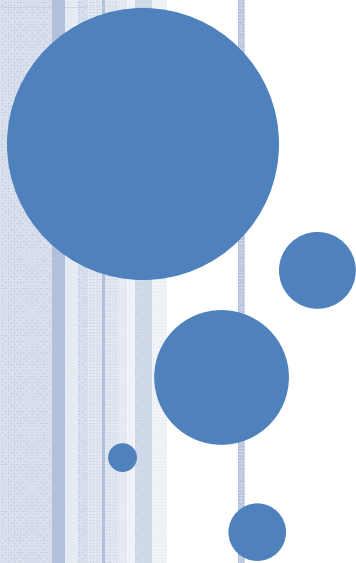


# Torno Mecânico

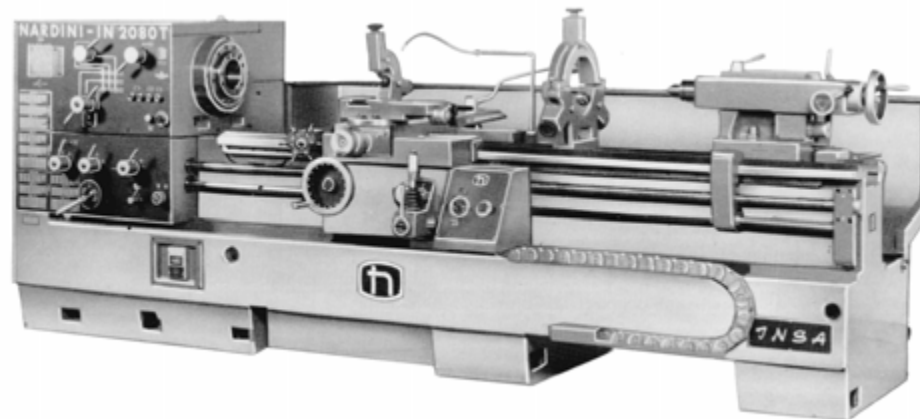


# Torno;

- Definição

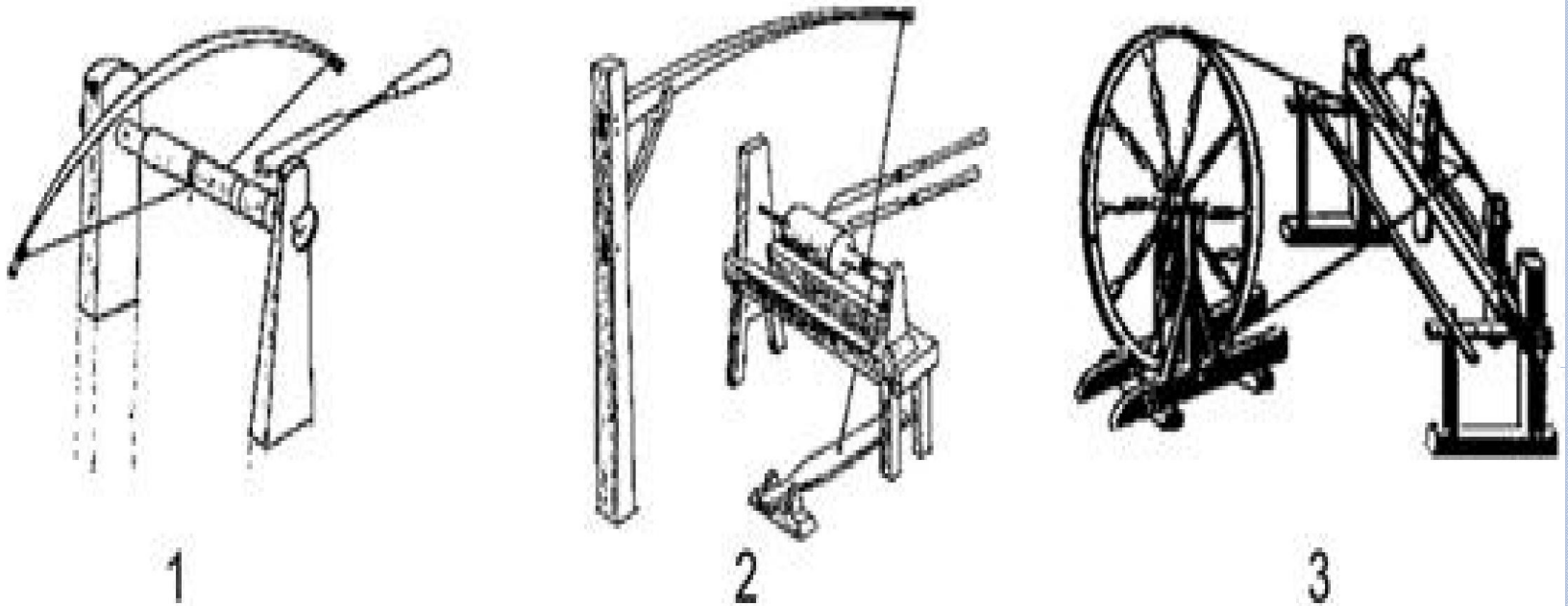
**Torneamento:** Processo de usinagem onde a peça executa o movimento de corte rotativo e a ferramenta o movimento de translativo de avanço. Geralmente utilizado na fabricação de peças simétricas.

**Torno:** Máquina que faz o torneamento. Máquina-ferramenta muito versátil porque ,além das operações de torneamento, pode executar operações que normalmente são feitas por outras máquinas como a furadeira, a fresadora e a retificadora, com adaptações relativamente simples.



# Torno;

- Evolução histórica

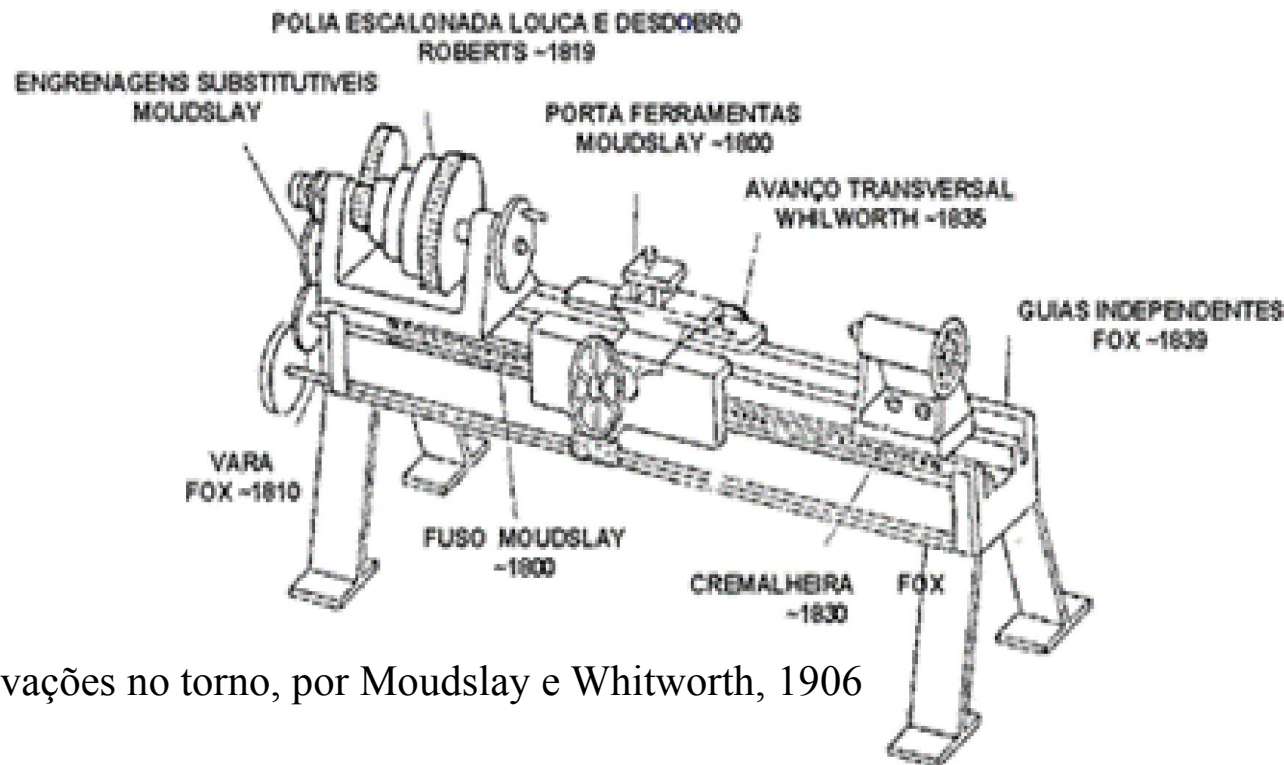


- 1- Torno de Arco, usado no antigo Império Romano
- 2- Torno de Vara, usado na Idade Média
- 3- Torno de Fuso, usado a partir de 1600.



