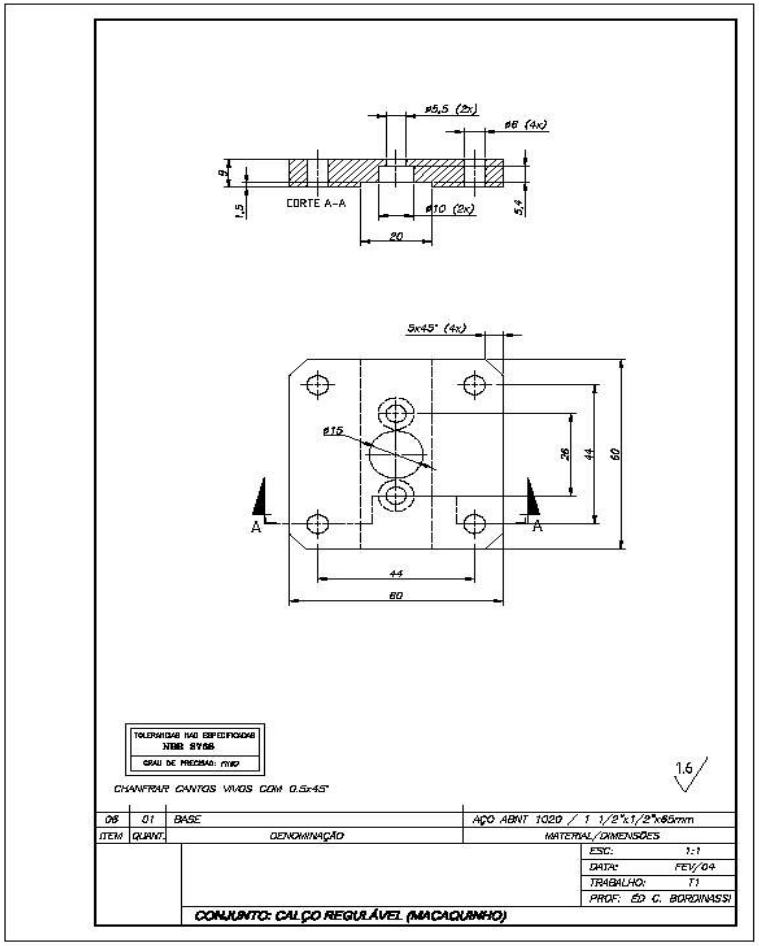
FOLHAS DE PROCESSAMENTO METODIZADAS



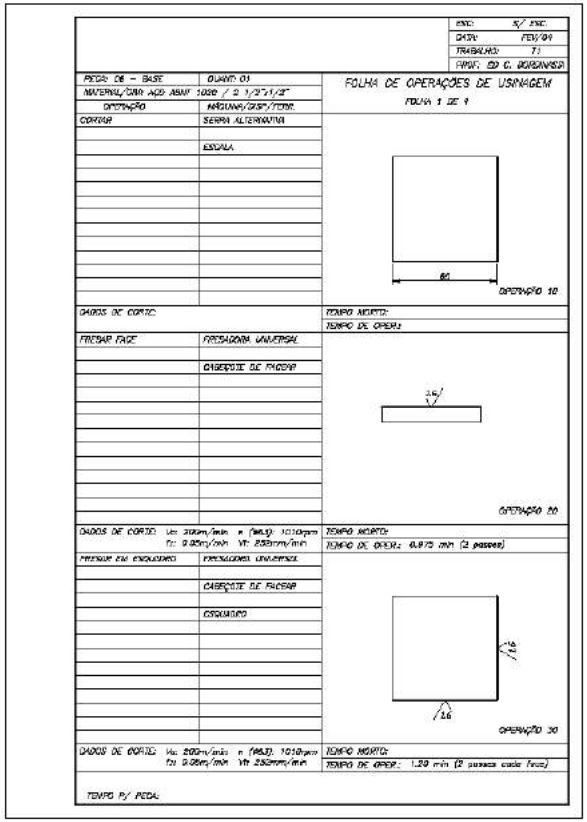




PEÇA Nº 6 - BASE



FOLHAS DE PROCESSAMENTO METODIZADAS



ESC:	S/ ESC.
DATA:	FEV/99
TRABALHO:	T1
PROF.:	ED G. BORNANSKI

PEÇA: DE - BASE	QUANT: 01
MATERIAL/BAR: AÇO ABNT 1020 / 2 1/2"x1/2"	
OPERAÇÃO	MÁQUINA/DISP/FERR.
CORTAR	SERRA ALTERNATIVA
	ESCALA

FOLHA DE OPERAÇÕES DE USINAGEM
FOLHA 1 DE 4

OPERAÇÃO 10

DADOS DE CORTE:	TEMPO MORTO:
	TEMPO DE OPER.:
FRESAR FACE	FRESADORA UNIVERSAL
	CABEÇOTE DE FACEAR

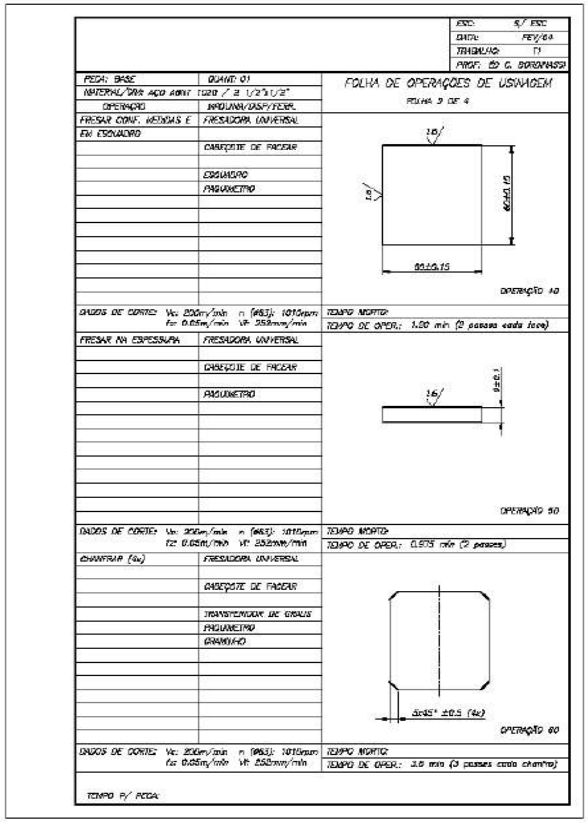
OPERAÇÃO 20

DADOS DE CORTE: Vc: 310m/min n (Máq.): 1010rpm	TEMPO MORTO:
fz: 0.05m/min Vf: 252mm/min	TEMPO DE OPER.: 0.875 min (2 passes)
FRESAR EM ESQUADRO	FRESADORA UNIVERSAL
	CABEÇOTE DE FACEAR
	ESQUADRO

OPERAÇÃO 30

DADOS DE CORTE: Vc: 200m/min n (Máq.): 1010rpm	TEMPO MORTO:
fz: 0.05m/min Vf: 252mm/min	TEMPO DE OPER.: 1.20 min (2 passes cada face)

TEMPO P/ PEÇA:



ESC:	S/ ESC.
DATA:	FEV/99
TRABALHO:	T1
PROF.:	ED G. BORNANSKI

PEÇA: BASE	QUANT: 01
MATERIAL/BAR: AÇO ABNT 1020 / 2 1/2"x1/2"	
OPERAÇÃO	MÁQUINA/DISP/FERR.
FRESAR CONF. MEDIDAS E EM ESQUADRO	FRESADORA UNIVERSAL
	CABEÇOTE DE FACEAR
	ESQUADRO
	PAQUÍMETRO

FOLHA DE OPERAÇÕES DE USINAGEM
FOLHA 2 DE 4

OPERAÇÃO 40

DADOS DE CORTE: Vc: 230m/min n (Máq.): 1010rpm	TEMPO MORTO:
fz: 0.05m/min Vf: 252mm/min	TEMPO DE OPER.: 1.20 min (2 passes cada face)
FRESAR NA ESPESSURA	FRESADORA UNIVERSAL
	CABEÇOTE DE FACEAR
	PAQUÍMETRO

OPERAÇÃO 50

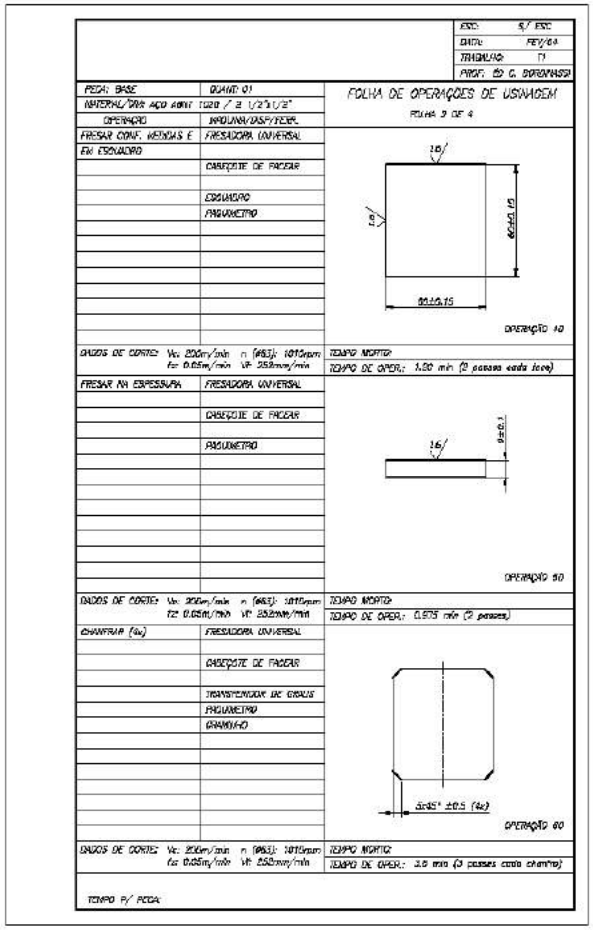
DADOS DE CORTE: Vc: 310m/min n (Máq.): 1010rpm	TEMPO MORTO:
fz: 0.05m/min Vf: 252mm/min	TEMPO DE OPER.: 0.875 min (2 passes)
CHANFRAR (4x)	FRESADORA UNIVERSAL
	CABEÇOTE DE FACEAR
	TRANSFERIDOR DE GRAUS
	PAQUÍMETRO
	GRAMPEAD

OPERAÇÃO 60

DADOS DE CORTE: Vc: 230m/min n (Máq.): 1010rpm	TEMPO MORTO:
fz: 0.05m/min Vf: 252mm/min	TEMPO DE OPER.: 3.0 min (3 passes cada chanfro)

TEMPO P/ PEÇA:

FOLHAS DE PROCESSAMENTO METODIZADAS



ESC: S/ ESC
DATA: FEV/04
TRABALHO: T1
PROF: ED G. SORRENTINO

PEÇA: BASE | QUANT: 01
MATERIAL/BRA ACO ABNT 1020 / 2 1/2"x1/2"
OPERAÇÃO | MAQUINA/DISP/FERR.

FOLHA DE OPERAÇÕES DE USINAGEM
FOLHA 3 DE 4

FRESAR CONF. MEDIDAS E EM ESQUADRO | FRESADORA UNIVERSAL
CABEÇOTE DE FRESAR
ESQUADRO
PAQUIMETRO

OPERAÇÃO 10

DADOS DE CORTE: Vc: 20m/min n (Ø63): 101rpm
fz: 0,05mm/min Vf: 253mm/min
TEMPO MORTO:
TEMPO DE OPER.: 1,20 min (2 passes cada lado)

FRESAR NA ESPESSURA | FRESADORA UNIVERSAL
CABEÇOTE DE FRESAR
PAQUIMETRO

OPERAÇÃO 50

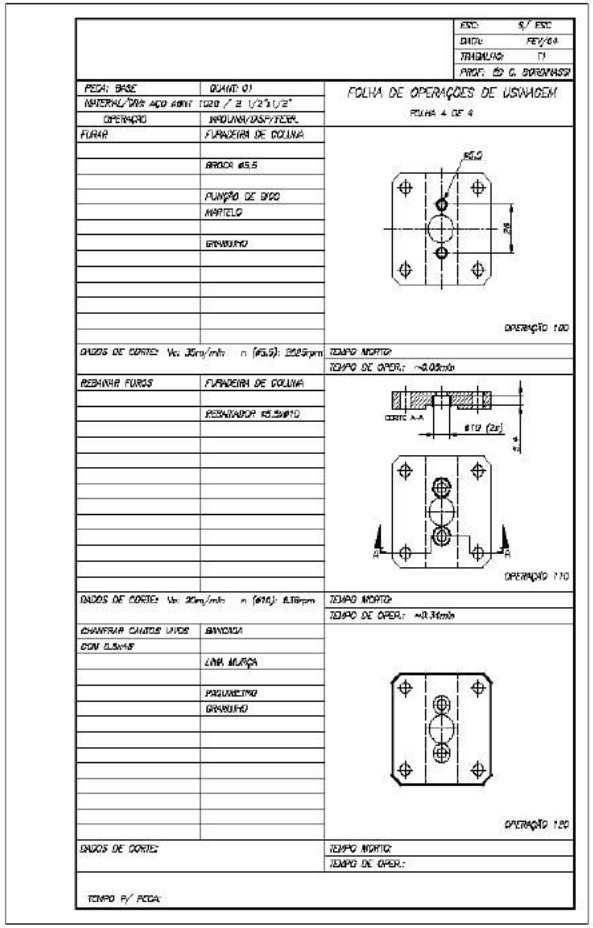
DADOS DE CORTE: Vc: 20m/min n (Ø63): 101rpm
fz: 0,05mm/min Vf: 252mm/min
TEMPO MORTO:
TEMPO DE OPER.: 0,575 min (2 passes)

CHANFRAR (4x) | FRESADORA UNIVERSAL
CABEÇOTE DE FRESAR
TRANSFERIDOR DE GRAUS
PAQUIMETRO
GRAMPO/KO

OPERAÇÃO 60

DADOS DE CORTE: Vc: 20m/min n (Ø63): 101rpm
fz: 0,05mm/min Vf: 252mm/min
TEMPO MORTO:
TEMPO DE OPER.: 2,5 min (3 passes cada chanfro)

TEMPO P/ PEÇA:



ESC: S/ ESC
DATA: FEV/04
TRABALHO: T1
PROF: ED G. SORRENTINO

PEÇA: BASE | QUANT: 01
MATERIAL/BRA ACO ABNT 1020 / 2 1/2"x1/2"
OPERAÇÃO | MAQUINA/DISP/FERR.

FOLHA DE OPERAÇÕES DE USINAGEM
FOLHA 4 DE 4

FURAR | FURADEIRA DE COLUNA
BROCA Ø5,5
PUNÇÃO DE 90G
MARTELO
GRAMPO/KO

OPERAÇÃO 100

DADOS DE CORTE: Vc: 35m/min n (Ø5,5): 2028rpm
TEMPO MORTO:
TEMPO DE OPER.: ~0,05min

REBAIXAR FUROS | FURADEIRA DE COLUNA
REBAIXADOR Ø5,5xØ10

OPERAÇÃO 110

DADOS DE CORTE: Vc: 20m/min n (Ø10): 637rpm
TEMPO MORTO:
TEMPO DE OPER.: ~0,34min

CHANFRAR CANTOS VIVOS COM 0,5x45° | BANCADA
LIMA MURÇA
PAQUIMETRO
GRAMPO/KO

OPERAÇÃO 120

DADOS DE CORTE:
TEMPO MORTO:
TEMPO DE OPER.:

TEMPO P/ PEÇA:

OUTRO EXEMPLO DE PLANILHA DE MÉTODO E PROCESSO

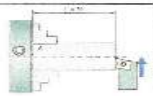
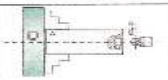
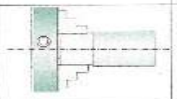
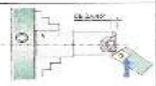
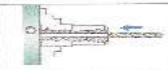
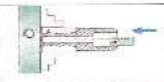
OP.	CROQUI	MÁQUINA	FERRAMENTA	FIXAÇÃO FERR.	FIXAÇÃO PEÇA	CONDIÇÕES DE USINAGEM			
						Vc m/min	f mm/rot	a_p mm	n rpm
01 Serrar		Serra alternativa	Serra		Morsa	12	0,1	--	--
02 Faceamento Lado A		Torno Universal	Sandvik SNMM 120408-QR + Sandvik PSSNR/L 2525M12	Castelo Porta-ferramenta	Placa de Três Castanhas	150.0	Manual	--	1000
03 Acabamento Lado A		Torno Universal	Sandvik SNMM 120408-QR + Sandvik PSSNR/L 2525M12	Castelo Porta-ferramenta	Placa de Três Castanhas	150.0	1,0	2	1000
04 Realização do furo de centro		Torno Universal	Broca de centro DIN 332	Mandril	Placa de Três Castanhas	20.0	Manual	--	800
05 Girar peça 180°		Torno Universal	---	---	Placa de Três Castanhas	--	--	--	--
06 Acabamento Ø44mm		Torno Universal	sandvik SNMM 120408-QR + Sandvik PSSNR/L 2525M12	Castelo Porta-ferramenta	Placa de Três Castanhas + Contra pontas	150.0	1,0	2	1000
07 Realização de chanfro 2x45°		Torno Universal	TCMT Sandvik 090204-UR + Sandvik STGCR/L 0808C09	Castelo Porta-ferramenta	Placa de Três Castanhas + Contra pontas	150.0	Manual	--	--
08 Realização do furo Lado A Ø12mm		Torno Universal	Broca Helicoidal	Mandril N25 + cabeçote móvel	Placa de Três Castanhas	20.0	1,0	2	800
09 Realização do furo Lado A Ø30mm		Torno Universa	TCMT Sandvik 090204-UR + Sandvik STGCR/L 0808C09	Castelo Porta-ferramenta	Placa de Três Castanhas	20.0	1,0	2	600

Figura 30. Exemplo de folha de processo.