# Torno;

- Evolução histórica



4- Inovações no torno, por Moudslay e Whitworth, 1906

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

# Torno;

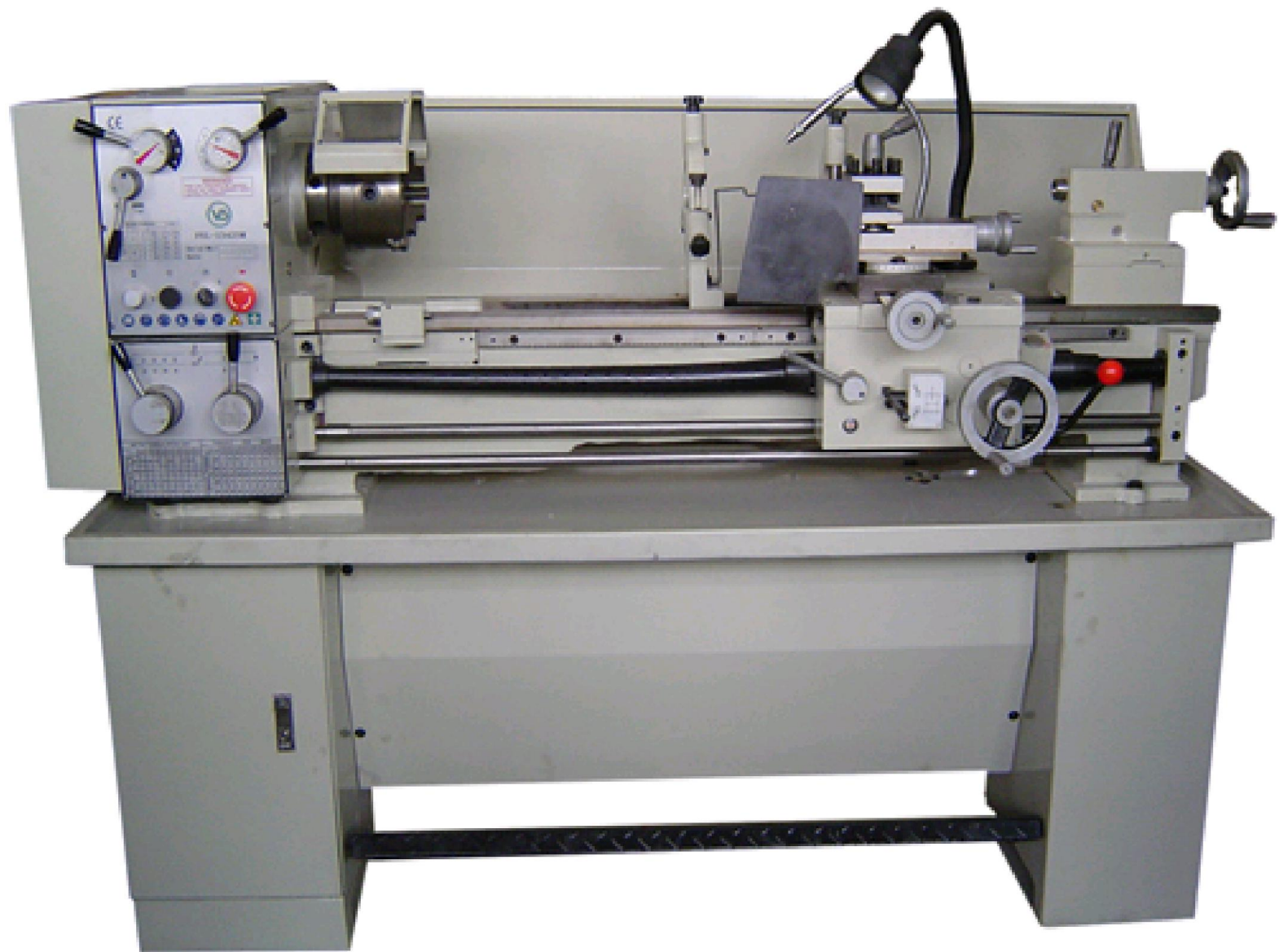
- Evolução histórica

- **1906:** Torno
- **1925:** Torno Paralelo.
- **1960:** Torno Automático.
- **1978:** Torno CNC.



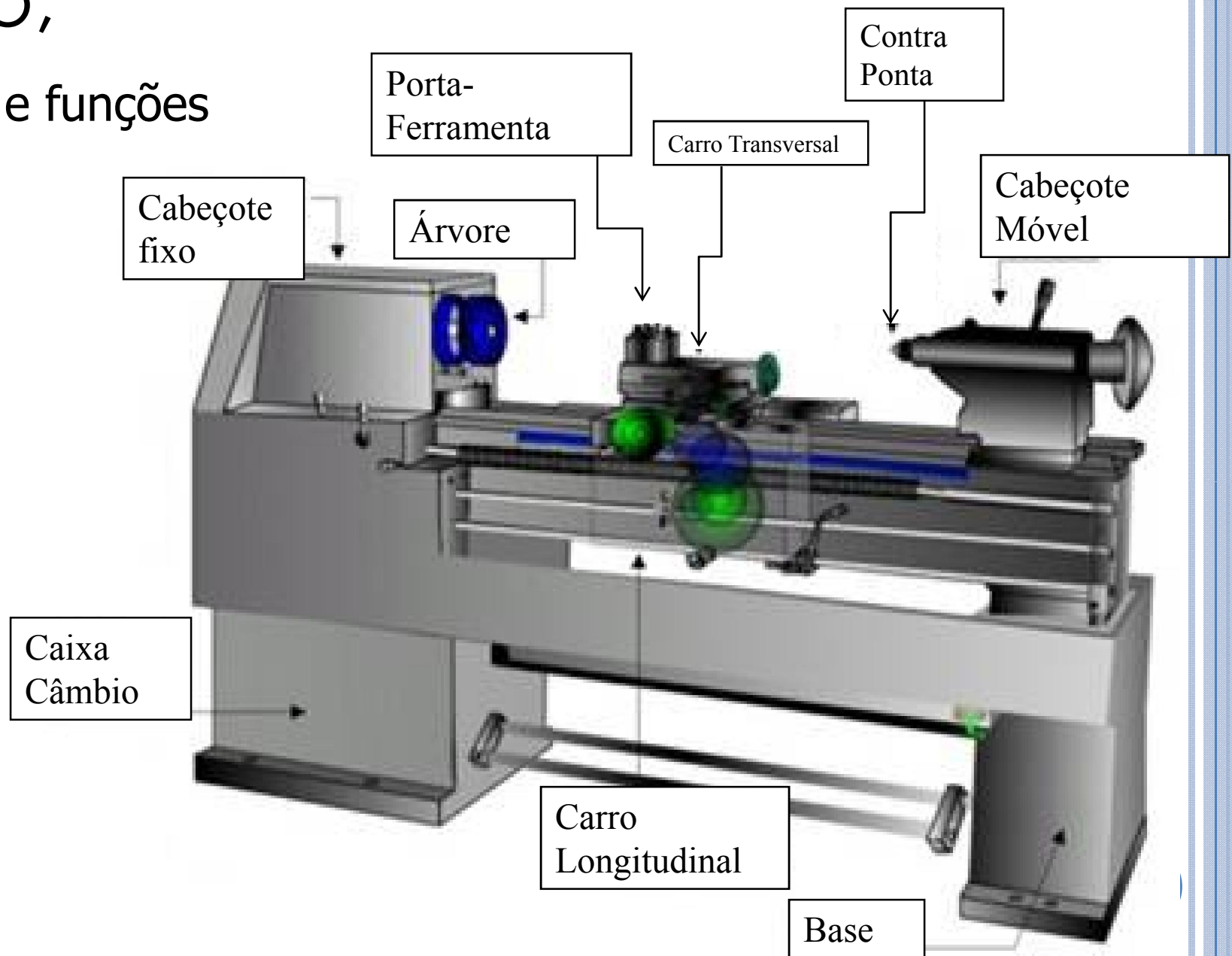






# Torno;

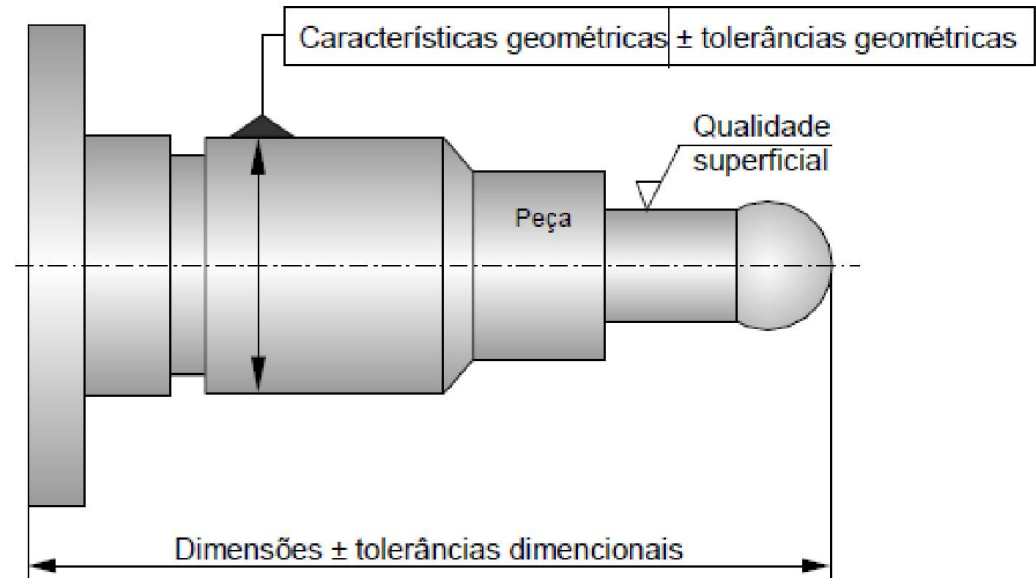
- Partes e funções





# Torno;

- Fatores que definem a escolha de um torno



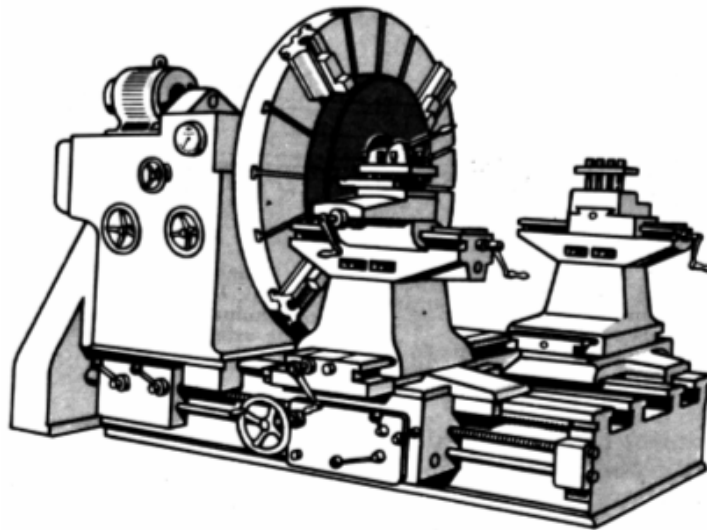
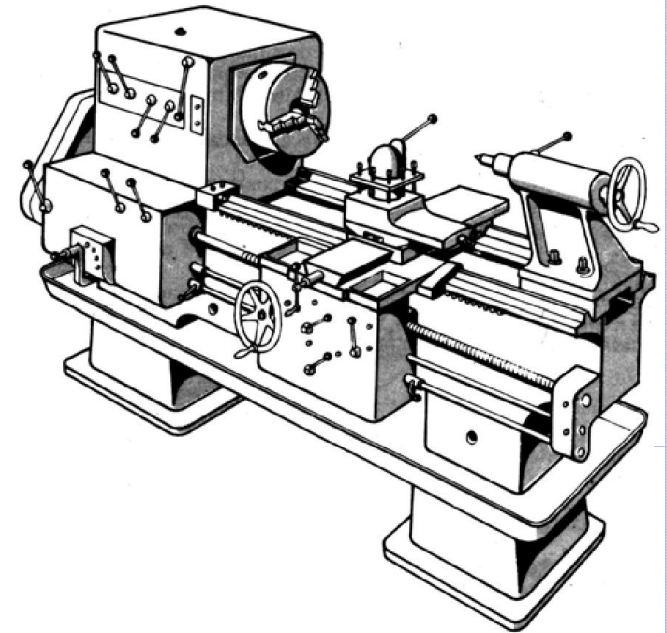
- Gão L/Deometria
- Material da peça
- Tamanho do lote
- Prazo do lote
- Grau de complexidade
- Grau de desbalanceamento
- Quantidade de operações
- Quantidade de ferramentas necessárias
- Dispositivos e acessórios disponíveis



# Torno;

- Tipos de Torno

**Tornos Horizontais:** Os tornos horizontais além dos mais comuns, são os mais usados. Não oferecem grandes possibilidades de fabricação em série.



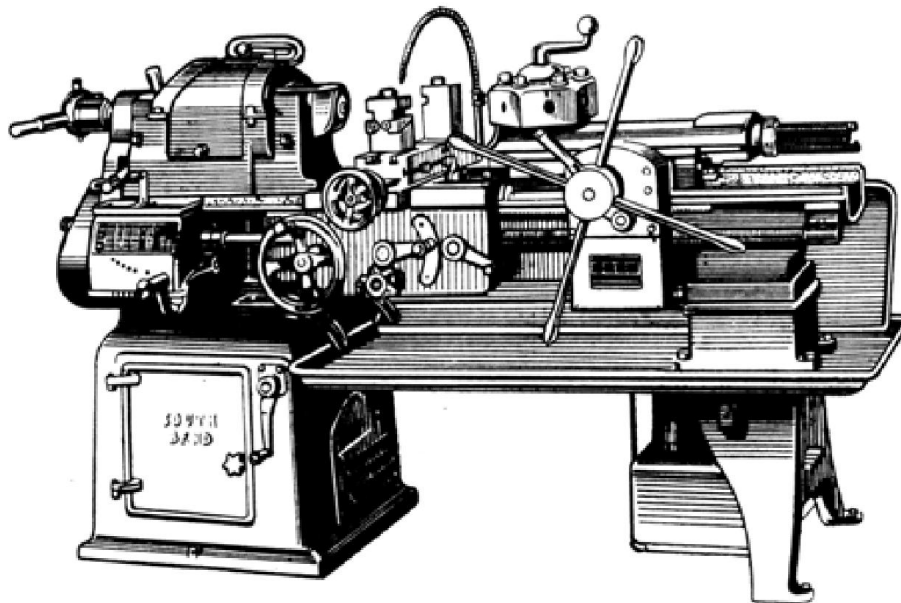
**Torno de Placa:** O torno de placa é um torno de grande altura de pontas, empregado para tornear peças curtas e de grande diâmetro, tais como polias, volantes, rodas, etc.



# Torno;

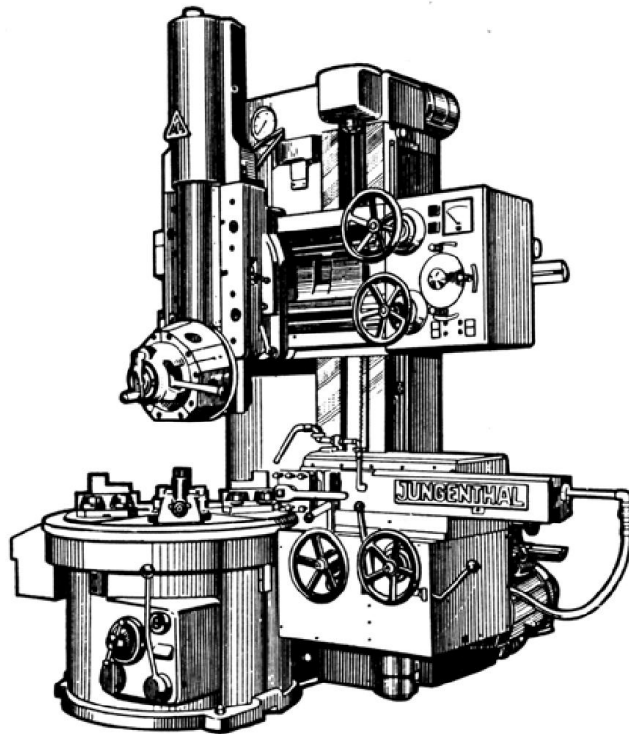
- Tipos de Torno

**Torno Revolver:** Apresentam a característica fundamental que é o emprego de várias ferramentas convenientemente dispostas e preparadas para realizar as operações em forma ordenada e sucessiva o que obriga o emprego de dispositivos especiais, um dos quais é o porta-ferramenta múltiplos, a “torre revólver”.



# Torno;

- Tipos de Torno



**Tornos Verticais:** são empregados para tornear peças de grande tamanho, como volantes, polias, rodas dentadas, etc., as quais por seu grande peso, se pode montar mais facilmente sobre a plataforma redonda horizontal que sobre uma plataforma vertical

**Tornos Automáticos:** São máquinas nas quais todas as operações são realizadas sucessivamente, automaticamente.

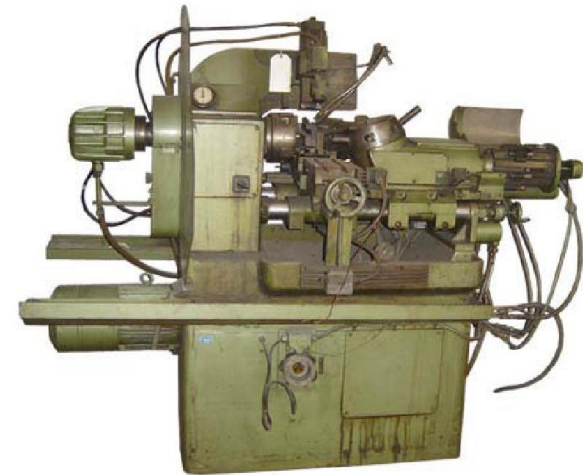
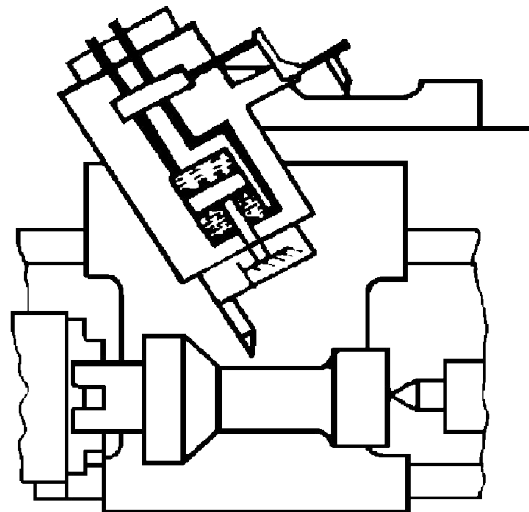