CAP. 8 - METROLOGIA

METROLOGIA TRATA DAS DIMENSÕES,FORMA GEOMÉTRICA, POSIÇÃO RELATIVA ENTRE SUPERFÍCIES E DO ACABAMENTO SUPERFICIAL DOS COMPONENTES.

AINDA ABRANGE TODOS OS ASPECTOS TEÓRICOS E PRÁTICOS RELATIVOS ÀS DIMENSÕES, QUALQUER QUE SEJA A INCERTEZA, EM QUAISQUER CAMPOS DA CIÊNCIA OU TECNOLOGIA.

DEFINIÇÃO DO METRO

Metro: 17ª Conferência Geral dos Pesos e Medidas de 1983.

Comprimento do trajeto percorrido pela luz no vácuo durante o intervalo de tempo de $\frac{1}{299.792.458}$ do segundo.

DILATAÇÃO TÉRMICA

Dilatação térmica linear

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

Onde:

ΔL = dilatação do corpo.

Lo = comprimento inicial do corpo.

α = coeficiente de dilatação linear.

ΔT = variação da temperatura (Tf - Ti)

EXEMPLO DE DILATAÇÃO EM AÇO COM VARIAÇÃO DE 1ºC

Dilatação térmica linear

α = coeficiente de dilatação linear.

$$\alpha_{(aço)} = 11x10^{-6}\ {}^{0}C^{-1}$$

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

$$\Delta L = 1000\,mm \cdot 11x10^{-6}\ {}^{0}C^{-1} \cdot 1^{0}C$$

$$\Delta L = 0{,}011\,mm$$

VERIFICAÇÃO DE MICRÔMETRO COM BLOCO PADRÃO

Exemplo

Verificação do zero de um micrômetro para externos com faixa de medição (75-100 mm) usando um bloco padrão de cerâmica de 75 mm a 28 ^{0}C.

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

$$\Delta L = 75\,mm \cdot 11x10^{-6}\ {}^0C^{-1} \cdot 8^0C$$

$$\Delta L = 0{,}0066\,mm$$

Expansão diferencial

0,0043 mm

4 µm

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

$$\Delta L = 75\,mm \cdot 3{,}8x10^{-6}\ {}^0C^{-1} \cdot 8^0C$$

=O,23 **Erro sistemático**

CUIDADOS OPERACIONAIS

Condições ambientais

Temperatura (maior influência)

[temperatura ambiente, temperatura do corpo (operador), fonte de iluminação, outras máquinas e equipamentos (computador), etc.].

Umidade,

Pressão (laser).

RECOMENDAÇÕES

- **Sempre que possível medir a 20 °C.**
- **Medir a temperatura no início da medição.**
- **Medir a temperatura no fim da medição.**
- **Medir a umidade.**
- **Incluir essas informações no relatório.**
- **Se não é possível media a 20 °C efetuar a correção dos efeitos térmicos.**

INSTRUMENTAL DE MEDIDA

Paquímetro digital

Micrômetro digital

INSTRUMENTAL

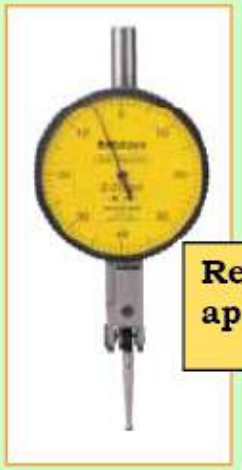
Medidor de espessura

Régua de precisão

INSTRUMENTAL

MM3C

INSTRUMENTAL

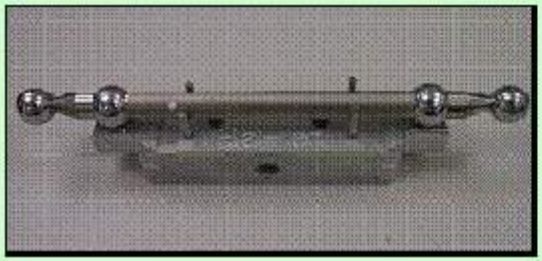


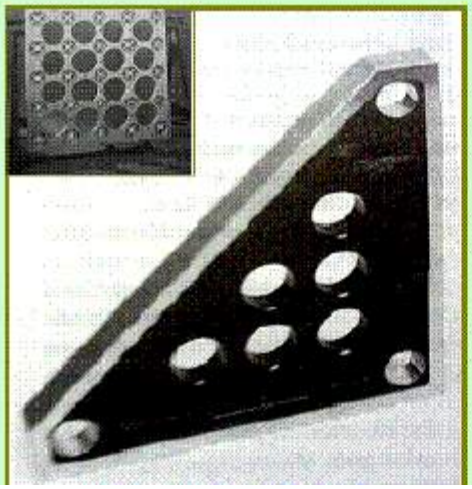
Relógio apalpador

Traçador de altura

Comparador de rosca interna com relógio

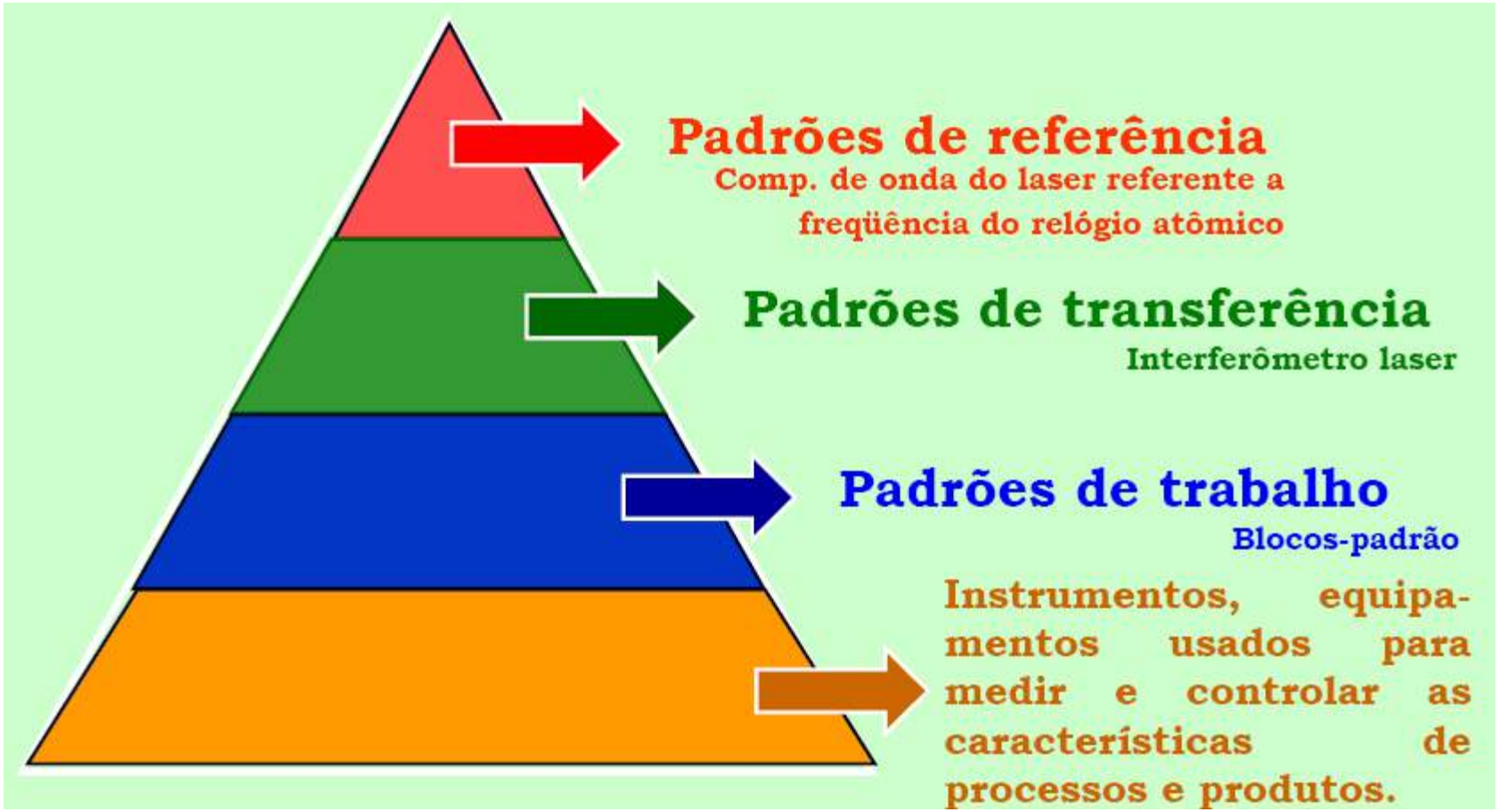
PADRÕES





BLOCO PADRÃO

PADRÕES


Padrões de referência
Comp. de onda do laser referente a freqüência do relógio atômico
Padrões de transferência
Interferômetro laser
Padrões de trabalho
Blocos-padrão
Instrumentos, equipamentos usados para medir e controlar as características de processos e produtos.

RASTREABILIDADE

Propriedade do resultado de uma medição ou do valor de um padrão estar relacionado a referências estabelecidas, geralmente padrões nacionais ou internacionais, através de uma cadeia contínua, de comparações, todas tendo incertezas estabelecidas.

RASTREABILIDADE

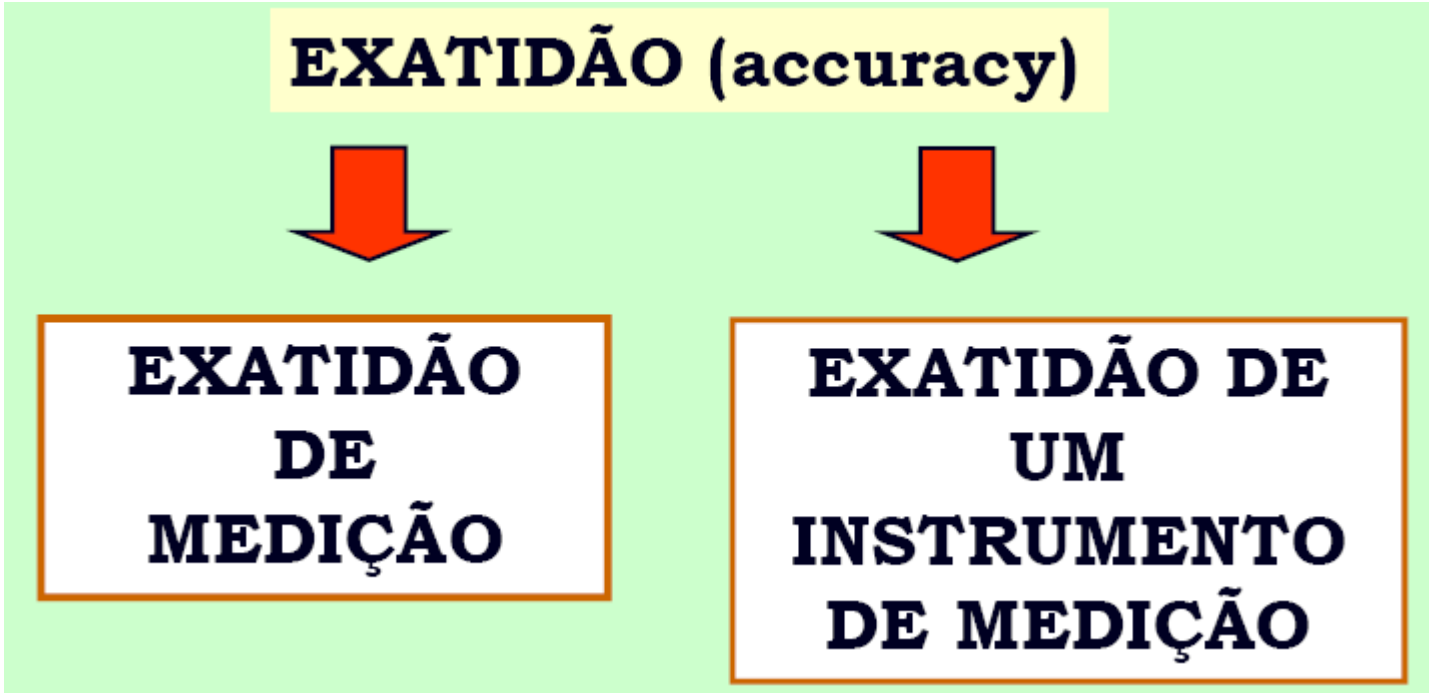
Rastrear: manter os registros necessários para identificar e informar os dados relativos à origem e ao destino de um produto, para saber o máximo sobre ele (o que é, de onde veio, como foi feito e pra onde foi) e assim, prosear com segurança sobre o assunto sem medo de errar.

NORMAS

Desvio de retitude, planeza, perpendicularidade, etc. (NBR 6409 – Tolerâncias geométricas – Tolerâncias de forma, orientação, posição, e batimento. Maio 1997).

Rugosidade. (NBR 4287 – Especificações geométricas do produto – Rugosidade. 2002).

EXATIDÃO

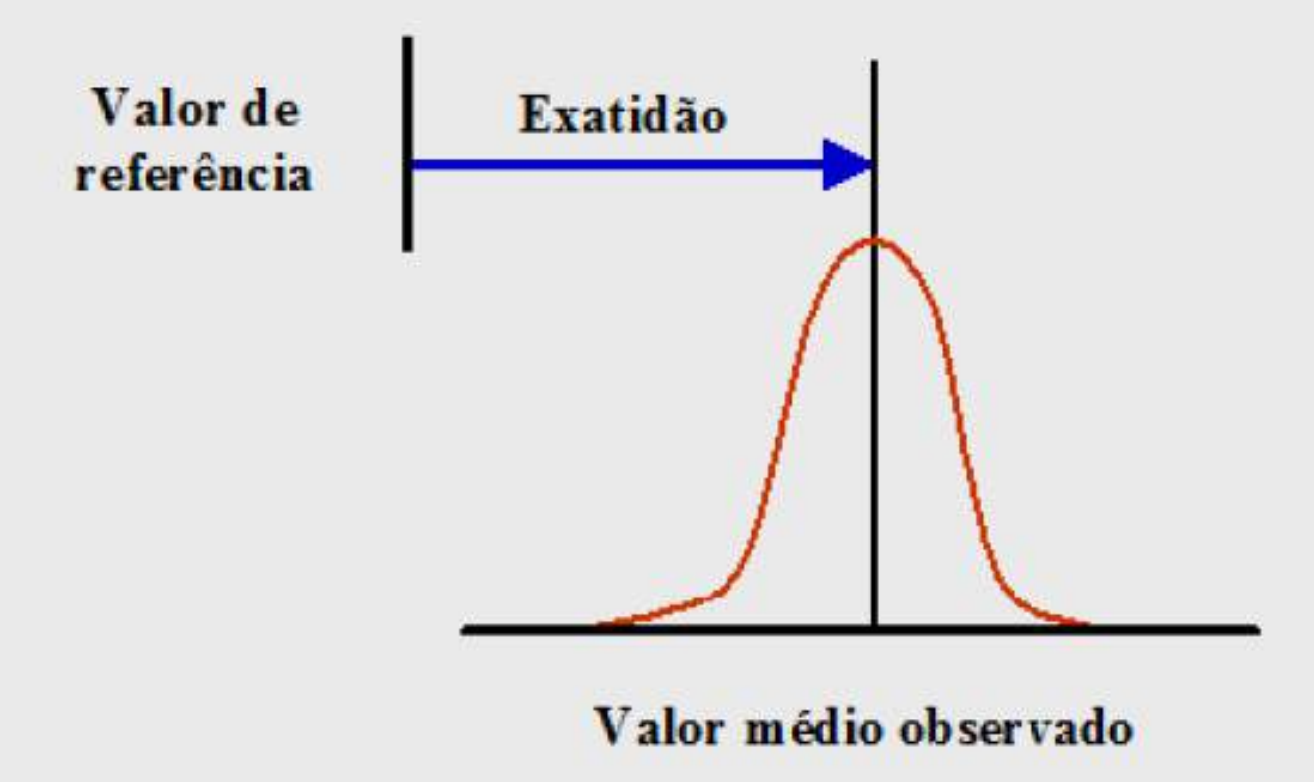

EXATIDÃO (accuracy)
EXATIDÃO DE MEDIÇÃO
EXATIDÃO DE UM INSTRUMENTO DE MEDIÇÃO

EXATIDÃO DE MEDIÇÃO

Grau de concordância entre o resultado de uma medição e um valor verdadeiro de um mensurando.

Observações:
1) É um conceito qualitativo.
2) Uma medição é dita mais exata quando é caracterizada por um erro de medição menor.

EXATIDÃO DE MEDIÇÃO

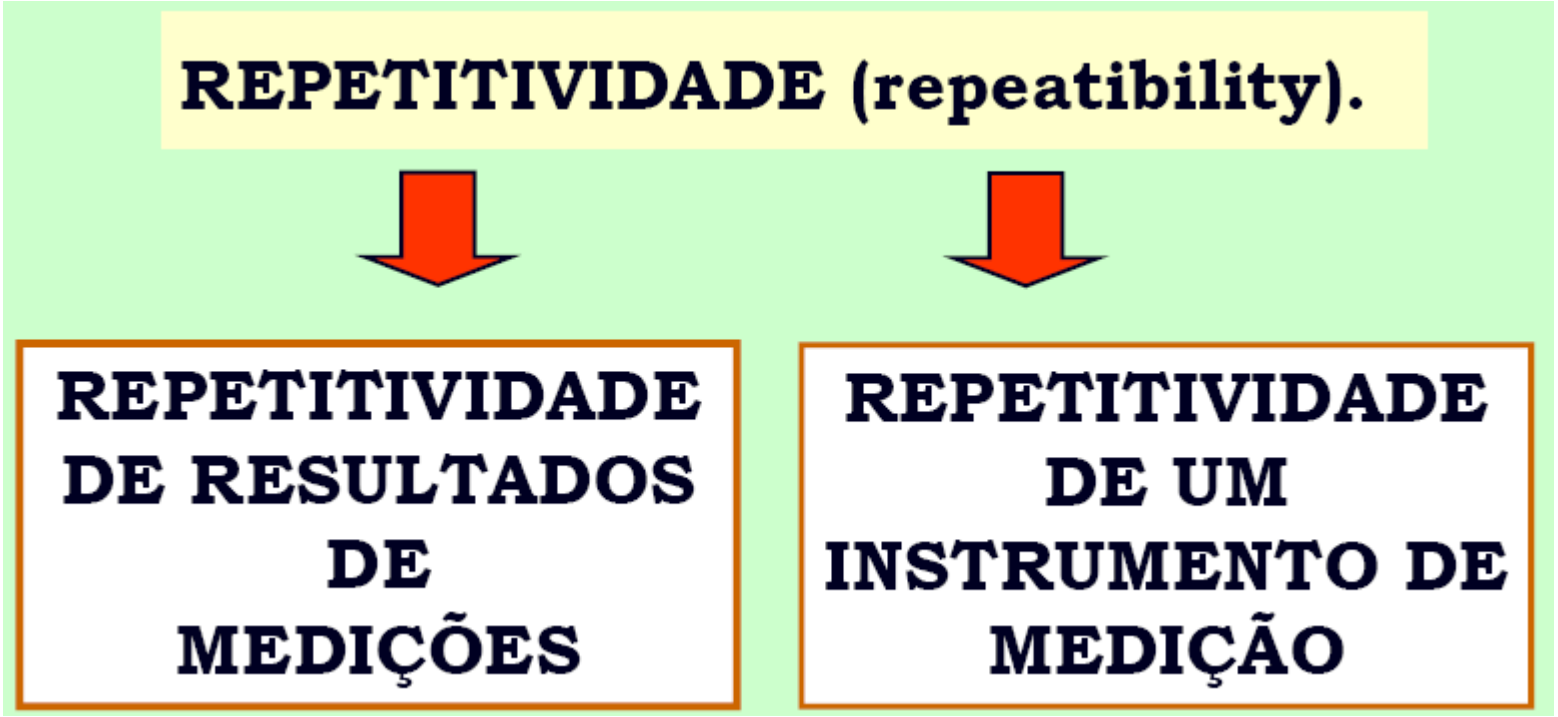


EXATIDÃO DE INSTRUMENTO DE MEDIÇÃO

Aptidão de um instrumento de medição para dar respostas próximas a um valor verdadeiro.

Acurácia: exatidão de uma operação.
Acurar: tratar de pessoa ou coisa com cuidado. Aprimorar.

REPETITIVIDADE

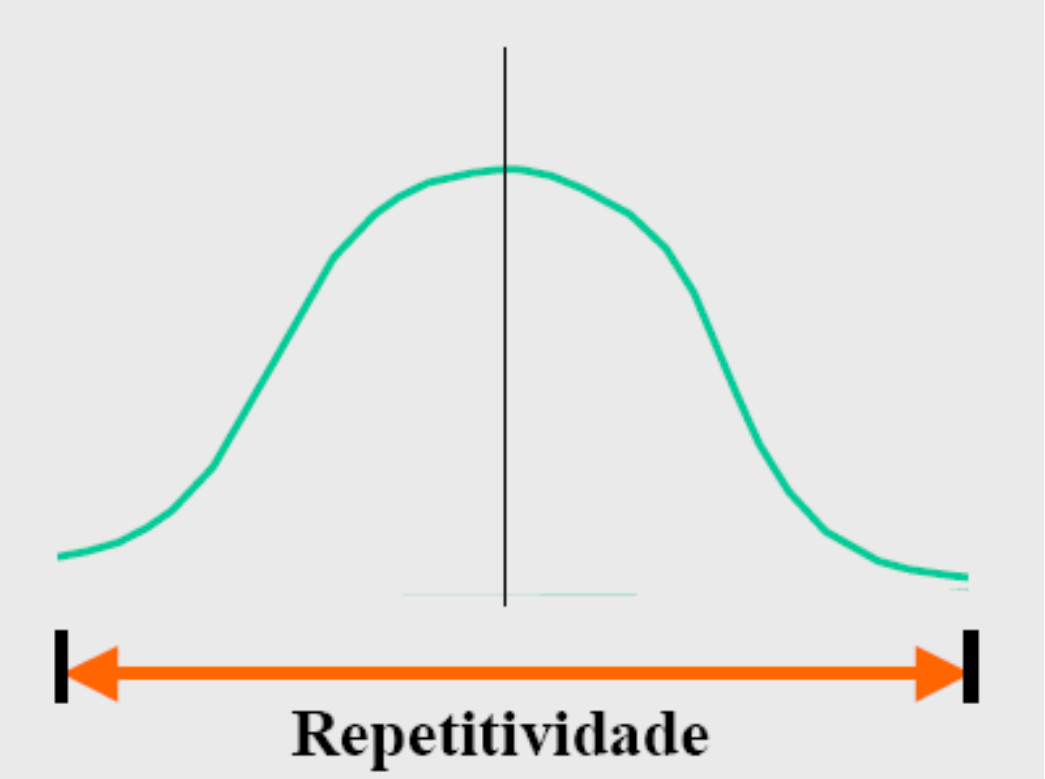


CONDIÇÕES DE REPETITIVIDADE

Condições de repetitividade incluem:

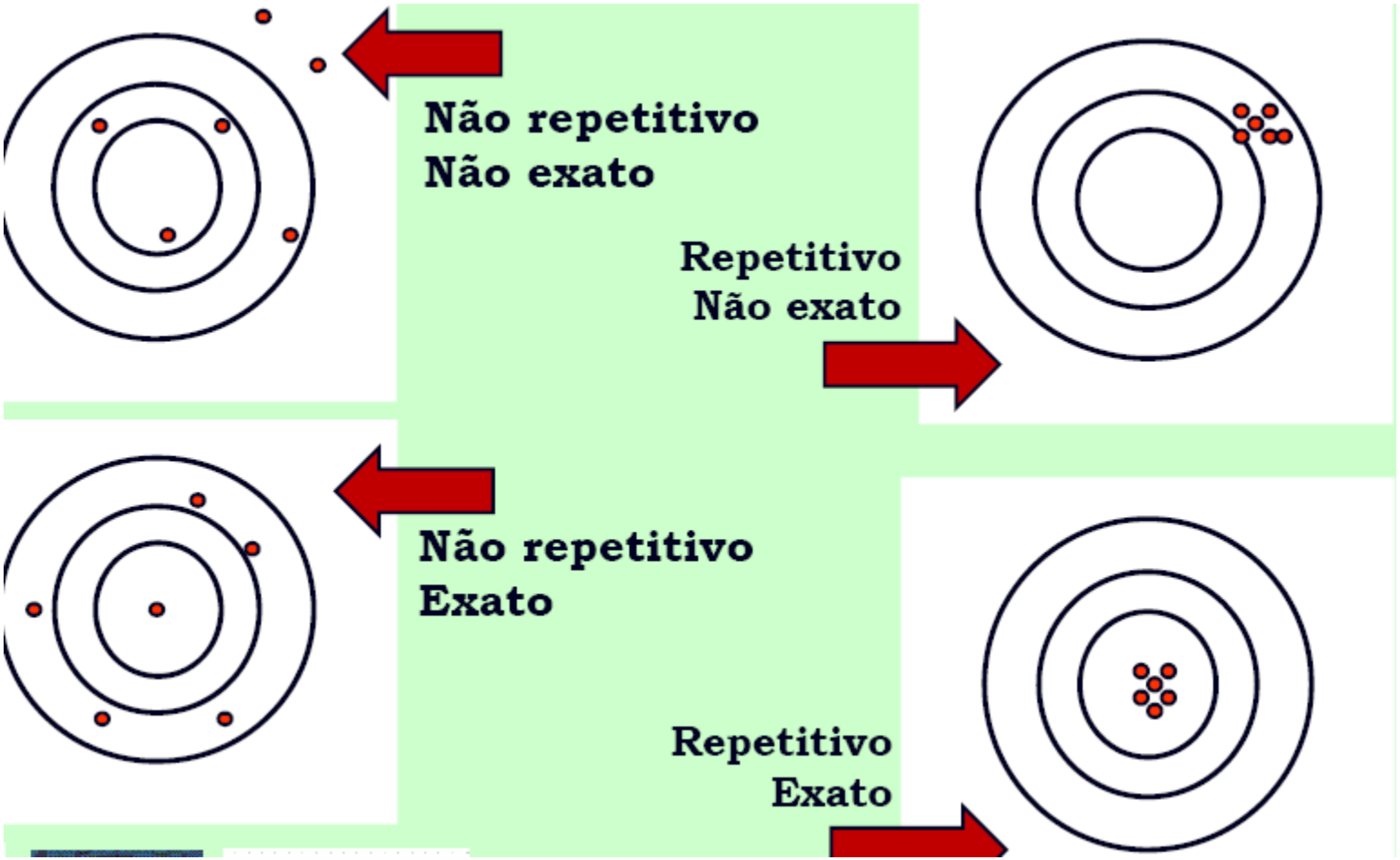
- mesmo procedimento de medição;
- mesmo observador;
- mesmo instrumento de medição, utilizado nas mesmas condições;
- mesmo local;
- repetição em curto período de tempo.

REPETITIVIDADE DE MEDIÇÃO



Aptidão de um instrumento de medição em fornecer indicações muito próximas, em repetidas aplicações do mesmo mensurando, sob as mesmas condições de medição.

EXATIDÃO X REPETITIVIDADE



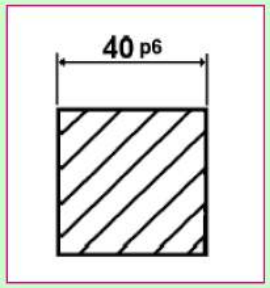
CAMPO DE TOLERÂNCIA

Campo de tolerância (IT)

O instrumento deve possuir uma leitura (resolução) no mínimo igual à décima parte do campo de tolerância da peça.

Escolha do instrumento de medição.

Exemplo 1: Dimensão 40p6.



NBR 6158

(tolerância = 16 μm)

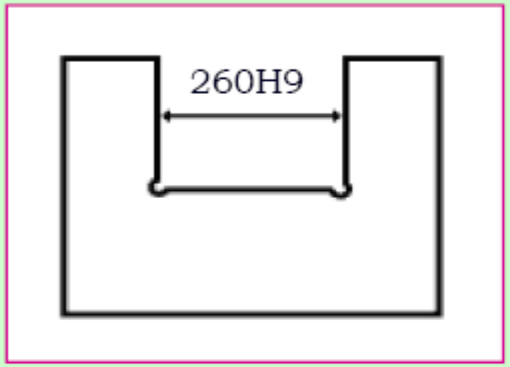
$$\frac{0{,}016\ \text{mm}}{10} = 0{,}0016\ \text{mm}$$

Micrômetro para externos.
(25-50 mm)
Resolução 0,001 mm.

ESCOLHA DO INSTRUMENTO DE MEDIÇÃO

Escolha do instrumento de medição.

Exemplo 2: Dimensão 260H9.



NBR 6158

(tolerância = 130 μm)

$$\frac{0{,}130\ \text{mm}}{10} = 0{,}013\ \text{mm}$$

Paquímetro
(0-300 mm)
Resolução 0,01 mm.

Porque medir n vezes?

Detectar erros grosseiros
Análise estatística
Estimar a incerteza de medição

ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS

Zeros à esquerda. Qual seu significado?

d = 4,75 cm

Três algarismos significativos

d = 0,0000475 km

Três algarismos significativos

A medida *d* dada em km continua intacta, tendo sido alterada apenas a unidade em que está apresentada.

ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS

Matematicamente

46,30 = 46,3

Metrologicamente

46,30 mm ≠ 46,3 mm

Número + Unidade

Sistema de medição - Exatidão

MÉDIA ARITMÉTICA E DESVIO PADRÃO

MÉDIA ARITMÉTICA

$$\overline{x} = \sum_{i=1}^{n} \frac{x_i}{n}$$

DESVIO PADRÃO

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \overline{x})^2}{n-1}}$$

ANÁLISE DE RESULTADOS

Paquímetro

20,04 mm
20,16 mm
19,98 mm
19,86 mm
20,00 mm

$\overline{x} = 20{,}008 \ mm$

$s = 0{,}108259 \ mm$

$\overline{x} = 20{,}01 \ mm$

$s = 0{,}11 \ mm$

- **Se o resultado da medição for representado como 20,008 mm (resultado falso).**
- **Apresenta 5 algarismos significativos.**
- **O resultado apresentado não é apenas da medição, foi influenciado pelos cálculos.**
- **Estaremos informando que a medição foi realizada com exatidão muito superior ao que de fato ocorreu no processo de medição.**

RESULTADOS

Paquímetro

20,04 mm
20,16 mm
19,98 mm
19,86 mm
20,00 mm

$\overline{x} = 20{,}008 \ mm$

$s = 0{,}108259 \ mm$

$\overline{x} = 20{,}01 \ mm$

$s = 0{,}11 \ mm$

Micrômetro

20,025 mm
19,995 mm
19,990 mm
20,001 mm
20,003 mm

$\overline{x} = 20{,}0028 \ mm$

$s = 0{,}013424 \ mm$

$\overline{x} = 20{,}003 \ mm$

$s = 0{,}013 \ mm$

RESULTADO DA MEDIÇÃO

$$RM = \overline{x} \pm incerteza \quad \text{unidade (SI)}$$

Exemplos

$d = 24{,}03 \pm 0{,}10 \text{ mm}$

$d = 193{,}254 \pm 0{,}025 \text{ mm}$

CAP. 9 - CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO - CEP

Referem-se a muitas fontes de variação dentro de um processo que se encontra sob controle estatístico;

Agem como um sistema constante de causas aleatórias;

Seus valores individuais se apresentam diferentes entre si, em grupo, podem ser descritos por uma distribuição;

Podem ser caracterizadas por localização, dispersão e forma.

CAUSAS COMUNS

Referem-se a muitas fontes de variação dentro de um processo que se encontra sob controle estatístico;

Agem como um sistema constante de causas aleatórias;

Seus valores individuais se apresentam diferentes entre si, em grupo, podem ser descritos por uma distribuição;

Podem ser caracterizadas por localização, dispersão e forma.

CAUSAS ESPECIAS (ASSINALÁVEIS)

Referem-se a quaisquer fatores de variação, que não podem ser explicados adequadamente através de uma distribuição simples de resultados;

Afetam de forma imprevisível o resultado do processo, a menos que sejam identificadas e eliminadas.

AÇÕES LOCAIS E SOBRE O SISTEMA

AÇÕES LOCAIS:

Referem-se a muitas fontes de variação dentro de um processo que se encontra sob controle estatístico;

Agem como um sistema constante de causas aleatórias;

Seus valores individuais se apresentam diferentes entre si, em grupo, podem ser descritos por uma distribuição;

Podem ser caracterizadas por localização, dispersão e forma.

AÇÕES SOBRE O SISTEMA:

São usualmente requeridas para reduzir a variação devido a causas comuns.

Quase sempre exigem ação gerencial para a correção.

São necessárias para corrigir aproximadamente 85% dos problemas do processo.

CONTROLE

Os *<u>itens de controle</u>* de um processo são índices numéricos estabelecidos sobre os efeitos de cada processo, a fim de medir a sua qualidade.