# Torno;

- Tipos de Torno

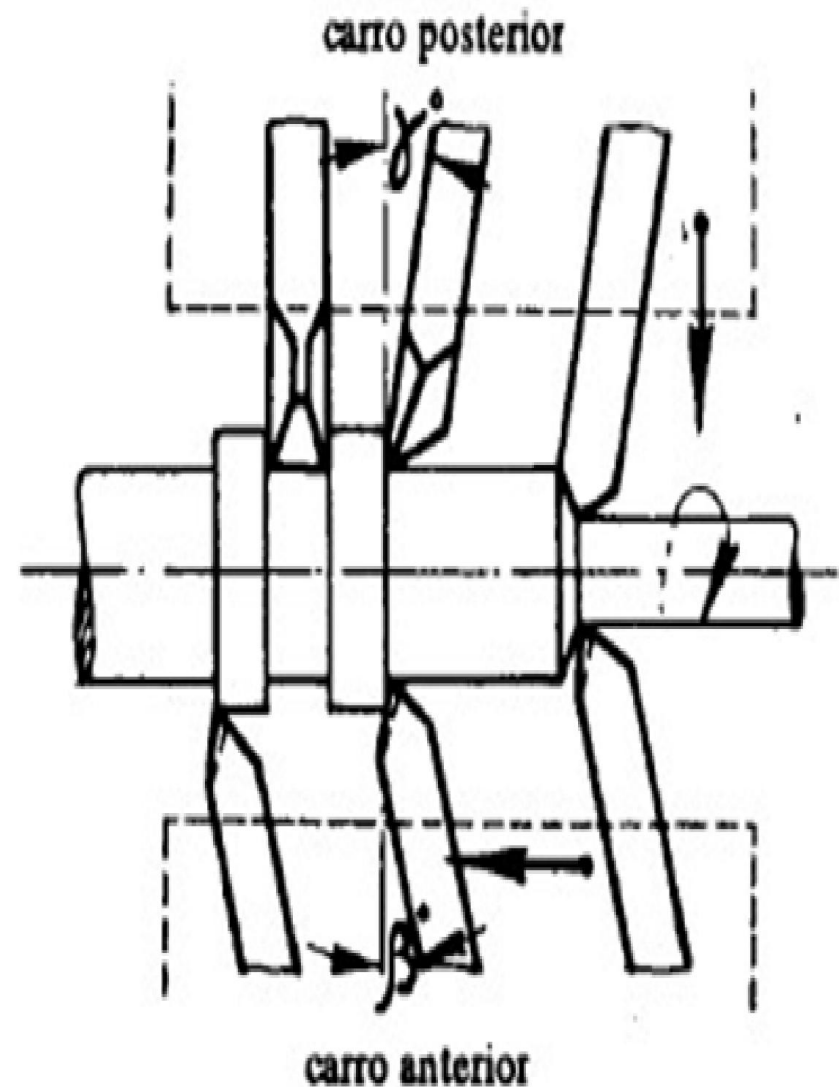
**Tornos Copiadores:** permitem obter peças com forma de sólidos de revolução de perfil qualquer. Para poder realizar estes trabalhos, é necessário que a ferramenta esteja animada de dois movimentos simultâneos: um de translação, longitudinal e outro de translação, transversal, em relação à peça que se trabalha .



# Torno;

- Tipos de Torno

**Tornos de Produção:** são aqueles que, para atender às necessidades da produção, aumentam a quantidade de peças e diminuem o custo da produção, são providos de dois carros, um anterior com movimento longitudinal e outro posterior, com movimento transversal, que trabalham simultaneamente, com avanço automático.



# TORNO;

## TIPOS DE TORNO

**Tornos semi-automáticos:** A diferença fundamental entre os semi-automáticos e os automáticos é o seguinte: os tornos automáticos produzem peças partindo da matéria prima, com avanço automático depois de cada ciclo de operações; os tornos semi-automáticos são apropriados especialmente para usinar peças de manual nos dispositivos de montagem que as fixam.



# Torno;

- Tipos de Torno – Tornos especiais.

## **1) Tornos detalonadores**

São empregados para arrancar material dos dentes das fresas e machos dos quais se exige perfil constante de corte.

## **2) Tornos repetidores**

São máquinas especialmente adequadas para a produção em série de peças obtidas por rotação em torno de seu eixo.





# Torno;

- Tipos de Torno – Tornos especiais.

## 3) Tornos CNC

São tornos que empregam um moderno processo alternativo de produção comandado por um computador (CNC) que controla os movimentos da máquina.

Oferece maior flexibilidade, rendimento e operações diversas, além de excelentíssima precisão em menor tempo.

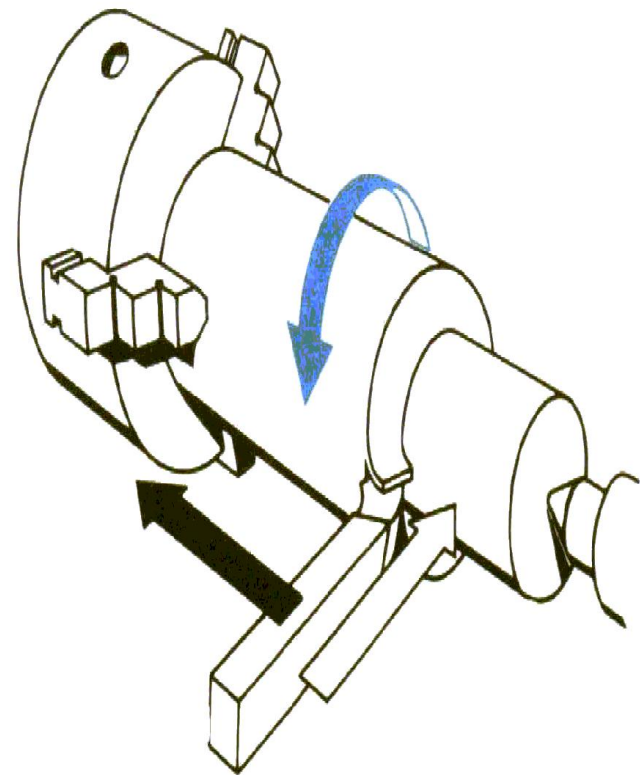


# I ORNO;

## O PROCESSO DE TORNEAMENTO

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

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



# Torno;

- Movimento Relativo Peça-Ferramenta

Para executar o torneamento, são necessários três movimentos relativos entre a peça e a ferramenta. Eles são:

A) Movimento de corte

É o movimento principal que permite cortar o material. O movimento é rotativo e realizado pela peça.

B) Movimento de avanço

É o movimento que desloca a ferramenta ao longo da superfície da peça.

C) Movimento de penetração

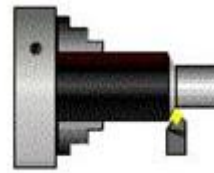
É o movimento que determina a profundidade de corte ao empurrar a ferramenta em direção ao interior da peça e assim regular a profundidade do passe e a espessura do cavaco. Variando-se os movimentos, a posição e o formato da ferramenta, é possível realizar uma grande variedade de operações.



# Torno;

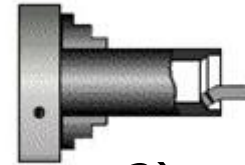
- Torneamento – Principais Funções

1) Torneamento externo;



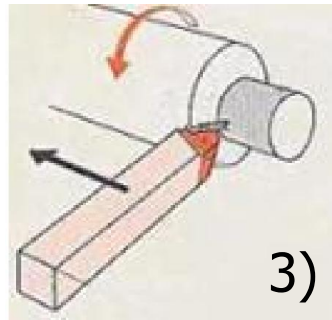
1)

2) Torneamento interno;



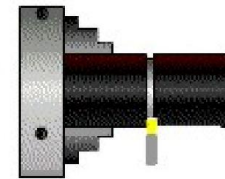
2)

3) Faceamento;



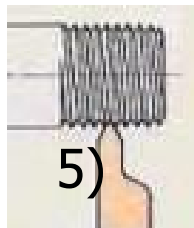
3)

4) Sangramento;



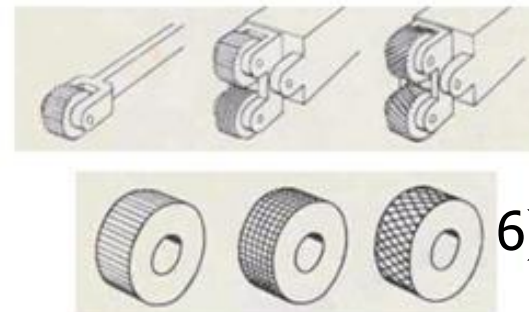
4)

5) Rosqueamento;



5)

6) Recartilhamento.



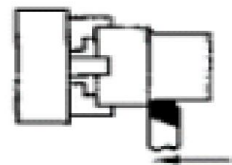
6)



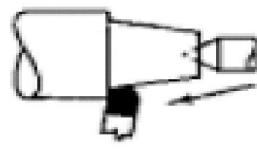


# Torno;

- Torneamento – Outras Operações



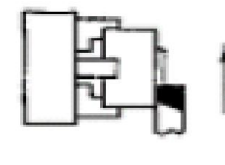
Torneamento Externo



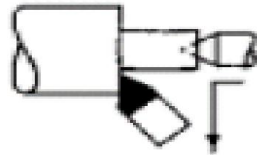
Torneamento Conico



Faceamento Final



Faceamento



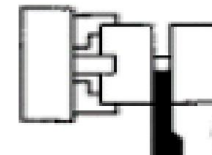
Torneamento e Faceamento



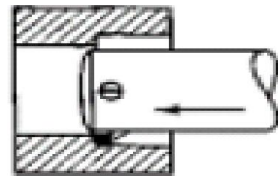
Torneamento Curvilinear



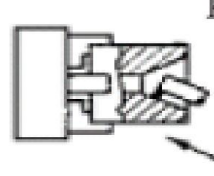
Torneamento com ferramenta de Perfilar externo



Sangrar



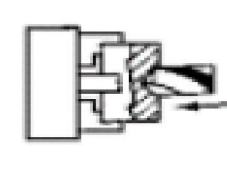
Torneamento Interno



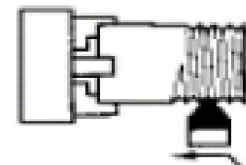
Torneamento Interno Conico



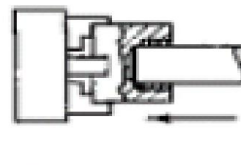
Torneamento externo



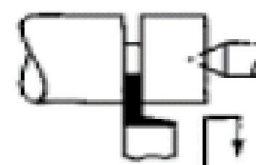
Furação



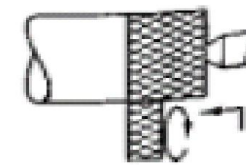
Roscar Externo



Roscar Interno



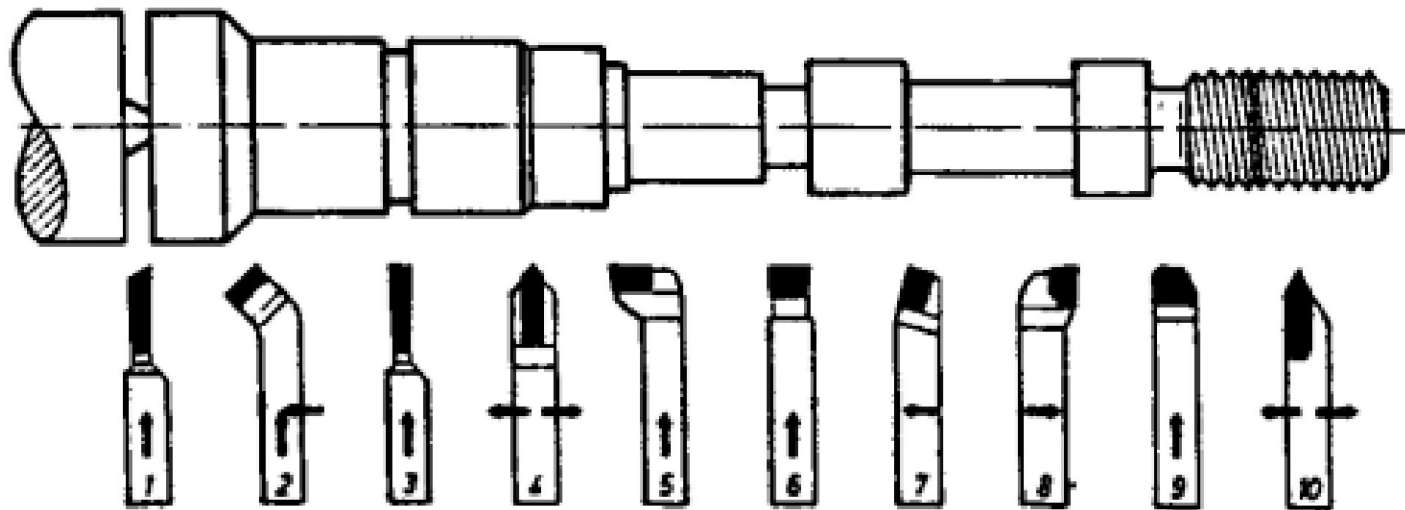
Corte com Bedame



Recartilhar

# Torno;

- Torneamento – Outras Operações



1. Cortar

2. Cilindrar à direita

3. Sangrar

4. Alisar

5. Facear à direita

6. Sangrar com grande dimensão

7. Desbastar à direita

8. Cilindrar e facear à esquerda

9. Formar

10. Roscar

# Torno;

- Usinabilidade

- “Uma grandeza tecnológica que expressa, por meio de um valor numérico comparativo, um conjunto de propriedades de usinagem de um material em relação a outro tomado como padrão” Ferraresi, 1970.
- “Usinabilidade é a propriedade de um material que governa a facilidade ou a dificuldade com a qual este material pode ser usinado usando uma ferramenta de corte”
- Não é realmente uma propriedade, e sim o modo como o material se comporta durante a usinagem.



# Torno;

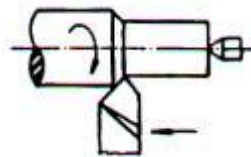
- Parâmetros de Usinagem

São os fatores que influenciam a operação. Esses fatores são:

**1-) Velocidade de Corte ( $V_c$ ):** É a velocidade periférica da ponta da ferramenta na peça.

**2-) Avanço:** É o deslocamento que a ferramenta de corte ou a peça faz em uma volta da peça ou da ferramenta.

$a = f = \text{Avanço}$



$$a = f = (mm / rot)$$

**3-) Rotação:**

$$n = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot d} (rpm)$$

$V_c = \text{Velocidade de Corte } (m / min)$

$d = \text{diâmetro em mm}$





# Torno;

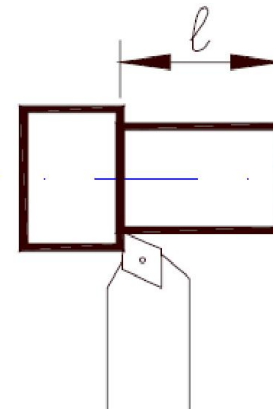
- Parâmetros de Usinagem

$$Va = a \cdot n = \frac{\Delta s}{\Delta t} \text{ (mm / min )}$$

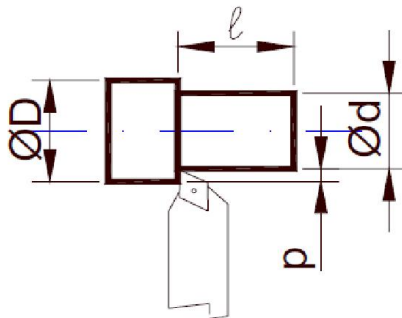
$$Va = a \cdot \frac{1000 \cdot Vc}{\pi \cdot d} \text{ (mm / min )}$$

**5-) Tempo de Usinagem:** É o tempo durante o qual a ferramenta remove cavaco. Sua expressão vem da *velocidade de avanço*.

**4-) Velocidade de Avanço:** É a medida do deslocamento que a ferramenta faz por unidade de tempo.



$$\Delta t = \frac{\Delta s}{Va} = \frac{\Delta s}{a \cdot n}$$
$$tu = \frac{l}{Va} = \frac{l}{a \cdot n}$$



$$p = \frac{D - d}{2}$$

**6-) Profundidade de Corte:** É a medida linear de penetração que a ferramenta faz na peça em cada parte.

# Torno;

- Usinabilidade – Fatores de Alteração

## **Efeito dos elementos de liga na Usinabilidade de aços:**

- Elementos benéficos: S, Bo, Pb, Bi, Se, te, Ca, P, Mn (c/ S);
- Elementos danosos: C, Mn (s/ S), Ni, Co, Mo, W, V, etc...

## **Efeito das propriedades do material na Usinabilidade:**

- Dureza;
- Ductilidade;
- Condutividade térmica;



# Torno;

- Força de Usinagem

*“O conhecimento das forças de corte é necessário para a estimativa da potência requerida e para o projeto de máquinas operatrizes, suportes e fixação de ferramentas, com rigidez adequada e livres de vibração” - Trent e Wright, 2000*

Além dos motivos citados por Trent, o conhecimento das forças envolvidas em processos de usinagem também é importante para:

- Estimar a Usinabilidade de determinado material;
- Definir processos, econômicos do ponto de vista energético, visto que a potência consumida pela máquina é proporcional à força de usinagem;
- Controle de processo;
- Parâmetro auxiliar para tomada de decisões;

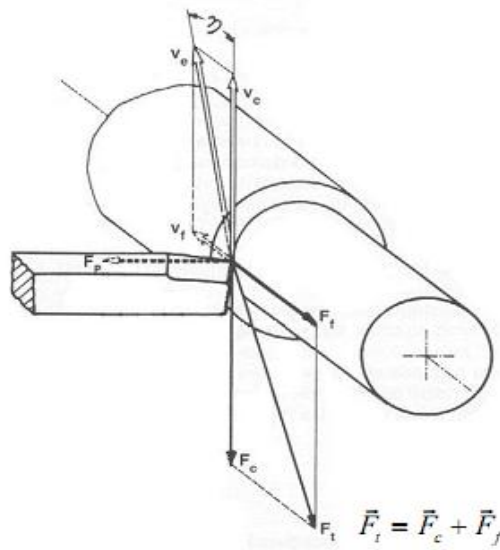
Outros...



# Torno;

- Força de Usinagem

- Componentes da força de usinagem, nas quais esta pode ser decomposta. Com direções definidas nos eixos x, y e z, são a solução do problema de medição da força de usinagem.
- A **força passiva** ( $F_p$ ) se deve à reação da peça sobre a ferramenta, e não está diretamente associada com nenhum movimento no torneamento cilíndrico.
- **Força ativa** ( $F_t$ ) ocorre no plano definido pelo avanço e velocidade de corte, e é composta pelas forças de avanço ( $F_f$ ) e de corte ( $F_c$ ).



# Torno;

- Força de Usinagem

**Nota:** Para o cálculo do módulo da força de usinagem, procedemos como se buscássemos o módulo de um vetor, dadas suas componentes.

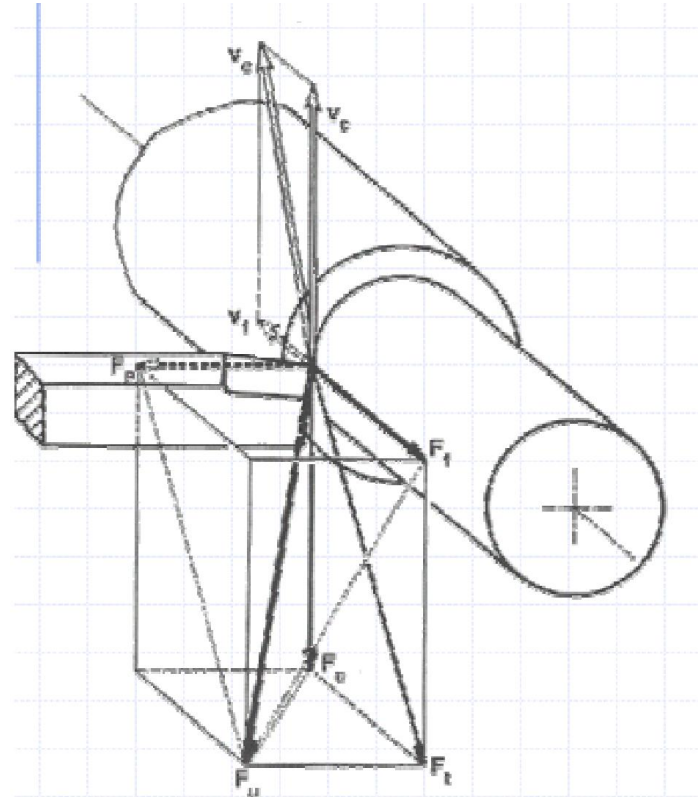
Desse modo, o módulo de  $F_u$  é igual à raiz quadrada da soma dos quadrados das componentes ortogonais.