UM PROCESSO É GERENCIADO ATRAVÉS DOS SEUS ITENS DE CONTROLE, QUE MEDEM A SUA QUALIDADE, CUSTO, ENTREGA, MORAL E SEGURANÇA DOS SEUS EFEITOS

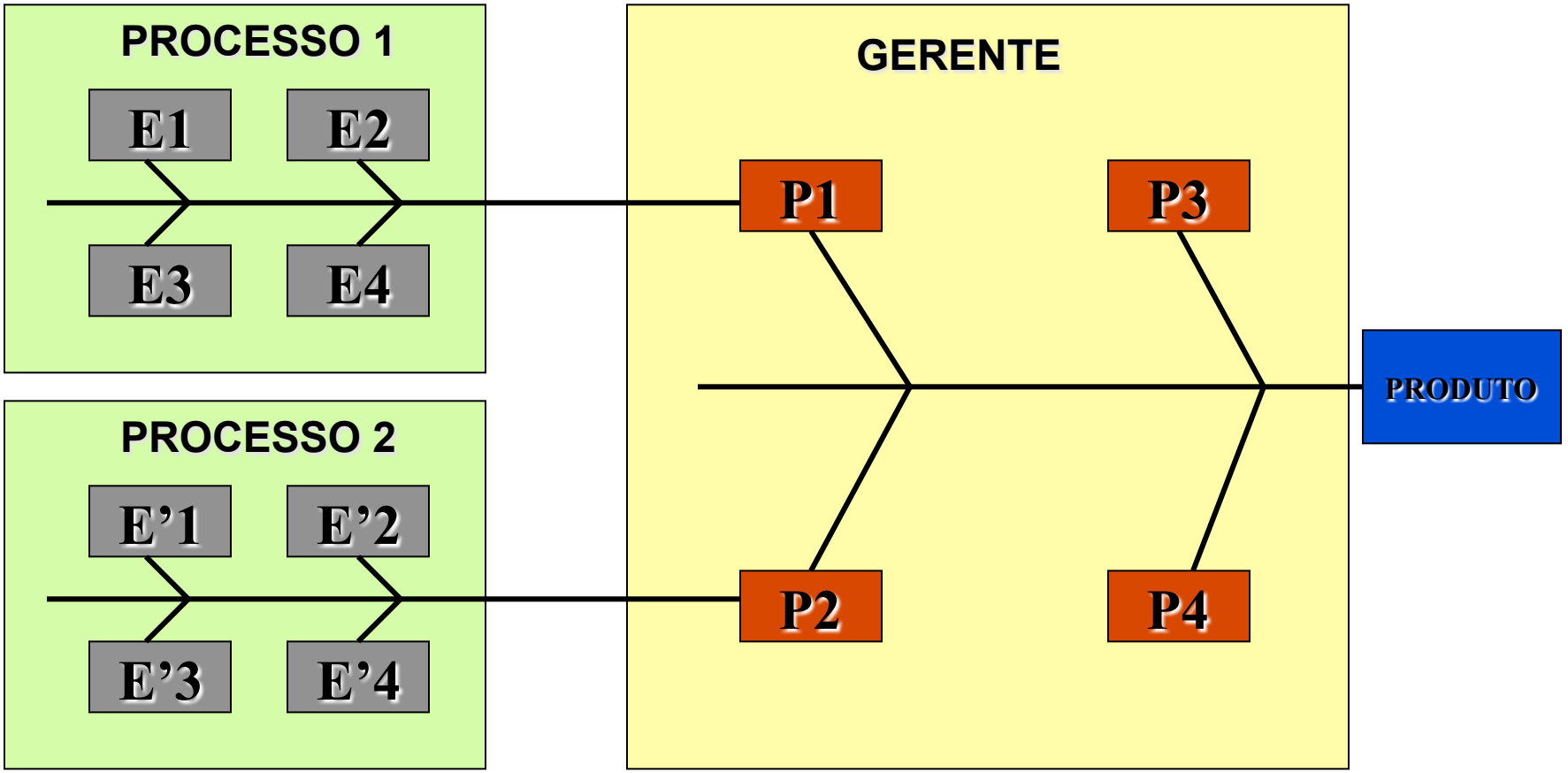
VERIFICAÇÃO

Os *itens de verificação* de um processo são índices numéricos estabelecidos sobre as principais causas que afetam determinado item de controle.

Os resultados de um item de controle são garantidos pelo acompanhamento dos itens de verificação. Os itens de verificação são estabelecidos sobre os pontos de verificação do processo.

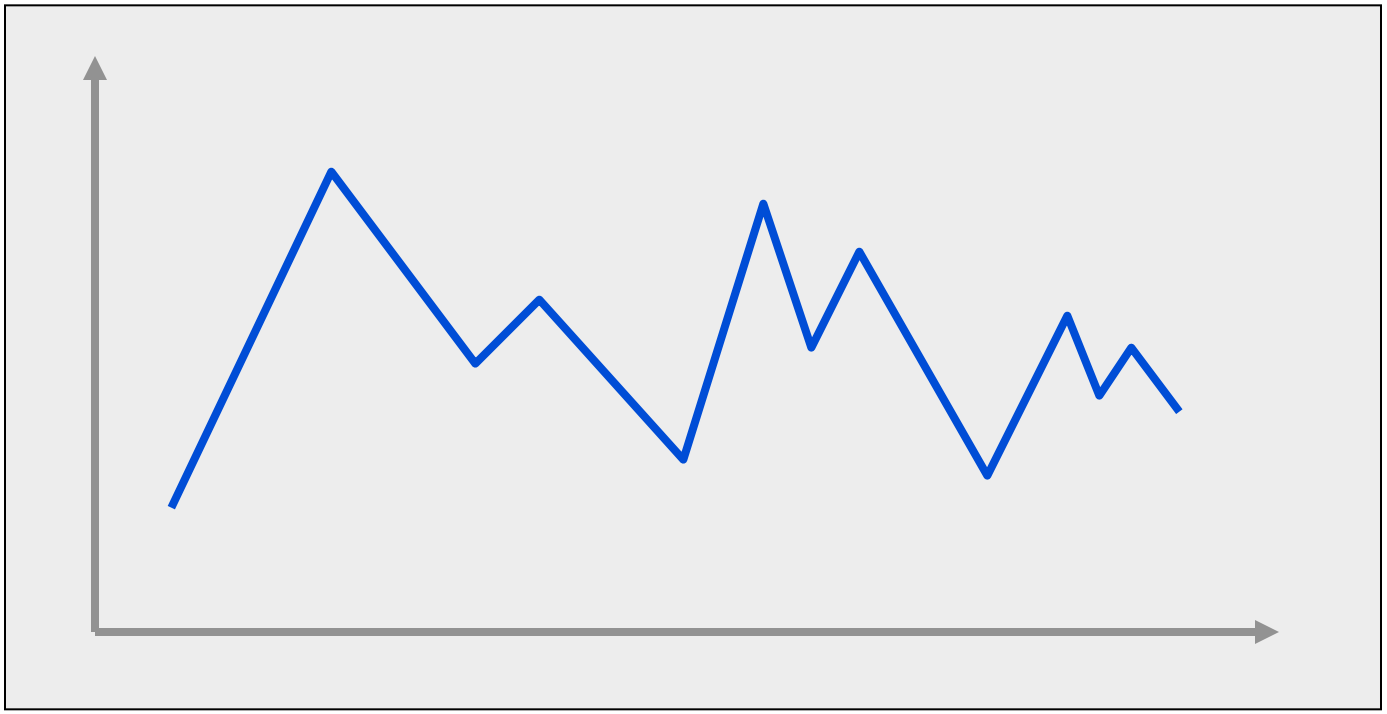
RELAÇÃO ENTRE ITENS DE CONTROLE E VERIFICAÇÃO

Os itens de verificação e os itens de controle estão ligados por uma relação de causa e efeito.



GERENCIAMENTO DE PROCESSOS

- **Um gráfico é a melhor forma de se acompanhar a evolução de um processo.**



CONCEITO DE VARIABILIDADE

Dois produtos ou características nunca são exatamente iguais, pois qualquer processo contém muitas fontes de variabilidade.

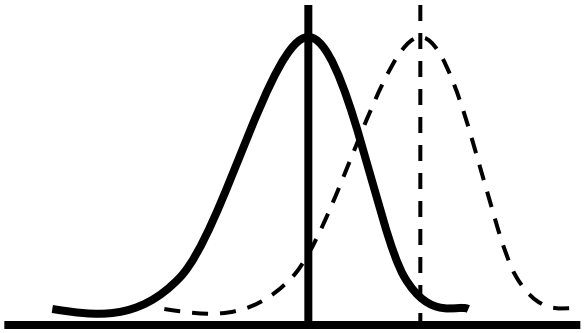
As diferenças entre produtos podem ser grandes ou imensamente pequenas, mas elas estão sempre presentes.

EXEMPLO DE VARIABILIDADE

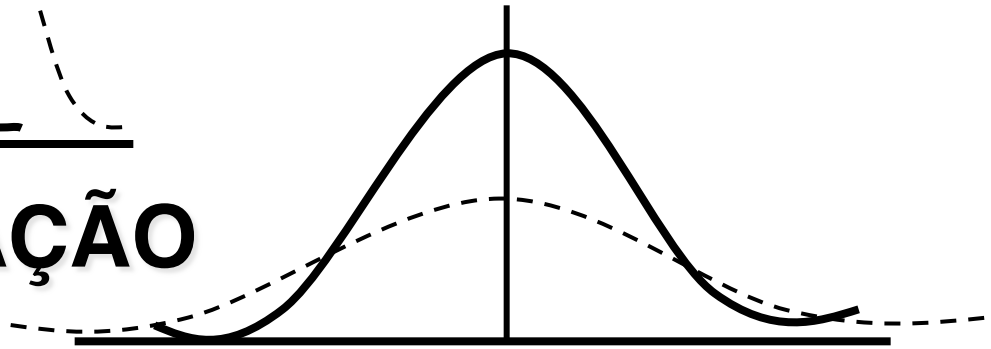
O diâmetro de um eixo usinado pode variar devido a:

- **Máquina (folga, desgaste do rolamento);**
- **Ferramenta (esforço, desgaste);**
- **Material (diâmetro, dureza);**
- **Operador (precisão na centralização, alimentação da máquina);**
- **Manutenção (lubrificação, reposição de peças gastas);**
- **Meio Ambiente (temperatura, constância do fornecimento elétrico).**

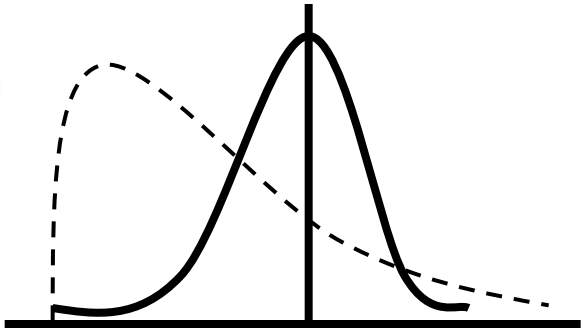
VARIABILIDADE E SUAS FONTES



LOCALIZAÇÃO



DISPERSÃO



FORMA

COLETA DE DADOS

•**Para promover a redução da variabilidade, deve-se conhecê-la bem. Isso só é possível através da coleta de dados.**

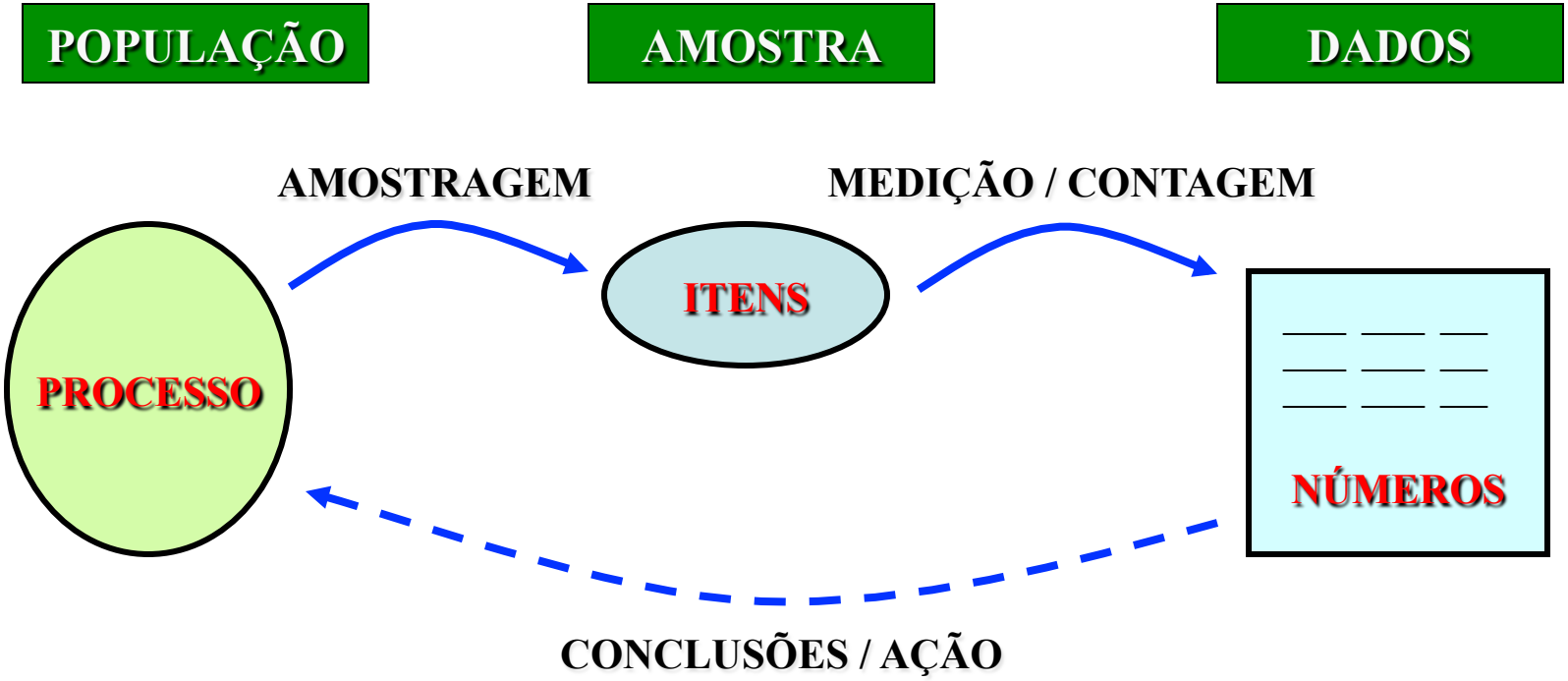
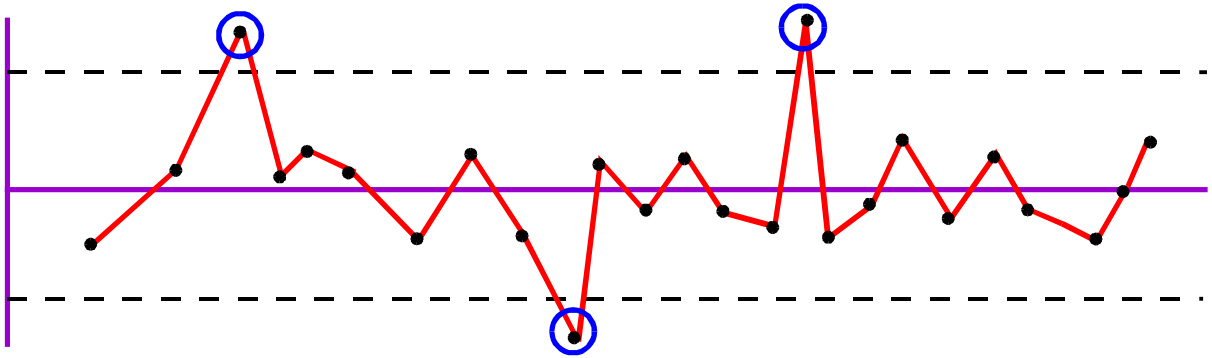


GRÁFICO SEQUENCIAL

<u>O QUE É:</u> um gráfico dos dados ao longo do tempo.

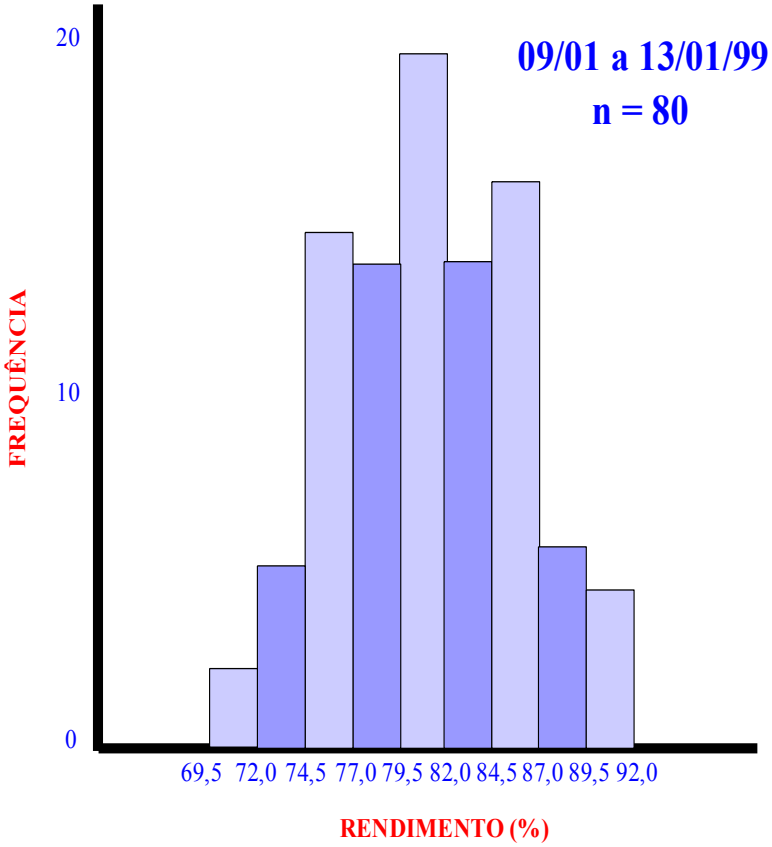
<u>OBJETIVO:</u> é utilizado para pesquisar tendências nos dados ao longo da produção, o que poderia indicar a presença de causas especiais de variação.



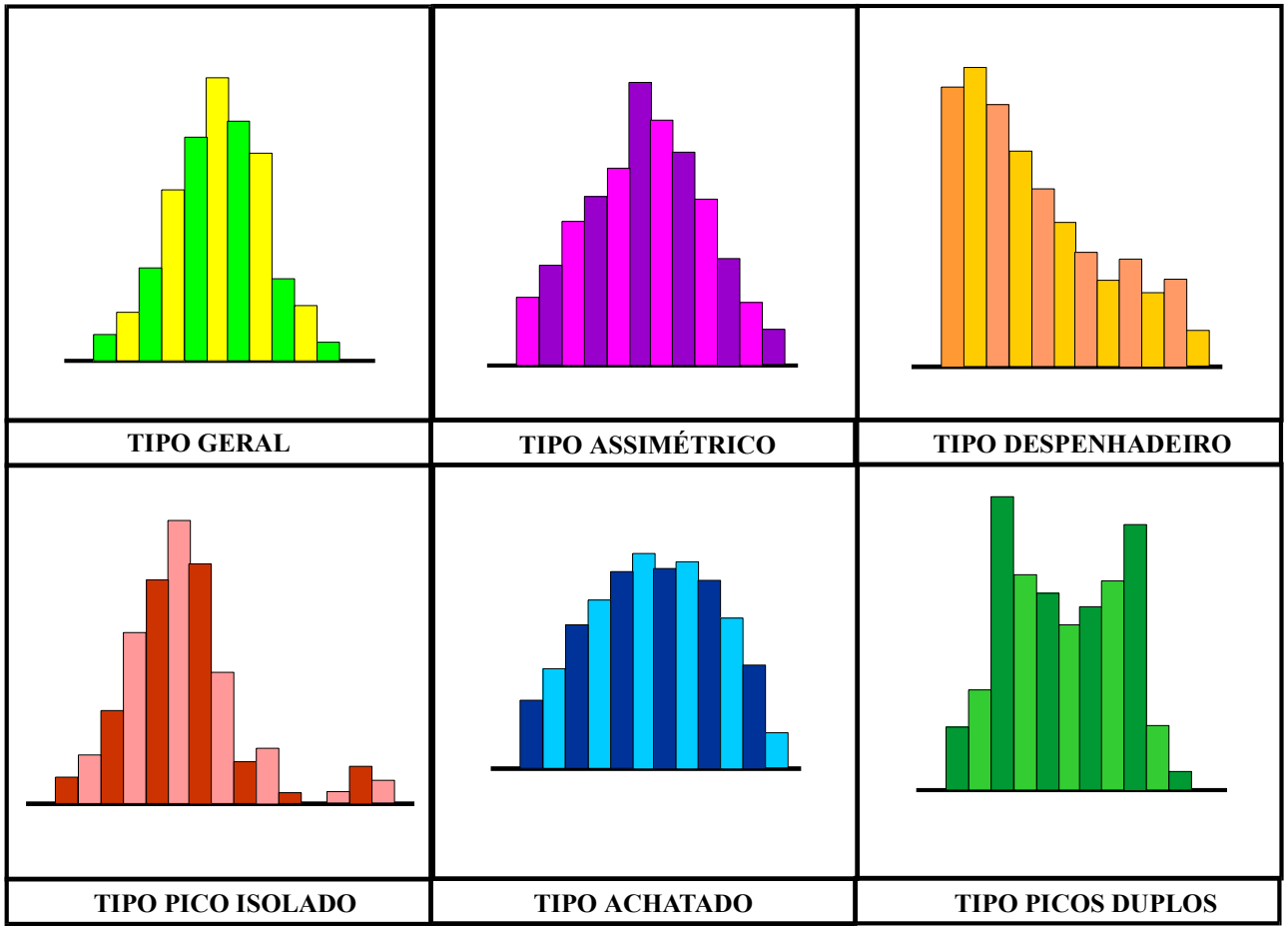
HISTOGRAMA

<u>O QUE É:</u> um gráfico de barras que associa os valores de uma característica da qualidade, divididos em pequenos intervalos, com a freqüência com que ocorreram na amostra. Ele representa a *distribuição de freqüência dos dados*.

<u>OBJETIVO:</u> resumir um grande conjunto de dados, ressaltando suas características globais, tais como faixa de valores observados, dispersão e padrão (ou forma) de variação



TIPOS DE HISTOGRAMAS



MEDIDAS DE CENTRO E VARIABILIDADE

Usualmente necessitamos conhecer <u>onde se localiza</u> o centro dos dados e <u>quão grande</u> é a variação em torno desse centro.

Os gráficos são muito úteis para se ter uma visão clara e objetiva dos dados mas, por vezes, torna-se necessário resumir os dados numa *forma numérica*.

MEDIDAS DE CENTRO E VARIABILIDADE

Média aritmética (média):

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \ldots + x_n}{n} = \frac{\Sigma x}{n}$$

Amplitude (R):

R = maior valor - menor valor

Variância (s^2):

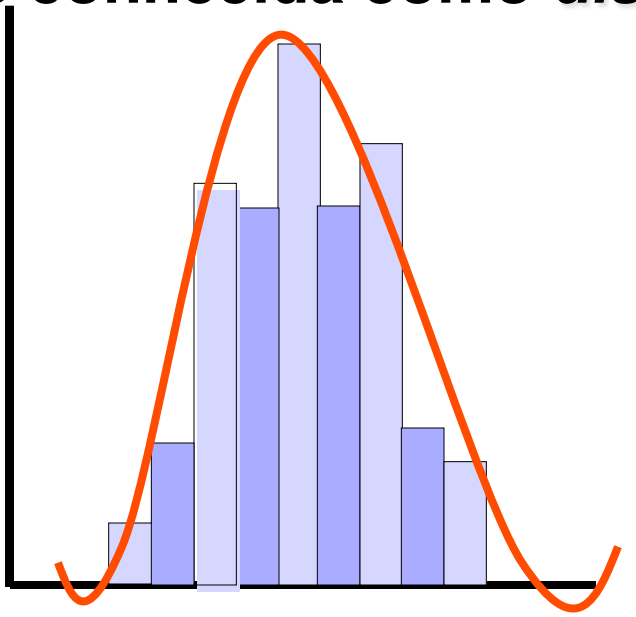
$$s^2 = \frac{1}{n-1} \Sigma (x - \bar{x})^2$$

Desvio padrão (s):

$$s = \sqrt{s^2}$$

DISTRIBUIÇÃO NORMAL

•Um histograma representa a distribuição dos resultados observados em uma amostra; a curva sobreposta sobre o histograma representa a distribuição de todos os resultados do processo, ou seja, da população. Essa curva em forma de sino é conhecida como *distribuição normal*.



FAIXA CARACTERÍSTICA DE PROCESSO (TOLERÂNCIA)

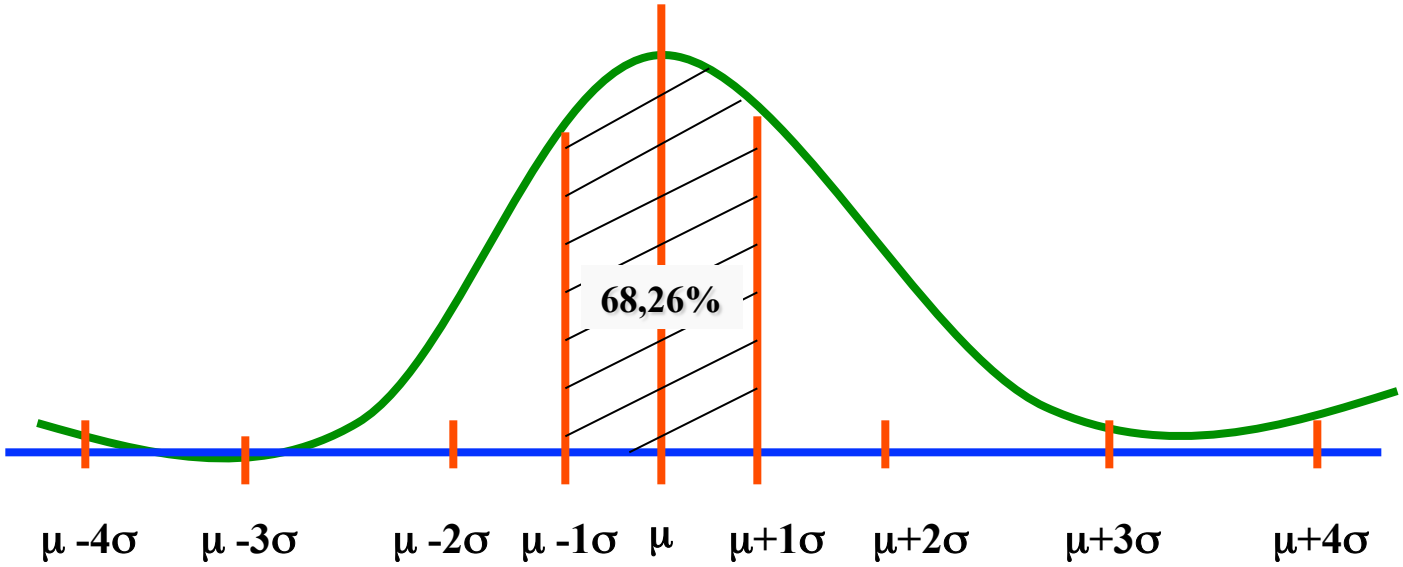
A faixa característica de processo (FCP), ou faixa padrão, representa a faixa de valores que prevemos para a maioria dos resultados futuros do processo.

Esperamos que 99,7% dos resultados caiam dentro desse intervalo.

A amplitude deste intervalo, 6s, quantifica a variação natural do processo.

FCP = (x - 3s; x + 3s) = x ± 3s

TOLERÂNCIA (FCP)



INTERVALO	PROBABILIDADE	
	DENTRO	FORA
μ ± 1σ	68,26 %	31,74%
μ ± 2σ	95,46%	4,54%
μ ± 3σ	99,73%	0,27%
μ ± 4σ	99,9936%	0,0064%

CAPACIDADE DE PROCESSO

Os estudos de capabilidade do processo tem por objetivo verificar se um processo estatisticamente estável atende às especificações de engenharia do produto ou se há geração de itens não conformes.

Esta análise costuma ser efetuada mediante cálculo e interpretação de índices específicos para essa finalidade.

ÍNDICE Cp

$$Cp = \frac{TOL}{6.\sigma} = \frac{LSE - LIE}{6.\ \sigma}$$

Este índice compara a variabilidade total permissível para as peças (ou tolerância de especificação) com a variabilidade do processo de fabricação (tolerância natural).

Para o processo ser capaz o valor deste índice não pode ser inferior a 1,33.

ÍNDICE Cpk

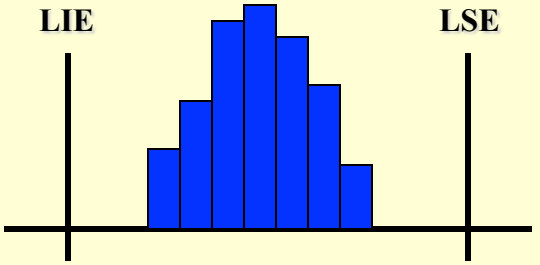
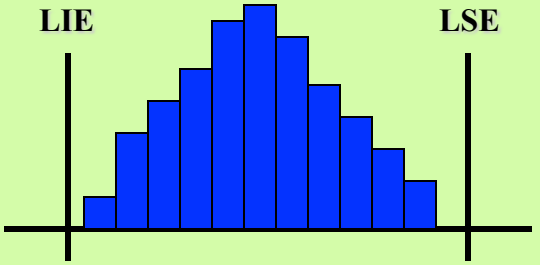
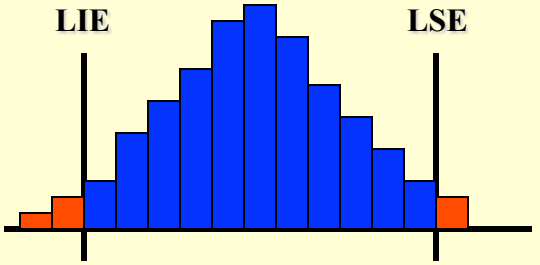
$$C_{pk} = \text{Mín}\ \{C_{pi}, C_{ps}\}$$

$$C_{pi} = \frac{\mu - LIE}{3.\sigma}$$

$$C_{ps} = \frac{LSE - \mu}{3.\sigma}$$

- **É recomendado o seu uso quando se estiver trabalhando com especificações unilaterais, ou quando a média do processo não puder ser deslocada (impossibilidade física ou custo excessivo).**
- **Com este índice, além de se avaliar a variabilidade total permissível para as peças com a tolerância natural de fabricação, verifica-se também a centralização do processo com relação aos limites (superior e inferior) da especificação.**
- **O valor deste índice deve ser igual ou superior a 1,33 para que o processo seja considerado capaz.**

CLASSIFICAÇÃO DOS PROCESSOS SEGUNDO O Cp

Nível do Processo	Cp	Proporção de Não Conformidade	Histograma Típico
Capaz	$Cp \geq 1{,}33$	$p \leq 64$ ppm	
Razoável	$1 \leq Cp < 1{,}33$	$64\text{ppm} < p \leq 0{,}27\%$	
Incapaz	$Cp < 1$	$P > 0{,}27\%$	

CARTAS DE CONTROLE PARA VARIÁVEIS

- **As cartas de controle surgiram por volta de 1920, quando Walter Shewhart desenvolveu um método para análise e ajuste da variação em função do tempo.**
- **Ele constatou que um processo pode ser descrito em termos de duas características: a sua centralização e sua dispersão.**
- **A centralização do processo pode ser estimada a partir da média de uma ou mais amostras.**
- **A dispersão pode ser estimada a partir do desvio padrão ou amplitude de uma série de amostras.**

- **As principais cartas de controle de variáveis são:**
  - **Cartas das médias e amplitudes (X e R);**
  - **Cartas das médias e desvios padrão (X e S).**

GRÁFICOS DE MÉDIA E AMPLITUDE

- **Esses gráficos são utilizados em pares, sendo que a função básica da carta de média é controlar a centralização e a da carta de amplitude a dispersão do processo.**

Cálculo da média e da amplitude:

$$\overline{X} = \frac{X_1 + X_2 + ... + X_n}{n}$$

X_1, X_2, ... São valores individuais de cada amostra
n é o tamanho da amostra

$$R = X_{máx} - X_{mín}$$

Cálculo da média das amplitudes e da média do processo:

$$\overline{\overline{R}} = \frac{\overline{R}_1 + \overline{R}_2 + ... \overline{R}_k}{k}$$

$$\overline{\overline{X}} = \frac{\overline{X}_1 + \overline{X}_2 + ... \overline{X}_k}{k}$$

Cálculo dos limites de controle

$$LSC_R = D_4 \overline{R}$$

$$LSI_R = D_3 \overline{R}$$

$$LSC_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} + A_2\overline{R}$$

$$LIC_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} - A_2\overline{R}$$

GRÁFICOS DE MÉDIA E DESVIO PADRÃO

- **Esses gráficos são usados em pares. O desvio padrão da amostra (s) é o melhor indicador da variabilidade do processo, principalmente para amostras de tamanhos maiores.**
- **As cartas s são utilizadas para substituir as cartas R quando dispomos de recursos computacionais adequados e operadores treinados no uso desses recursos.**

Cálculo do desvio padrão (s) das amostras:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - x)^2}{n-1}}$$

Cálculo dos limites de controle

$$LSC_s = B_4 \, \bar{s}$$

$$LSI_s = B_3 \, \bar{s}$$

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{s}$$

$$LIC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{s}$$

GRÁFICOS DE CONTROLE PARA ATRIBUTOS

- **Esses tipos de gráficos apresentam dois tipos de valores:**
  - **Conforme / Não conforme;**
  - **Passa / Não Passa;**
  - **Presença / Ausência.**
- **As situações que envolvem atributos podem ocorrer em qualquer processo.**
- **Os dados relativos a atributos são fáceis de se obter, apenas tendo-se que convertê-los em gráficos de controle.**
- **Esses dados fornecem informações importantes para a gerência, indicando as porcentagens de refugo e retrabalho.**