$$\vec{F}_u = \vec{F}_t + \vec{F}_p$$

$$\vec{F}_t = \vec{F}_c + \vec{F}_f$$

$$\vec{F}_u = \vec{F}_c + \vec{F}_f + \vec{F}_p$$

$$F_u = \sqrt{F_c^2 + F_f^2 + F_p^2}$$



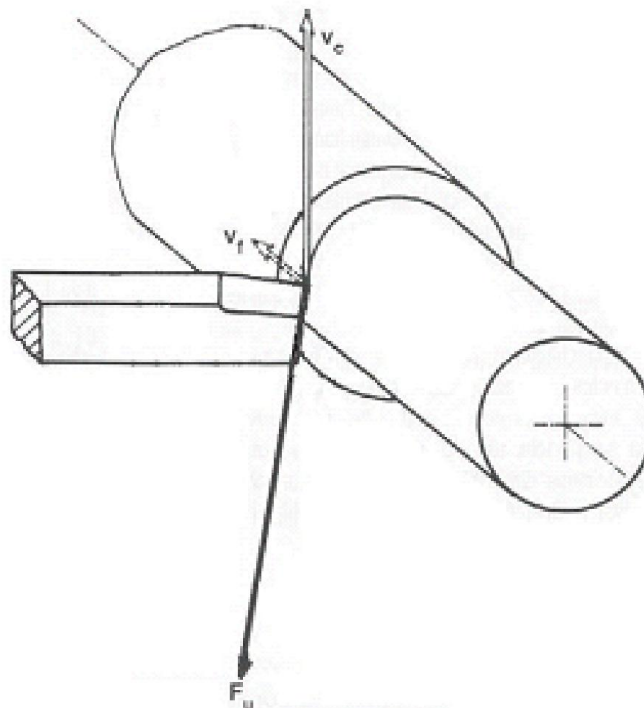


# Torno;

- Força de Usinagem

Por convenção, a força de usinagem ( $F_u$ ) é representada como sendo aplicada pela peça sobre a ferramenta.

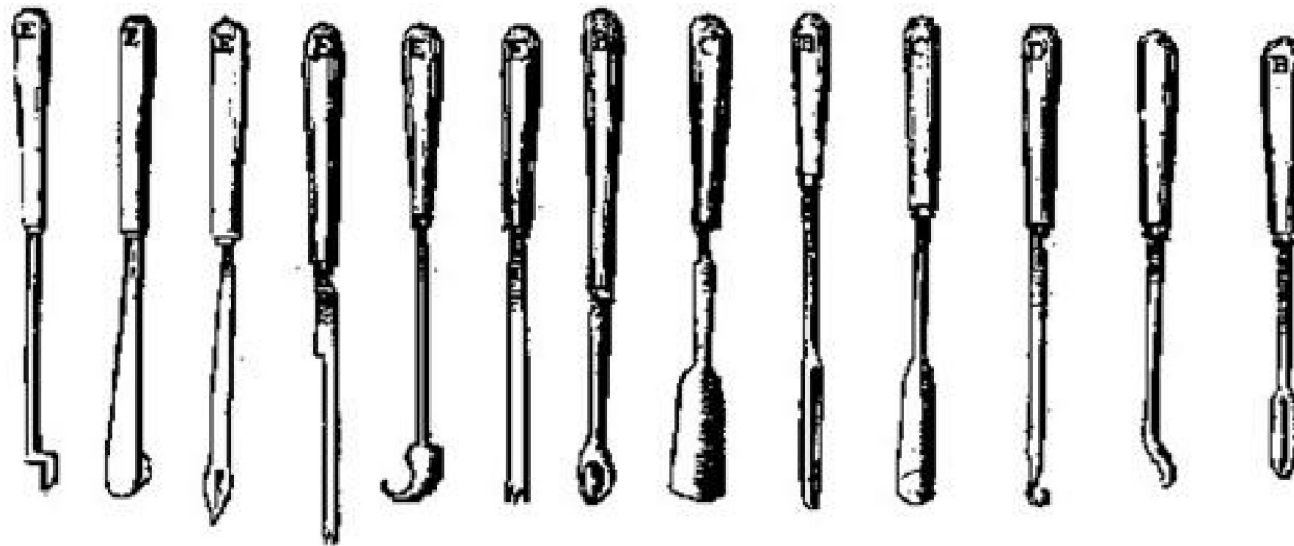
Devido à sua forma tridimensional, é de difícil medição, pois cada conjunto de parâmetros apresenta esta força em uma direção diferente.



# Torno;

- Ferramentas de Corte

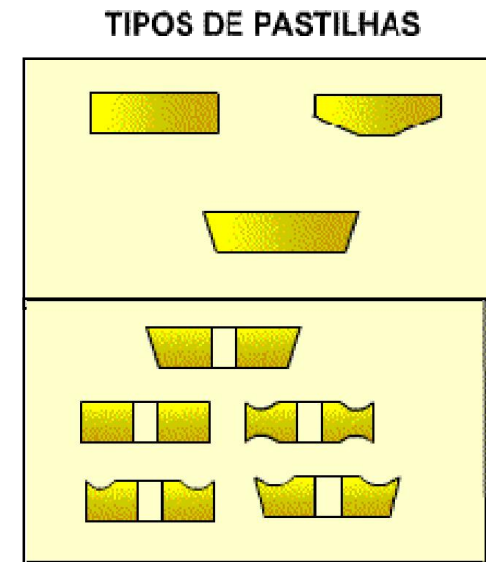
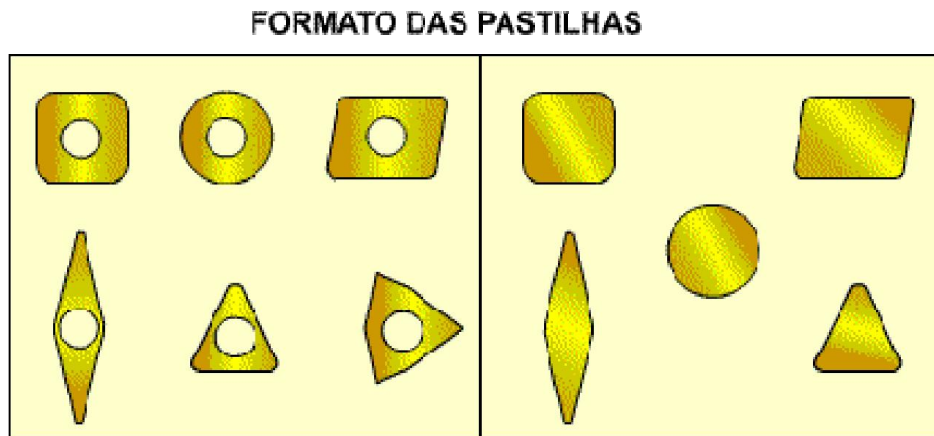
*“As ferramentas para torneamento sofreram um processo evolutivo ao longo do tempo. Dos **cinzéis** utilizados nas operações manuais até as **pastilhas cerâmicas de alta resistência**.”*



# Torno;

- Ferramentas de Corte – Processo Histórico

- **Melhores geometrias** para a operação de corte.
- Busca de **materiais de melhores características de resistência e durabilidade.**
- Passou-se a **combinar materiais em novos modelos construtivos sincronizando as necessidades de desempenho, custos e redução dos tempos de parada no processo produtivo.**
- Uso de **ferramentas compostas**, onde o elemento de corte é uma pastilha montada sobre uma base.



# Torno;

- Ferramentas de Corte – Principais Características

*“A principal característica que uma ferramenta de corte deve apresentar é a dureza a quente.”*

Fatores a ser considerados na seleção de ferramentas de corte;

- Material a ser usinado
- Processo de usinagem
- Condição da máquina operatriz
- Custo do material da ferramenta
- Condições de usinagem
- Condições de operação
- Produtividade
- Número de peças a ser fabricada
- Vida da ferramenta



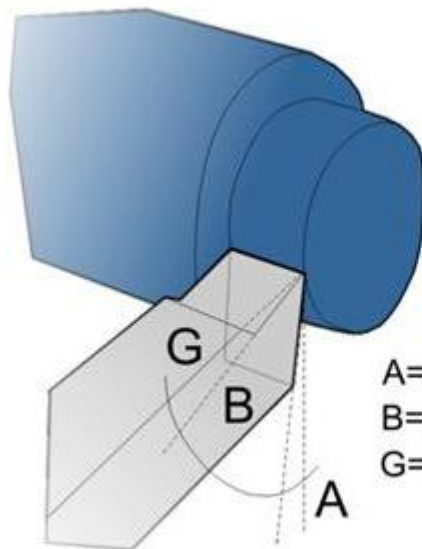
# Torno;

- Ferramentas de Corte – Parâmetros Geométricos

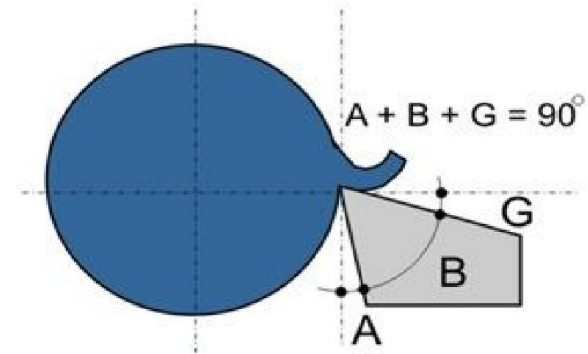
**G - Ângulo de Saída:** tem influência direta sobre a direção do plano de cisalhamento.