GRÁFICO p PARA A PROPORÇÃO NÃO CONFORME

- **Este gráfico mede a porcentagem de unidades não conformes de uma amostra em inspeção.**
- **As unidades, de acordo com o critério estabelecido, são classificadas em conforme e não conforme.**

Cálculo da linha média da fração defeituosa:

$$\overline{p} = \frac{np_1 + ... + np_k}{n_1 + ... + n_k} = \frac{\Sigma np}{\Sigma\ n}$$

$np_1, np_2, ..., np_k$ = números de unidades defeituosas
$n_1, n_2, ..., n_k$ = tamanhos de cada uma das k amostras

Cálculo dos limites de controle:

$$LSCp = \overline{p} + 3\sqrt{\overline{p}\,(1-\overline{p})}\ /\sqrt{n}$$

$$LSCp = \overline{p} - 3\sqrt{\overline{p}\,(1-\overline{p})}\ /\sqrt{n}$$

GRÁFICO np PARA Nº DE UNIDADES NÃO CONFORMES

- **Este gráfico só pode ser utilizado com tamanho de amostra constante.**

Cálculo da linha média:

$$\overline{np} = \frac{np_1 + np_2 + ... + np_k}{k} = \frac{\Sigma\ np}{k}$$

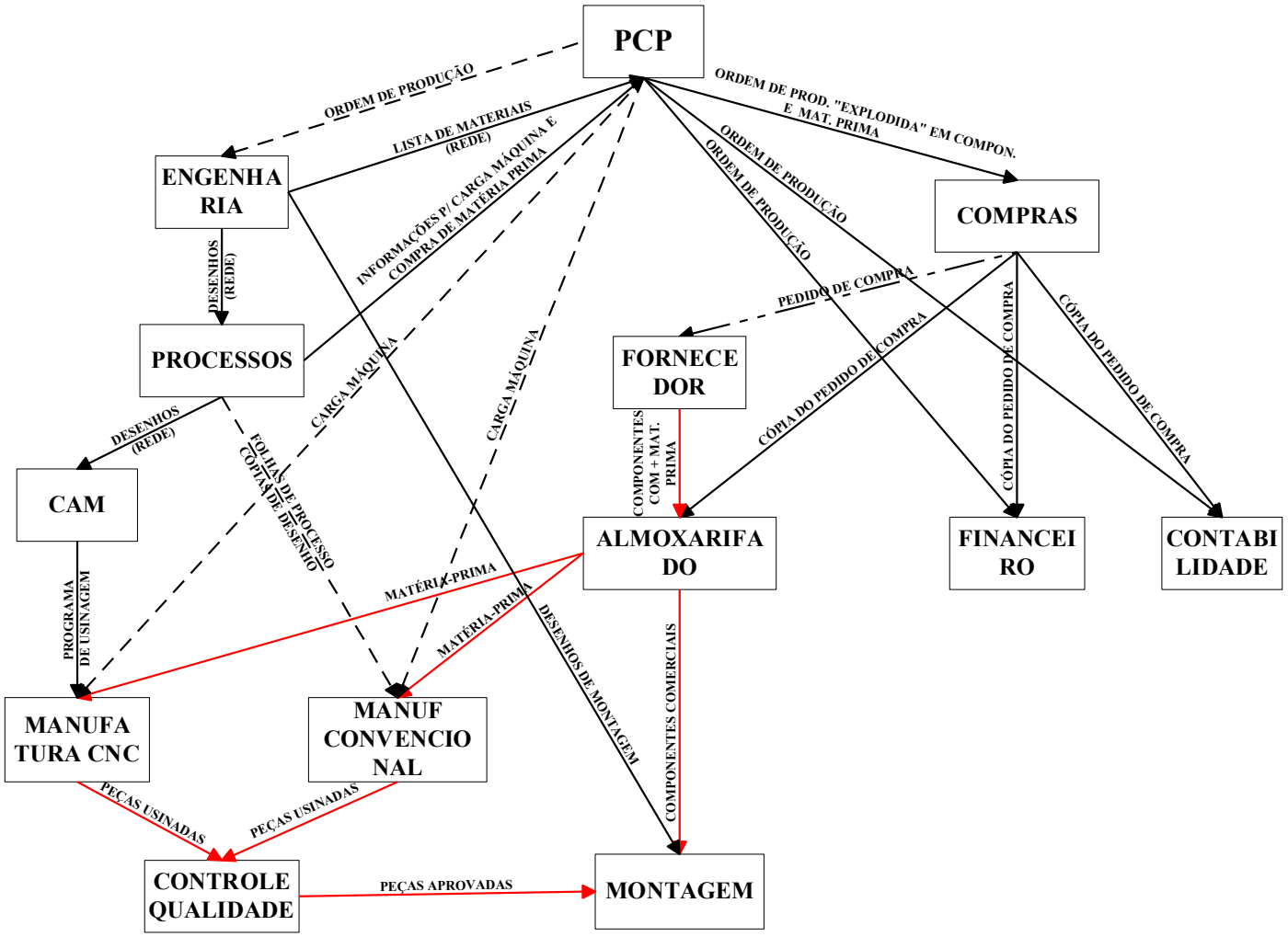
Onde np_1, np_2, ... são números de unidades não conformes em cada um dos k subgrupos.

Cálculo dos limites superior e inferior de controle:

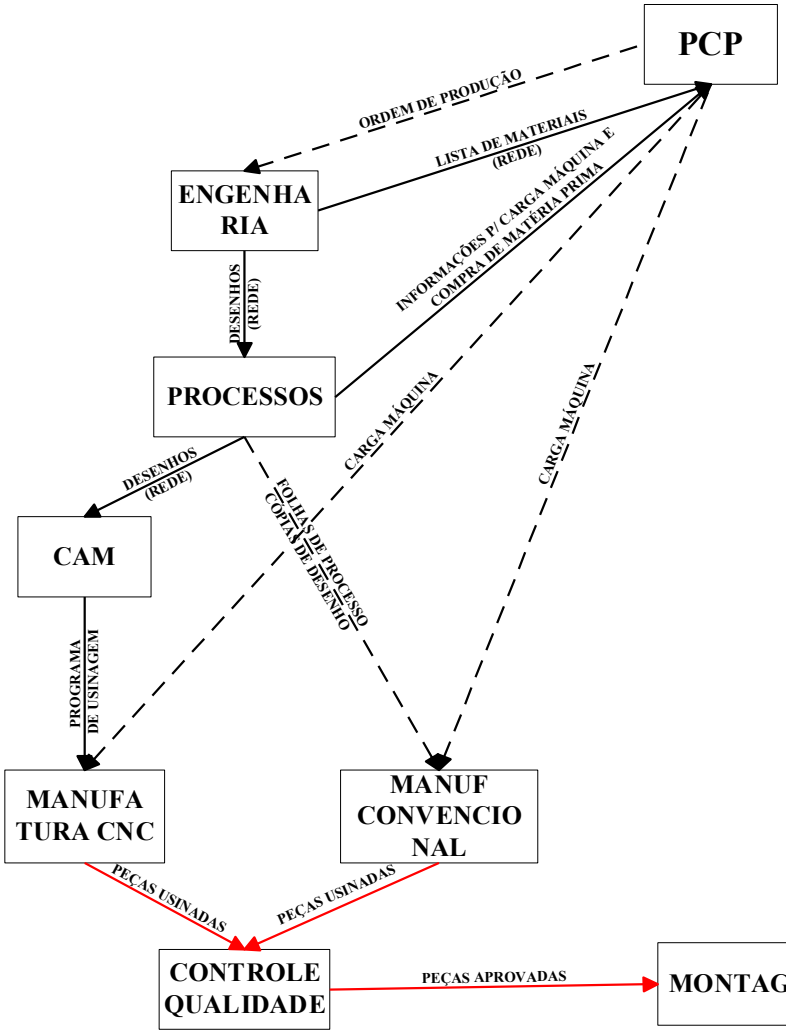
$$LSC = \overline{np} + 3\sqrt{\overline{np}\,(1 - \frac{\overline{np}}{n})}$$

$$LSC = \overline{np} - 3\sqrt{\overline{np}\,(1 - \frac{\overline{np}}{n})}$$

CAP. 10 - MANUFATURA INTEGRADA POR COMPUTADOR



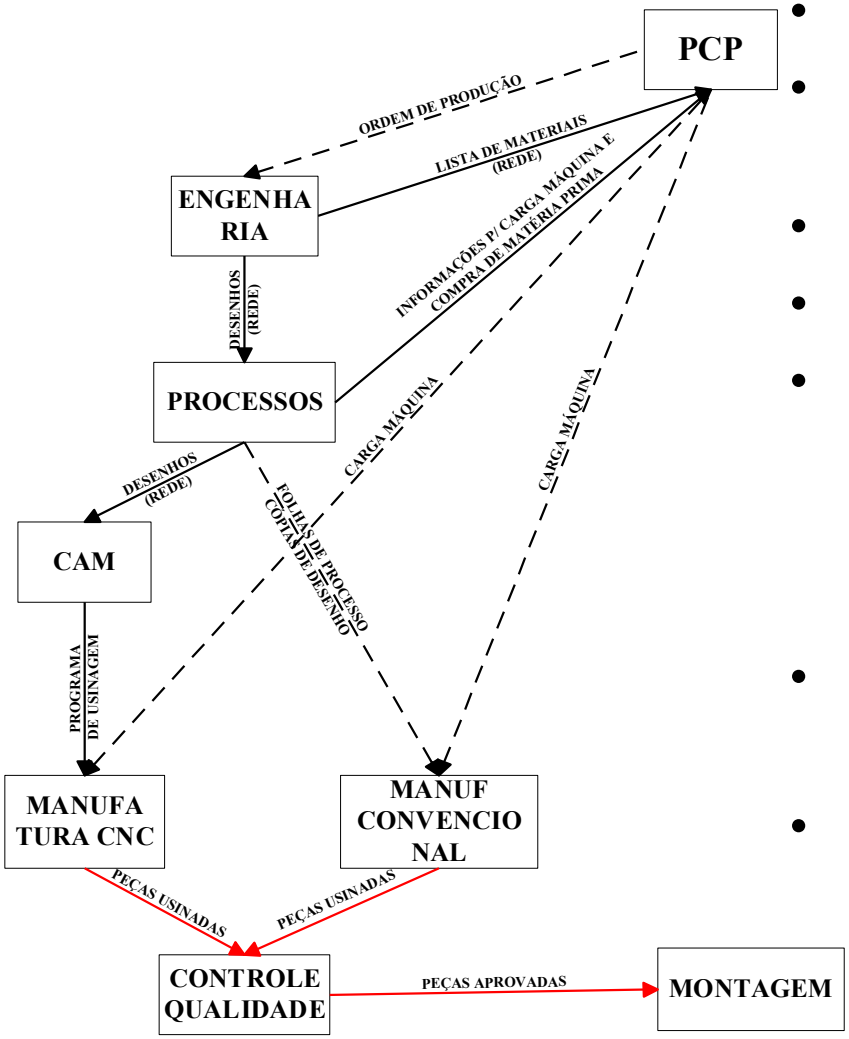
MANUFATURA INTEGRADA POR COMPUTADOR



- Analise do relacionamento entre :
  - PCP
  - Engenharia
  - Processos
  - Usinagem
  - Montagem

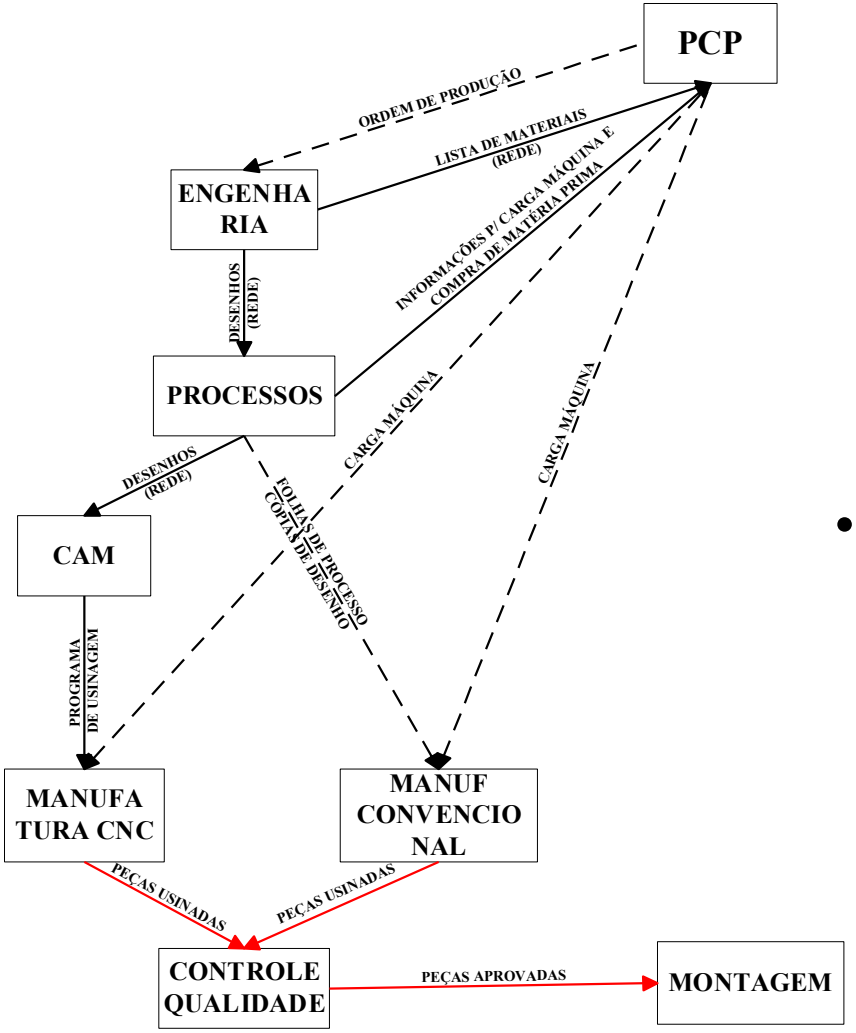
em uma manufatura que além de ter os diversos setores da cadeia produtiva informatizados possui a integração dos mesmos via computador [setores ligados em rede(s)]

PCP



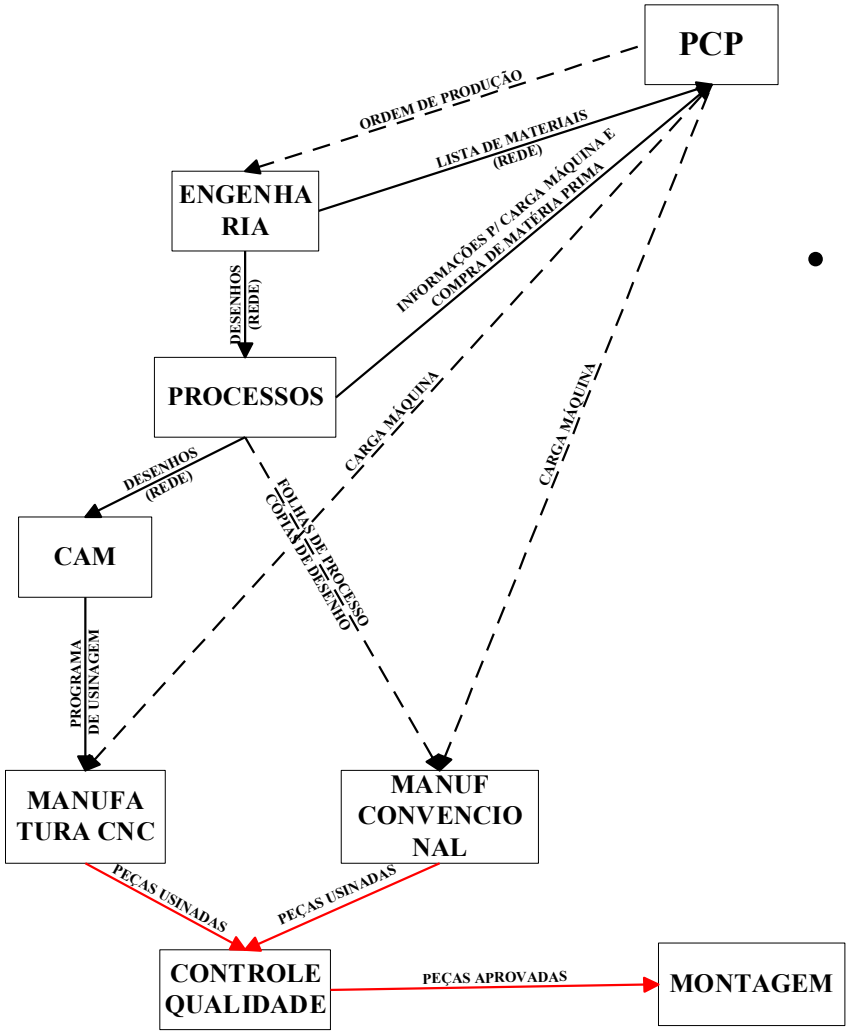
- Atividades do PCP:
- Recebe “Ordem de Produção” e toma as providências para sua execução
- Aciona Engenharia.
- Aciona Processos.
- Baseado em “Folhas de Processo”:
  - –Faz “carga máquina”
  - –Decide o que usinar com 3º
  - –Requisita matéria-prima
- Baseado em “Listas de Materiais”:
  - –Requisita componentes comerciais
- Acompanhamento da produção baseado em “carga máquina” e controle de qualidade

PCP



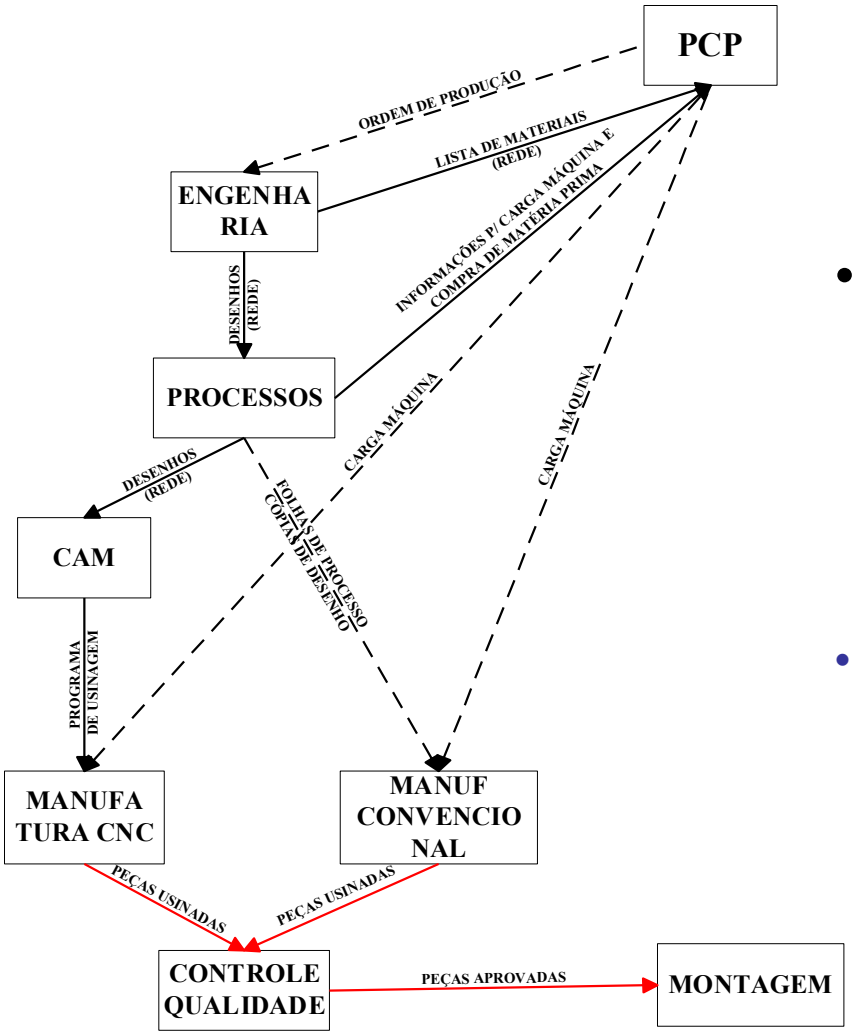
- Informatização interna:
  - –Programa “carga máquina”

PCP - VENDAS



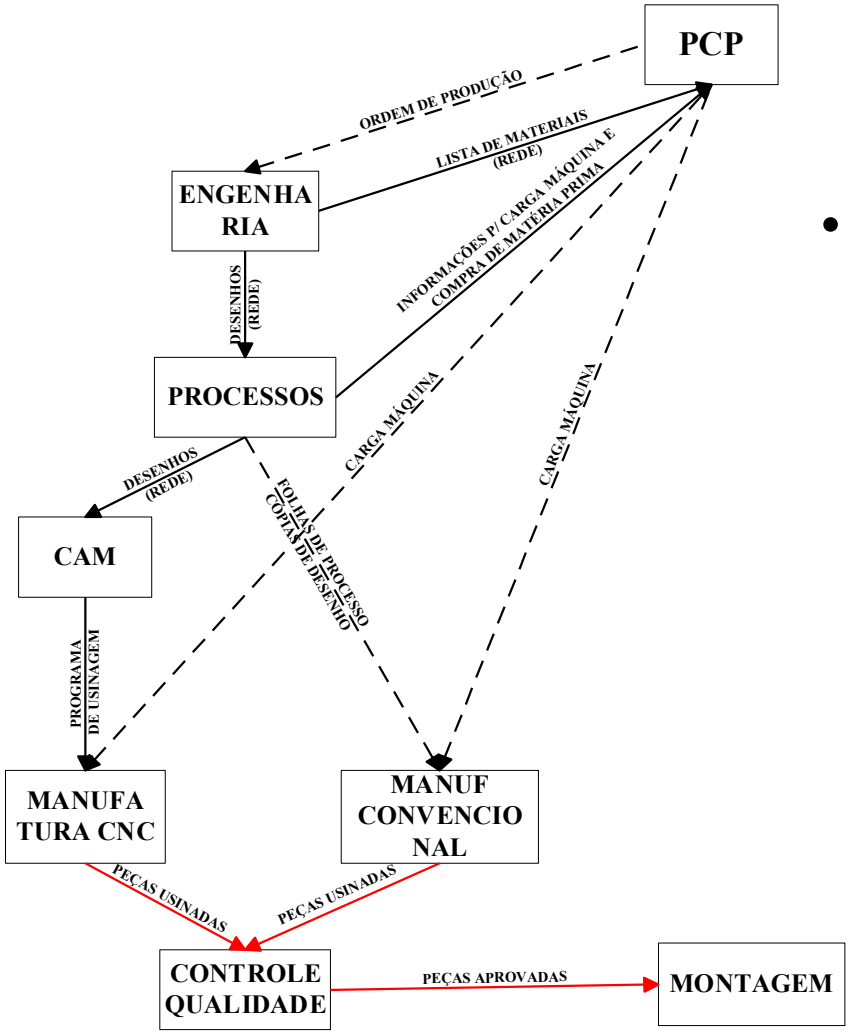
- Comunicação informatizada com:
  - –Administração de vendas
    - “OP”
    - Cadastrode Clientes

PCP - VENDAS



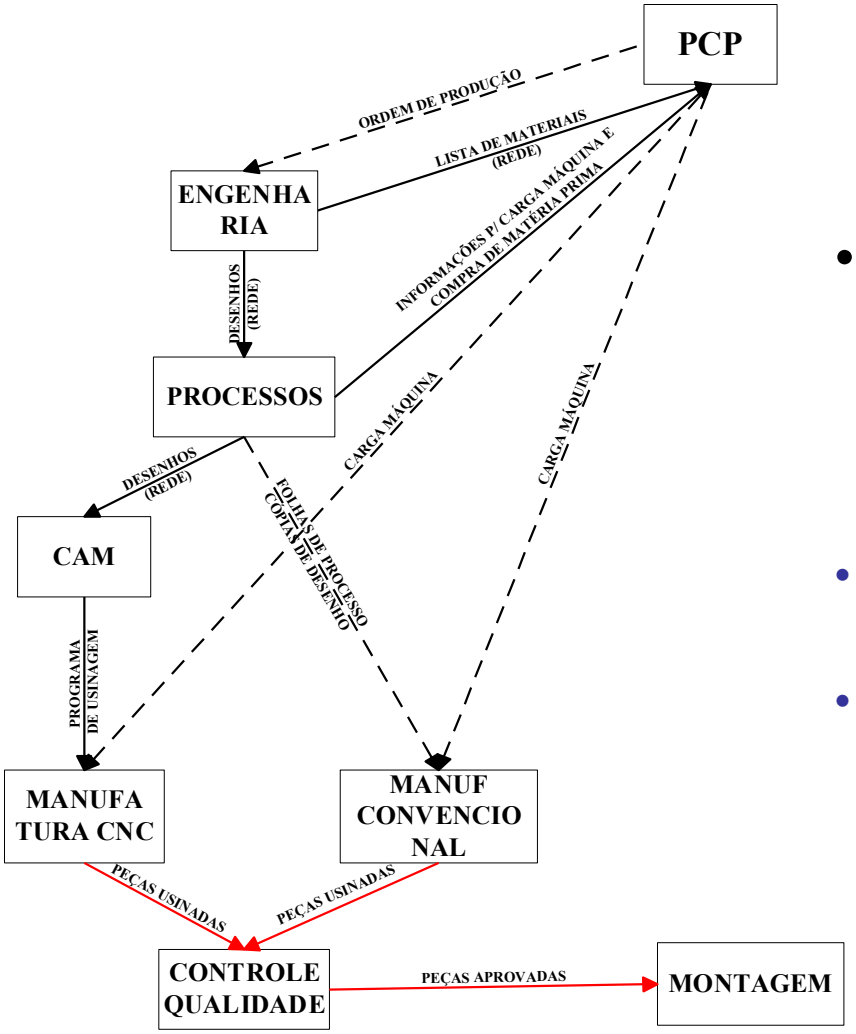
- Comunicação informatizada com:
  - –Administração de vendas
    - "OP"
    - Cadastrode Clientes
- **"OP" em "papel": se existem várias cópias corre-se o risco de existirem versões diferentes. Se for folha única torna-se difícil a consulta.**

PCP - ENGENHARIA



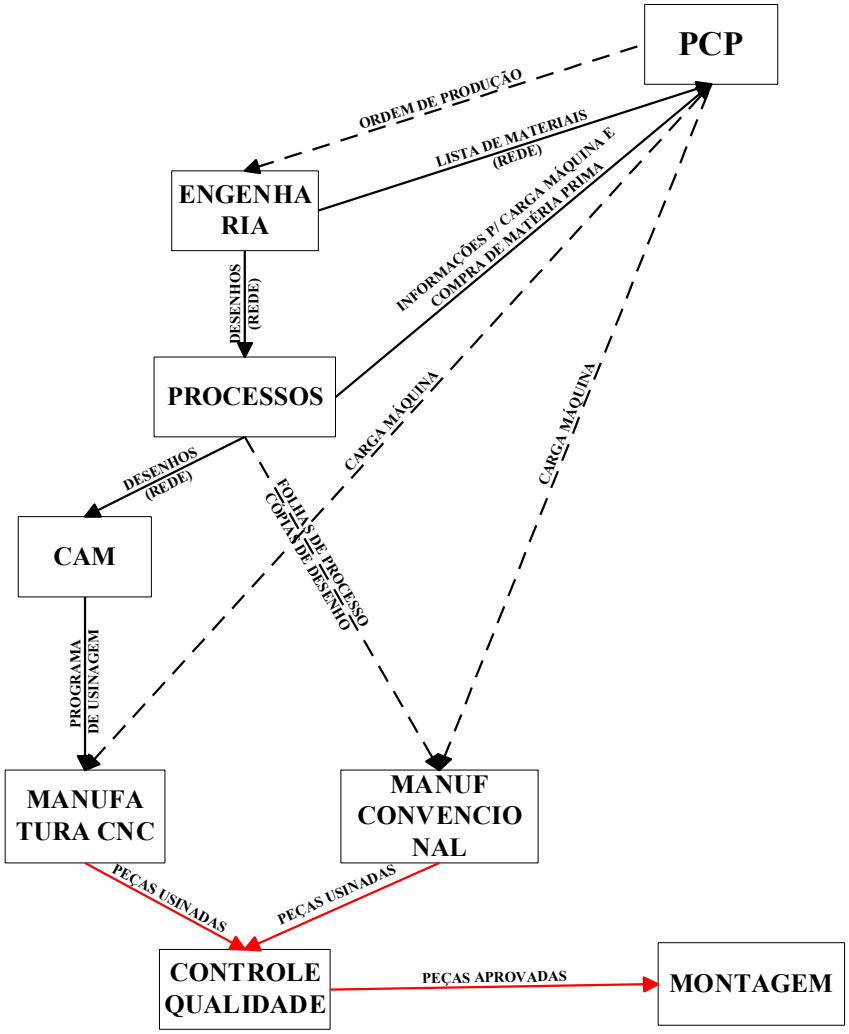
- Comunicação informatizada com:
  - –Engenharia
    - “OP”
    - Listas de Materiais

PCP - ENGENHARIA



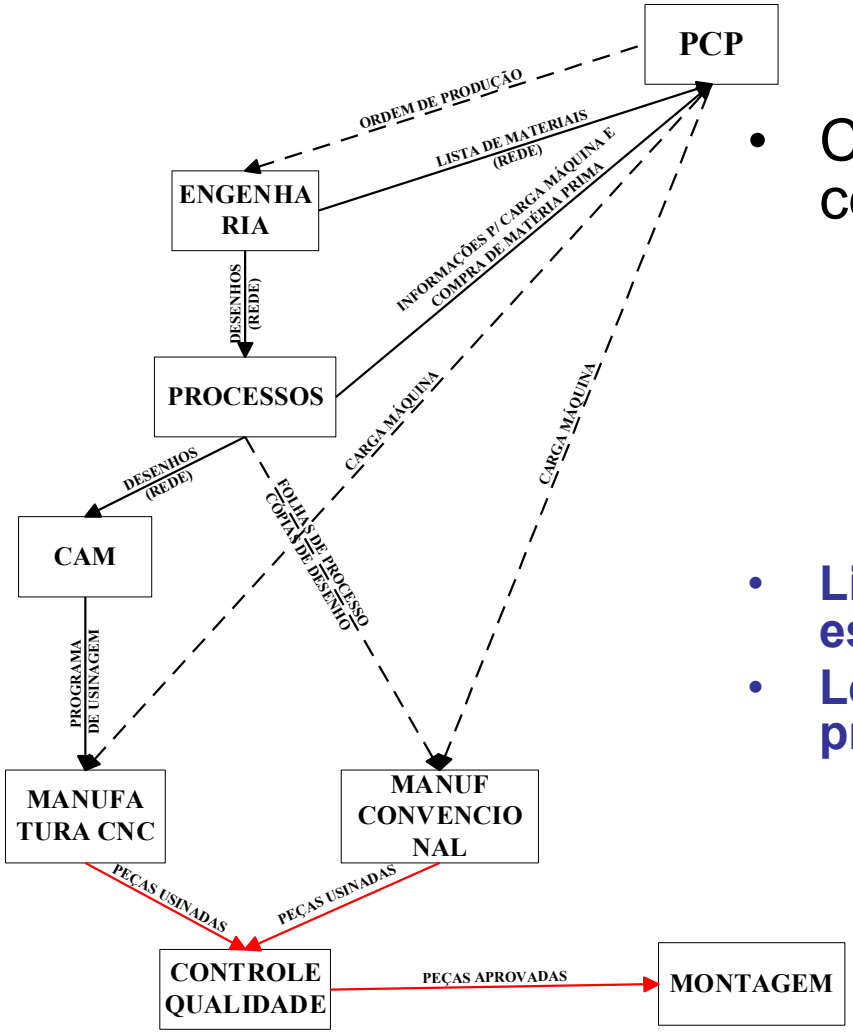
- Comunicação informatizada com:
  - –Engenharia
    - "OP"
    - Listas de Materiais
- **Se as Listas forem redigitadas a probabilida de de erros é grande.**
- **Perda de tempo.**

PCP - PROCESSOS



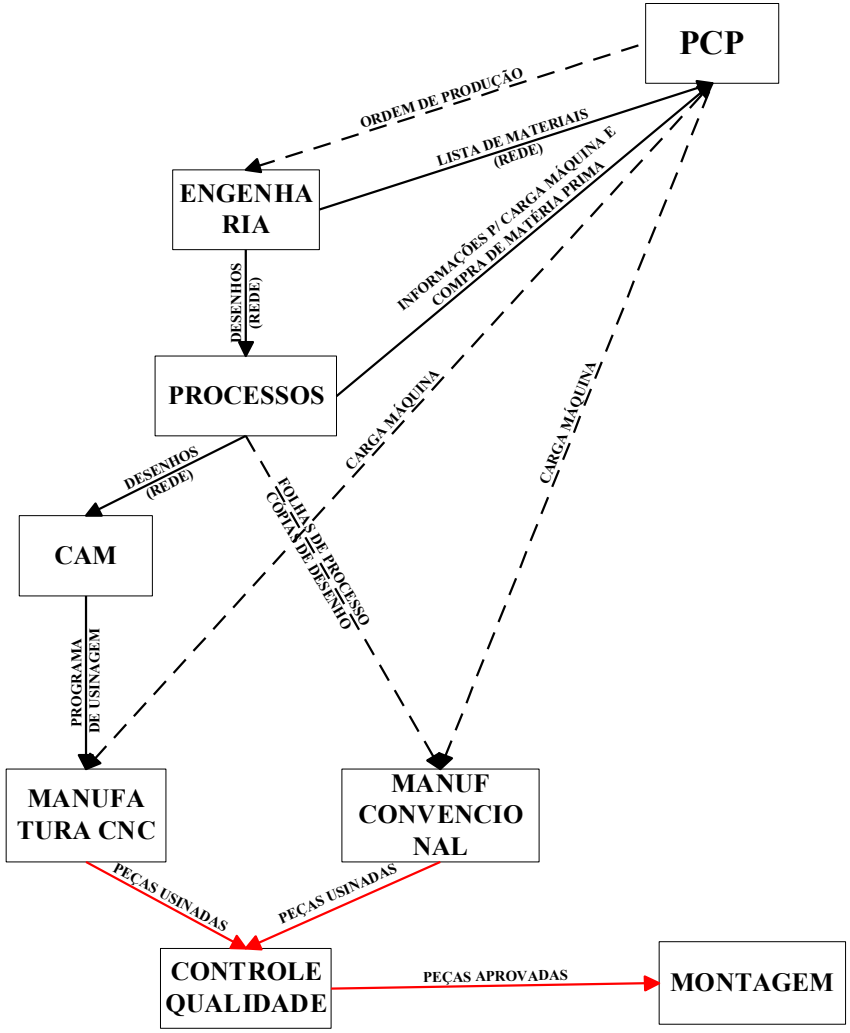
- Comunicação informatizada com:
  - –Processos
    - Listasde materiais
    - Desenhos
    - Folhasde processo