**B - Ângulo de Cunha:** depende do tipo de material, da peça, da ferramenta e do tipo de serviço.

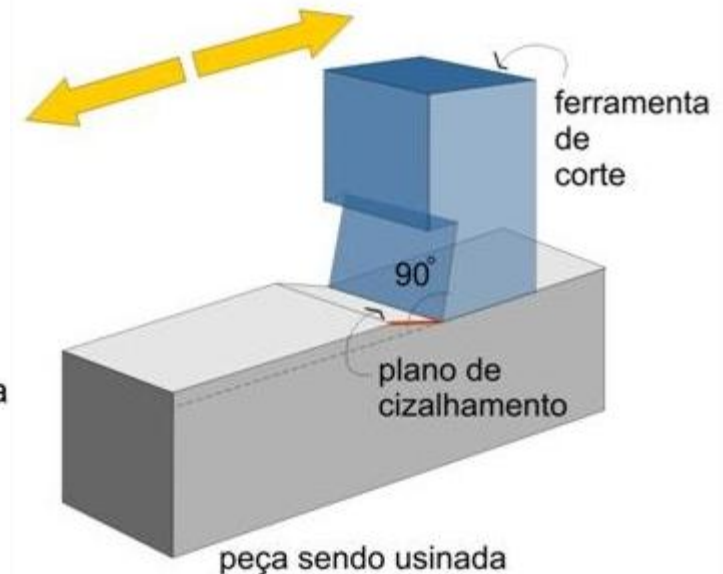
**A - Ângulo de Folga:** depende do material a ser usinado. É menor para os materiais duros e frágeis e, maior para os materiais dúcteis.



A= ângulo de folga ou incidência  
B= ângulo da cunha  
G= ângulo de saída



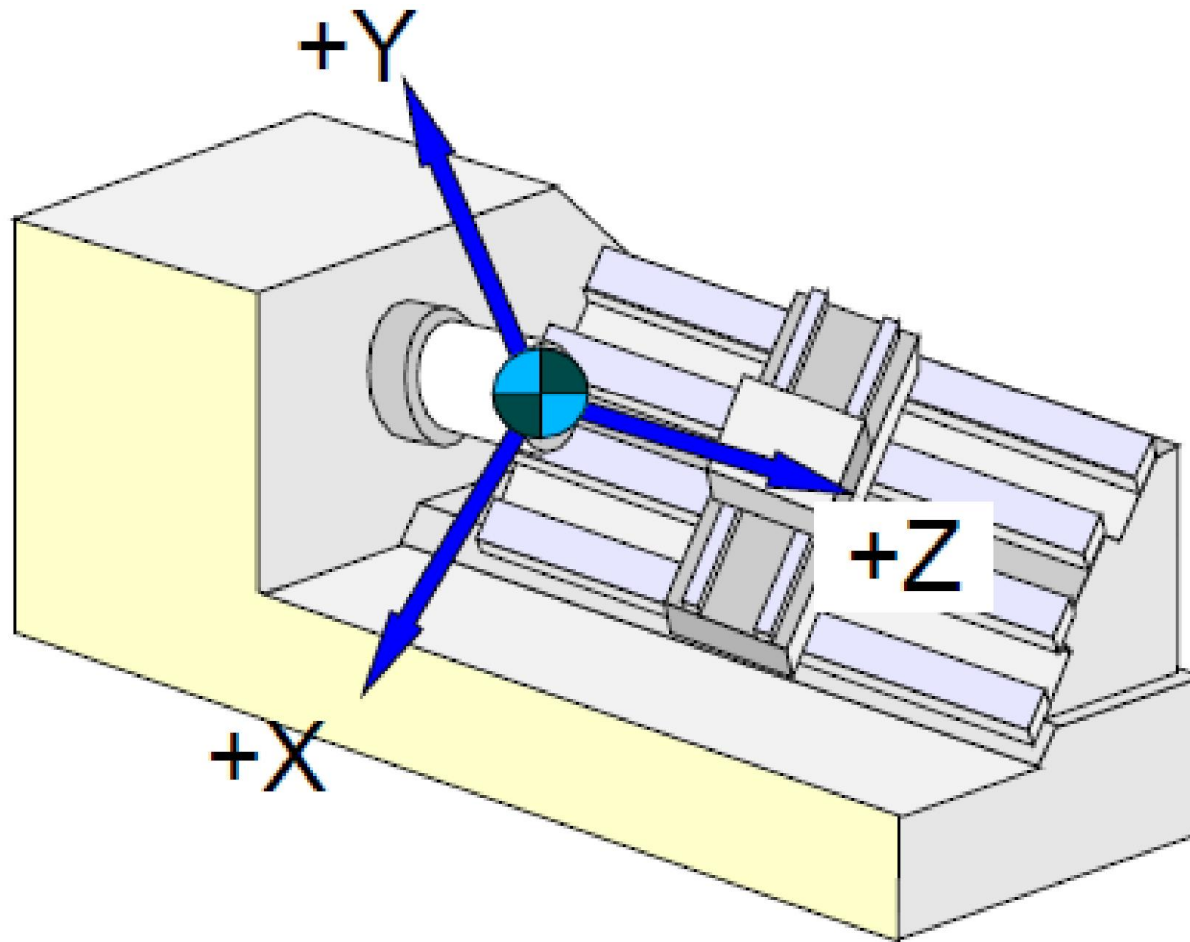
A= ângulo de folga ou incidência  
B= ângulo da cunha  
G= ângulo de saída





# Torno;

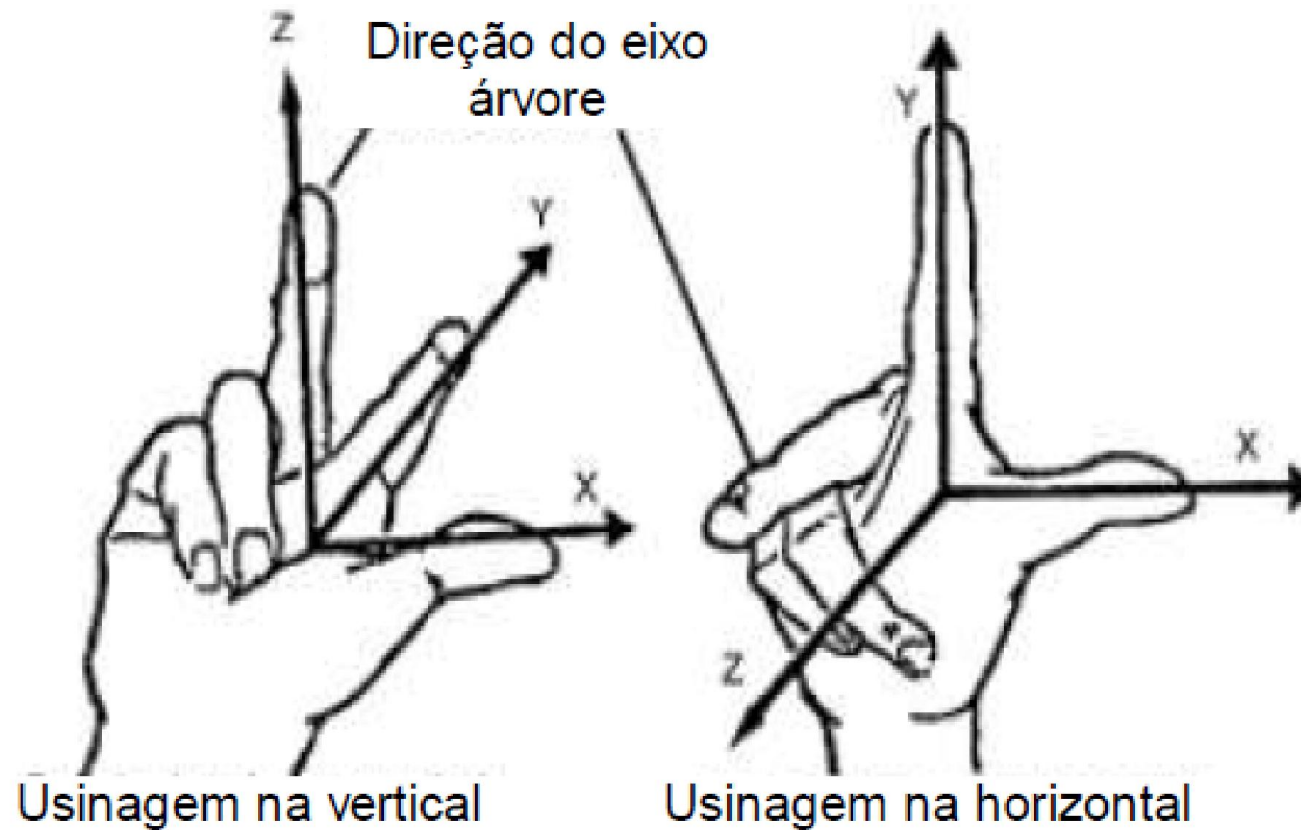
- Referencia dos Eixos de Coordenadas



# Torno;

- Referencia dos Eixos de Coordenadas

Truque da Mão Direita:



# Torno;

- Ferramentas de Corte – Propriedades Principais

- **Dureza** - Os processos de usinagem convencional só são possíveis porque as ferramentas possuem uma dureza relativa positiva e maior que a unidade.