PCP - PROCESSOS



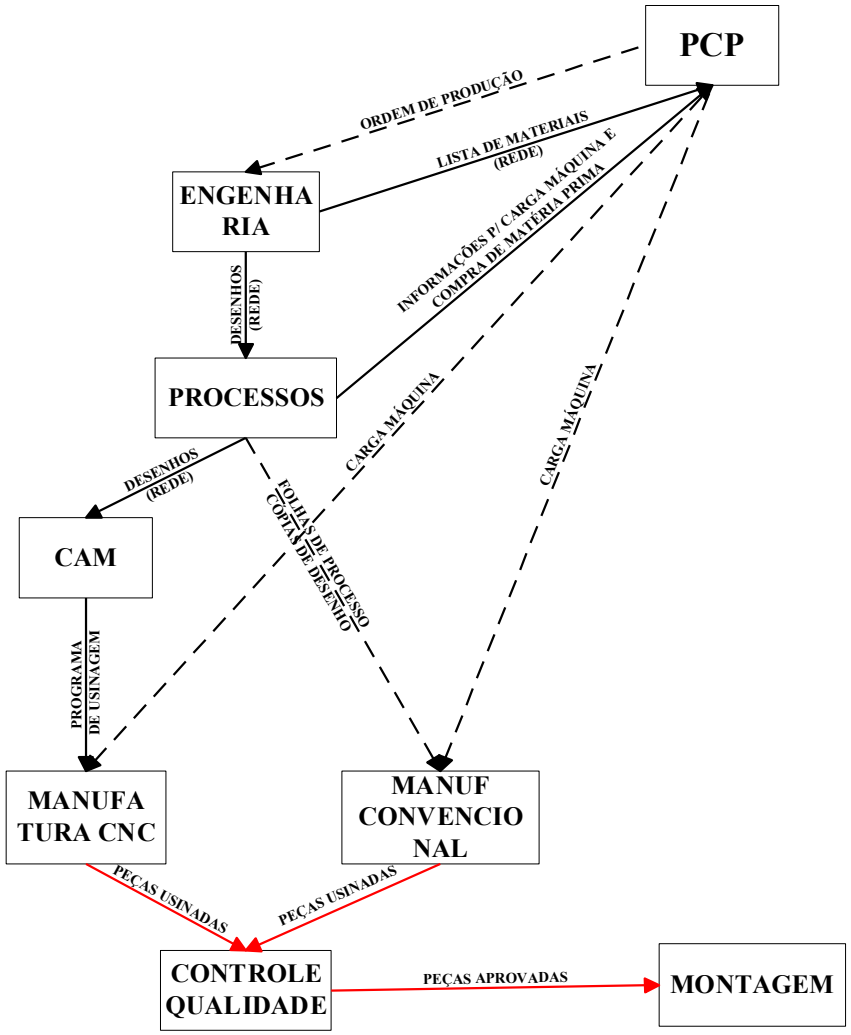
- Comunicação informatizada com:
  - –Processos
    - Listasde materiais
    - Desenhos
    - Folhasde processo
- **Listas e Desenhos impressos podem estar desatualizados**
- **Leitura e redigitação de folhas de processos podem gerar erros**
  - **–Requisição de mat. prima errada**
  - **–Falta de operações / estimativa tempo**

PCP - MANUFATURA



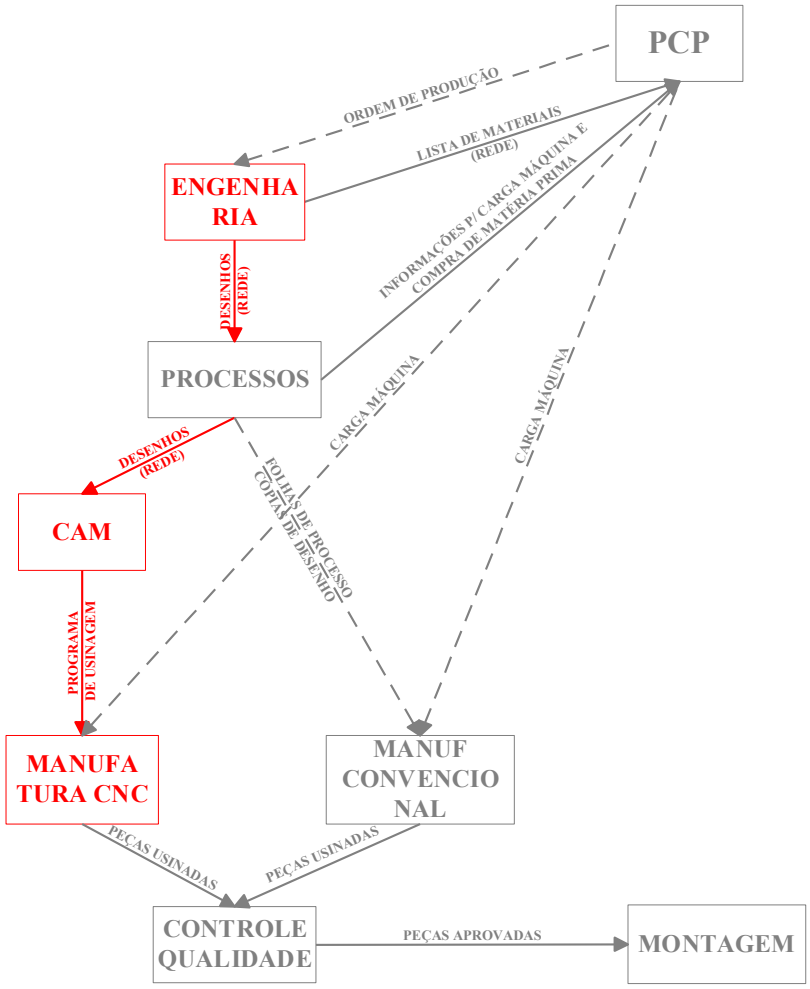
- Comunicação informatizada com:
  - –Manufatura
    - Listas de materiais
    - Desenhos
    - Folhas de processo
    - Programa CNC
    - Carga máquina

PCP - MANUFATURA



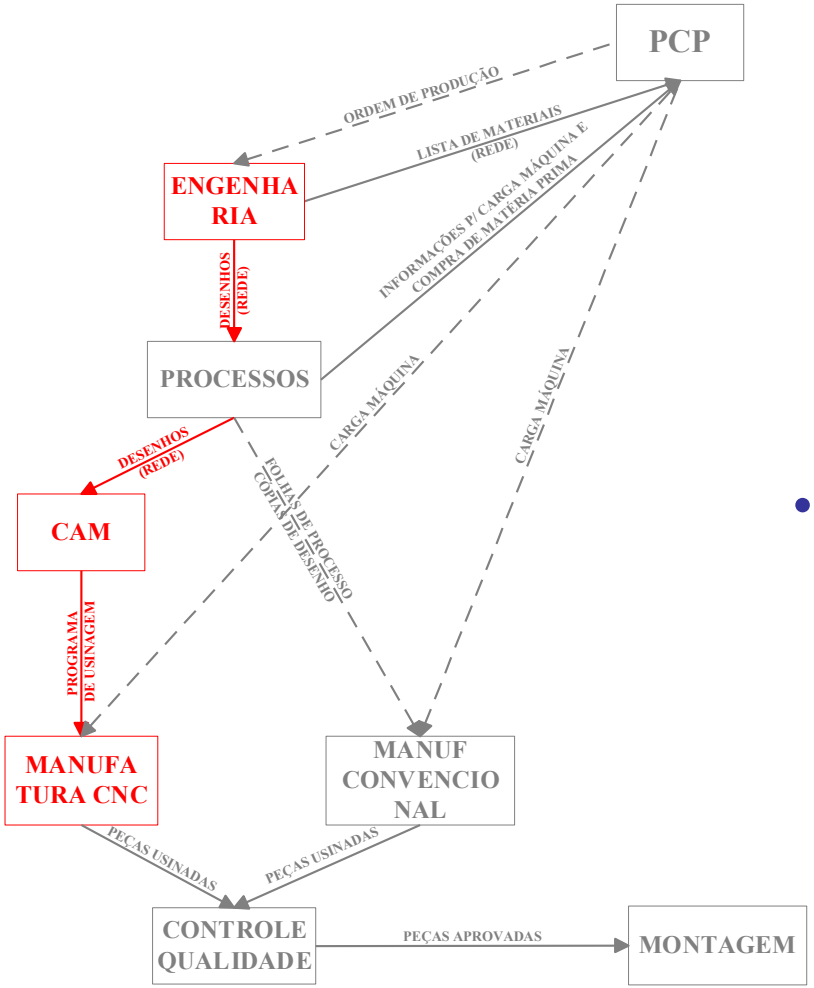
- Comunicação informatizada com:
  - –Manufatura
    - Listas de materiais
    - Desenhos
    - Folhas de processo
    - Programa CNC
    - Carga máquina
- **Listas e Desenhos impressos podem estar desatualizados**
- **“Redesenhar” a peça no CAM é dispêndio desnecessário de tempo e pode ocasionar erros**

REDE - CUIDADOS



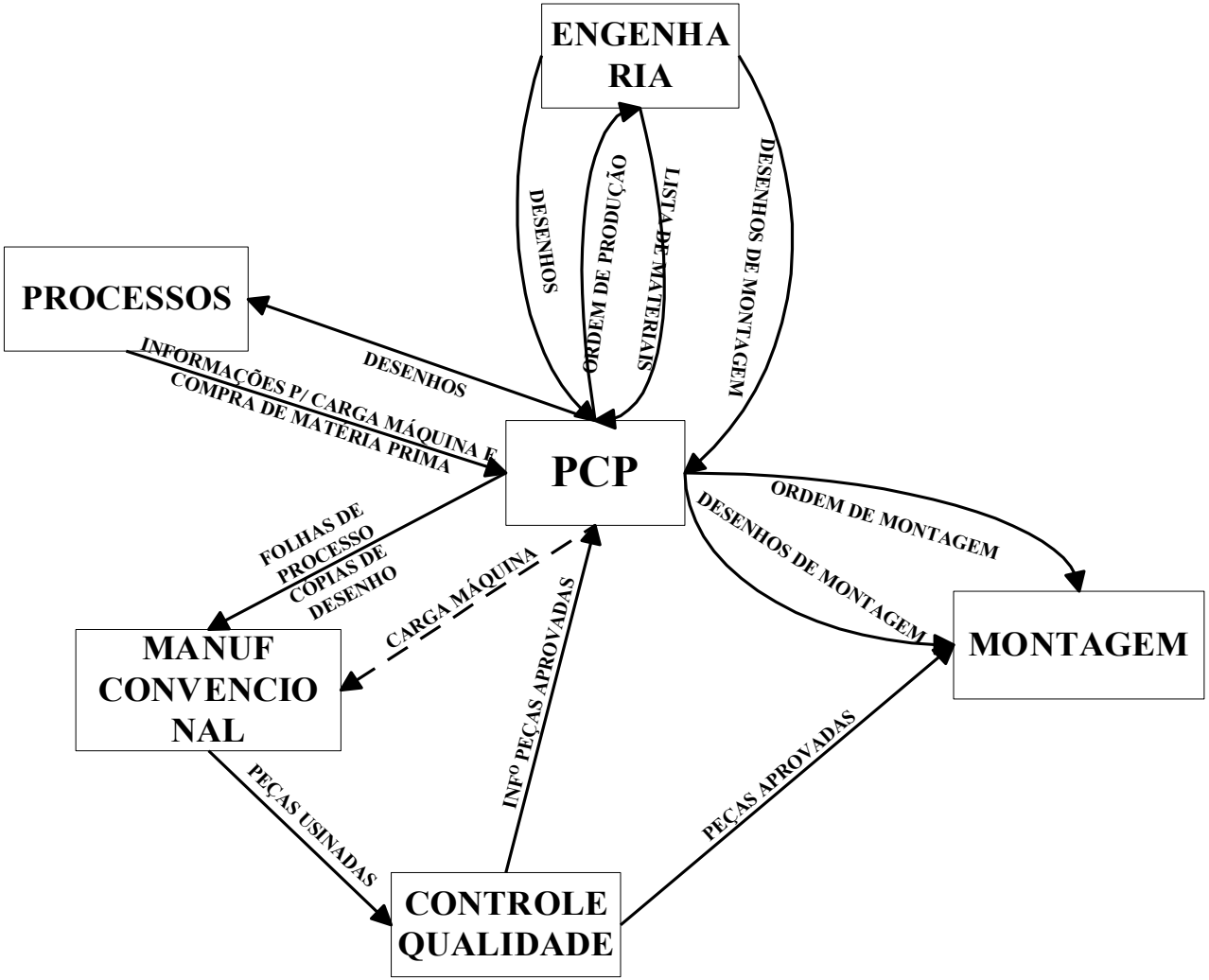
- A tecnologia de uma empresa normalmente esta contida e guardada principalmente no setor de Engenharia.
- É cada vez mais necessário a ligação da empresa com o ambiente exterior via **Internet**.
- Não é desejável que informações da operação da empresa sejam acessadas por estranhos, porém o dano que pode ser causado por “pirataria” nos sistemas administrativos é muito menor que aquele causado pelo “vazamento” de informações sobre a tecnologia própria da empresa.

REDE - CUIDADOS



- "FIRE WALLS" devem ser adotadas de forma a proteger a rede de engenharia do acesso não autorizado.

MANUFATURA INTEGRADA POR COMPUTADOR



BIBLIOGRAFIA

- **Gelej,A – Forge equipment and accessories-Akademiai Kando, Budapest – 1967**
- **Schuler Gmbh – Metal Forming Handbook – Berlin – Springer – 1988**
- **Tselikov, A.I – Hilsmascinen Verlag Technic – Berlin -1954**
- **Stipkovic, M.F.-Manual de estampagem,ferramentas e prensa –EPUSP-EEMAUA-EEMACKENZIE -2007**
- **Stipkovic,M.F – DFM na estampagem – FDTE – 2005**
- **Stipkovic,M.F – Apostila de Tecnologia Mecânica- E.E.Mauá -1998**
- **Metals Handbook – vol. 15 – Casting – 9th edition-ASM-1988**
- **Arencibia,R.V –Metrologia- 1º seminário FEMEC/MITUTOYO – março 2009**
- **Lino Alves,F.J – materiais de construção mecânica - Sinterização-FEU Porto -2005**
- **Almeida,C.O.Fº; Stipkovic,M.F -curso de estampagem- 2008**
- **Cymrot,R- CEP – E.E.Mackenzie – 2004**
- **Hinshitsu Consultoria &treinamento – Itajubá/Minas Gerais – 2000**
- **Toledo,j.C – Introdução ao CEP – UFSCar – 2004**
- **.Sandvik Coromant do brasil-ISSN1518-6091-Ed.01/2009**

BIBLIOGRAFIA

- **Moreira,M.F; Lebrão,S.M.G – Tratamentos térmicos – Materiais- Dmc 733-E.E. Mauá – 2000**
- **Stipkovic,M.F – Usinagem – EPUSP- EEMauá-Fatec SP- 1992**
- **Booker,J.D; Swift,K.G – Process selection – John Wiley & Sons Inc. –N.York – 1997**
- **Lucato,M; Moriguchi,S.K – Elementos de Maquinas – Apostila – EEMauá -2000**
- **Bordinassi,E.C – apostila – máquinas de usinagem – EEMauá – 2004**
- **Stipkovic,M. Antonio – Prensas servo acionadas – Seminário de Corte e Conformação Plástica de Metais – S. Paulo – 2007**
- **Bortoloto,I.A; et al – estampagem de aços – FATECSP – 1997**
- **Plaut,R.L – Curso da ABM – Estampagem de aços -2006**
- **Kalpakjian,S et al – Manufacturing Engineering and Technology-Ed. Prentice Hall -4ª Ed. -2001**
- **Degarmo, Black,J.t;Kohser,A.R – Materials and processes in Manufacturing-8ª ed.-2005**
- **Altan,T – Conformação de metais-EESC-USP- São Carlos –SP-1999**
- **Lange,K – Forming Handbook –ed. Mc Graw Hill and SME – N. York – 1993**
- **Ferraresi,D.-Fundamentos de Usinagem dos metais-S. Paulo-ed. Blucher-1969**