$$Hr = \frac{H_T}{H_P}$$

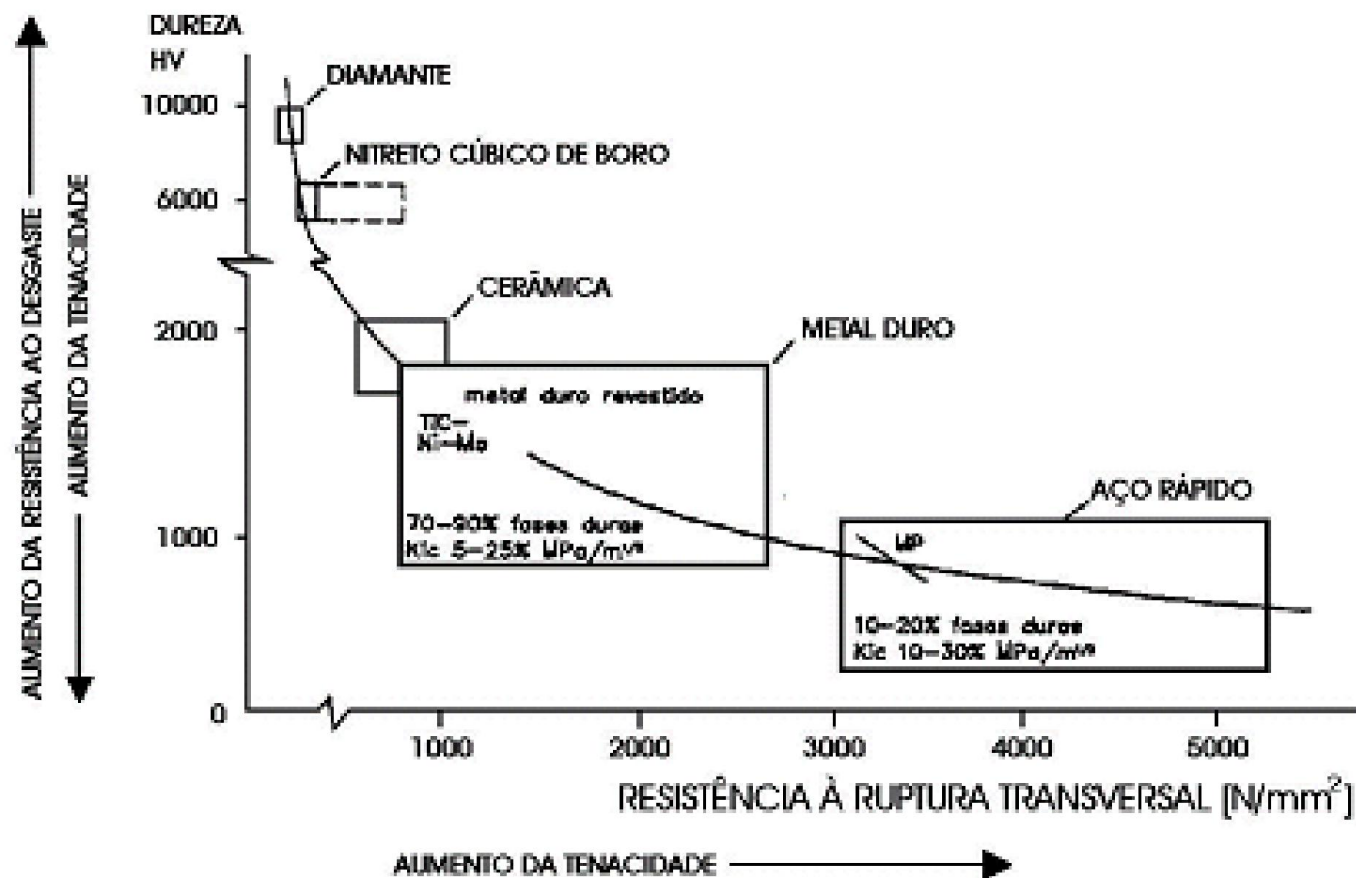
- **Tenacidade** - certas operações sujeitam a ferramenta a choques.



# Torno;

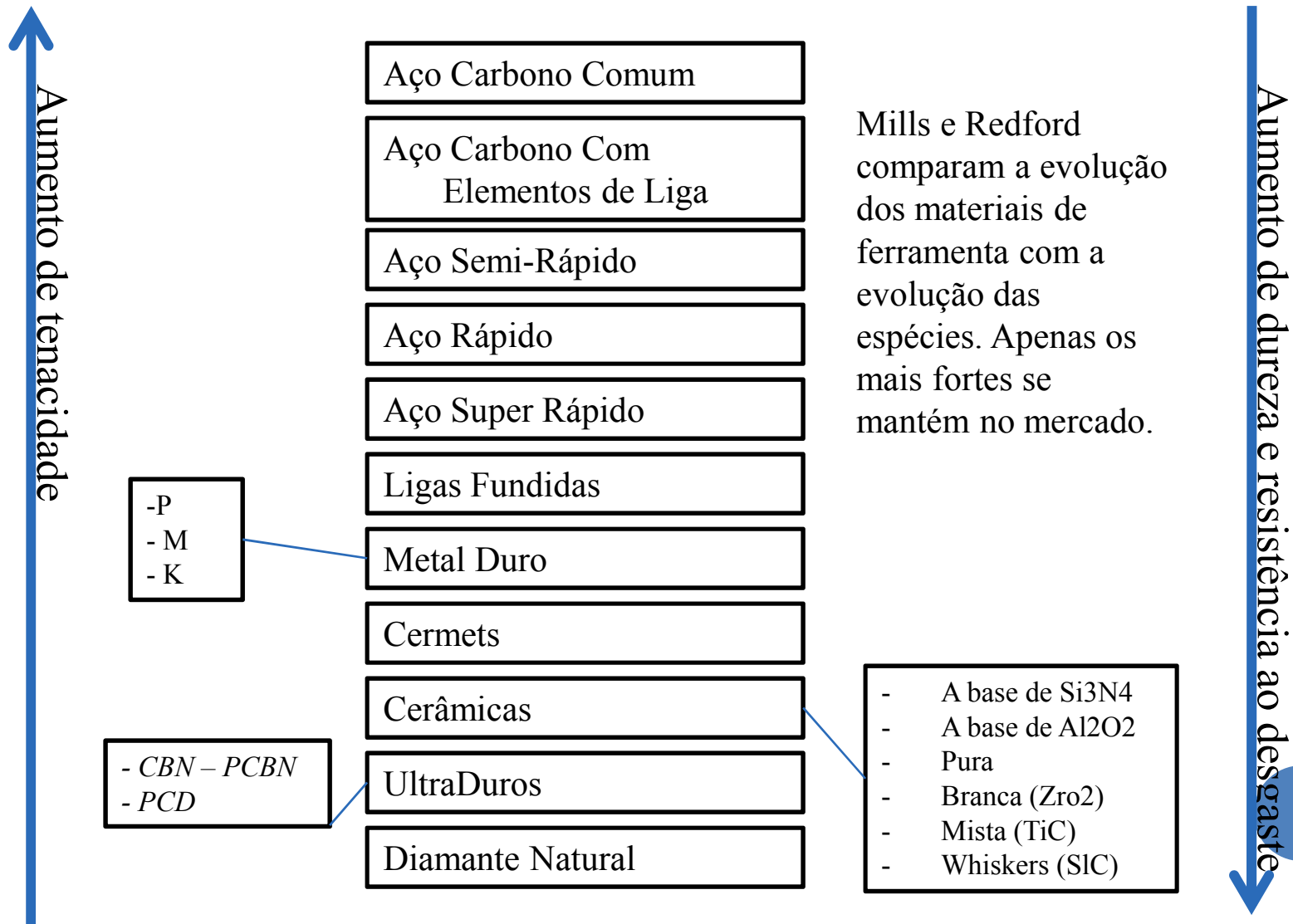
- Ferramentas de Corte – Propriedades: Dureza x Tenacidade

- São as principais propriedades necessárias às ferramentas de corte.
- Infelizmente, não são facilmente encontradas em um mesmo material.



# Torno;

- Ferramentas de Corte – Propriedades dos materiais





# Torno;

- Ferramentas de Corte – Outras Propriedades

*“O MATERIAL DE FERRAMENTA IDEAL DEVERÁ TER A DUREZA DO DIAMANTE NATURAL, A TENACIDADE DO AÇO RÁPIDO E A INÉRCIA QUÍMICA DA ALUMINA” ROCHA E SILVA, 1999.*

- Resistência ao desgaste;
- Resistência a compressão;
- Resistência ao cisalhamento;
- Boas propriedades mecânicas e térmicas a altas temperaturas;
- Resistência ao choque térmico;
- Inércia química.

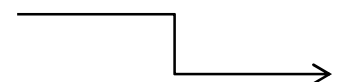


# Torno;

- Velocidade do Corte

A velocidade do corte depende, entre outros, dos seguintes fatores:

- Material a torneiar.
- Diâmetro desse material.
- Operação a ser executada.
- Material da ferramenta.

- 
- Elementos de liga: C – aumenta a velocidade, enquanto P, S, Pb, Bi, B – diminuem (aditivos de corte fácil);
  - Resistência ao cisalhamento do material (quanto menor, menores as forças);
  - Dureza do material: ideal por volta de 200HB - quanto maior, maior a força de corte.
  - Taxa de encruamento do material (quando elevada, são necessárias altas forças para romper o material).



# Torno;

- Velocidade de Corte– Anexo: Tabela de Velocidades de Corte (V) para torno [em metros por minuto]

Material a ser torneado	Ferramentas de Aço Rápido			Ferramentas de Carboneto Metálico	
	Desbaste	Acabamento	Roscar / Recartilhar	Desbaste	Acabamento
Aço 0,35%C	25	30	10	200	300
Aço 0,45%C	15	20	8	120	160
Aço Extra Duro	12	16	6	40	60
Ferro Fundido Maleável	20	25	8	70	85
Ferro Fundido Gris	15	20	8	65	95
Ferro Fundido Duro	10	15	6	30	50
Bronze	30	40	10-25	300	380
Latão e Cobre	40	50	10-25	350	400
Alumínio	60	90	15-35	500	700
Fibra e Ebonite	25	40	10-20	120	150

# Torno;

- Segurança no Torno

Antes de iniciar qualquer operação no torno, lembre-se sempre de usar o equipamento de proteção individual (EPI): óculos de segurança, sapatos e roupas apropriados, e rede para prender os cabelos, se necessário. Além disso, o operador de máquinas não pode usar anéis, alianças, pulseiras, correntes e relógios que podem ficar presos às partes móveis da máquina, causando acidente.

