

Sumário

Tornearia Mecânica

Leitura e interpretação de desenho técnico mecânico	02
Identificação de vistas.....	02
Supressão de vistas.....	11
Exercício.....	12
Identificação e Leitura de Cotas, Símbolos e Materiais.....	13
Regras de Cotagem.....	15
□ Cotagem de Detalhes.....	18
Exercício.....	20
Símbolos e Convenções.....	21
□ Símbolos em Materiais Perfilados.....	22
Indicação de estado de superfície.....	23
□ Convenções para Acabamento de Superfície.....	24
□ Corte.....	26
Exercício.....	27
Tolerância.....	28
□ Indicações de tolerância.....	30
□ Tolerância ISO (International Organization for Standardization).....	30
□ Cotagem com indicação de tolerância.....	35
Exercício.....	28
Tabela símbolos de tolerância.....	28
Exercício.....	29
Conceito - Finalidade do controle medição - Método – Instrumento e Operador - Laboratório de Metrologia.....	42
□ Metrologia	42
□ Finalidade do Controle.....	42
□ Método, Instrumento e Operador.....	44
□ Laboratório de Metrologia.....	45
Unidades Dimensionais Lineares.....	47
□ Unidades Dimensionais Lineares.....	47
□ Múltiplos e Submúltiplos do metro.....	48
Paquímetro - Princípio do Vernier - Tipos e Usos - Erros de Medição e Leitura	
□ Paquímetro.....	49
□ Princípio do Nônio.....	50
□ Erros de Medição e Leitura.....	52
□ Medir Diâmetros Externos.....	56
Paquímetro - Sistema Inglês Ordinário.....	59
□ Uso do Vernier (Nônio).....	61
□ Exercício de Leitura (Paquímetro, Sist. Inglês Ordinário).....	62
□ Exercício de Diâmetros Externos.....	65
Paquímetro - Sistema Métrico Decimal.....	67
□ Leitura da Escala Fixa.....	67
□ Exercício - Leitura do Paquímetro (milímetro).....	70
□ Medição de Diâmetros Externos.....	71
□ Exercício de Leitura Paquímetro (Sistema Métrico Decimal).....	72
□ Medição de Diâmetros Externos.....	73
□ Paquímetro - Sistema Inglês Decimal.....	74
□ Exercício de Leitura Paquímetro (Sistema Inglês Decimal).....	76
□ Medição de Diâmetros Externos.....	78

Micrômetros (Nomenclatura, Tipos e Usos)	79
<input type="checkbox"/> Micrômetro	79
<input type="checkbox"/> Características do Micrômetro	79
<input type="checkbox"/> Tipos de Micrômetro	80
Medir Diâmetros Externos (Micrômetro).....	87
<input type="checkbox"/> Processo de Execução	87
Micrômetro (Sistema Métrico Decimal).....	90
<input type="checkbox"/> Exercício de Leitura (Micrômetro para Medição em Milímetros)	95
<input type="checkbox"/> Medição de Diâmetros Externos	96
Propriedades Dos Materiais	99
<input type="checkbox"/> Propriedades Mecânicas.....	99
<input type="checkbox"/> Propriedades Termicas.....	103
<input type="checkbox"/> Propriedades Químicas.....	104
Materiais Metálicos.....	105
<input type="checkbox"/> Aço.....	106
<input type="checkbox"/> Aço ao Carbono.....	107
<input type="checkbox"/> Classificação segundo ABNT.....	108
<input type="checkbox"/> Resistência à ruptura	108
<input type="checkbox"/> Tabelas de Aços e usos gerais ..	109
<input type="checkbox"/> Aços especiais ou aços-ligas.....	110
<input type="checkbox"/> Aços inoxidáveis.....	111
Noções de Tornearia	113
<input type="checkbox"/> A importância do torneamento no contexto dos processos mecânicos de Usinagem .	118
<input type="checkbox"/> Movimentos principais.....	120
<input type="checkbox"/> Tipos de torno.....	120
<input type="checkbox"/> Equipamentos e acessórios.....	138
<input type="checkbox"/> Tipos de ferramentas para torneiar	142
<input type="checkbox"/> Torneamento externo.....	143
<input type="checkbox"/> Torneamento interno.....	143
<input type="checkbox"/> Materiais das ferramentas.....	144
<input type="checkbox"/> Geometria de corte da ferramenta	148
<input type="checkbox"/> Ação de lubrificação e refrigeração na usinagem.....	155
<input type="checkbox"/> O Fluido de corte.....	158
<input type="checkbox"/> Tipos de fluidos de corte	160
<input type="checkbox"/> Parâmetros de corte	163
<input type="checkbox"/> Delineamento e aplicação prática	188
<input type="checkbox"/> Tabela de Roscas	191
<input type="checkbox"/> Bibliografia.....	196

Leitura e Interpretação de Desenho Técnico Mecânico

Identificação de vistas

Uma peça que estamos observando ou mesmo imaginando, pode ser desenhada (representada) num plano. Essa representação gráfica se dá o nome de “Projeção”.

O plano é denominado “plano de projeção”

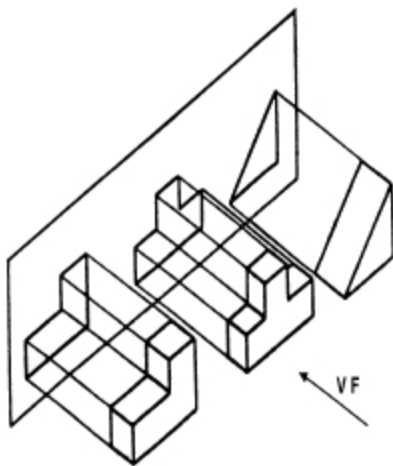
Podemos obter as projeções através de observações feitas em posições determinadas. Podemos então ter várias “vistas” da peça.

Tomemos por exemplo uma caixa de fósforos.

Para representar a caixa vista de frente, consideramos um plano vertical e vamos representar nele esta vista.

A vista de frente é, por isso, também denominada projeção vertical e/ou elevação.

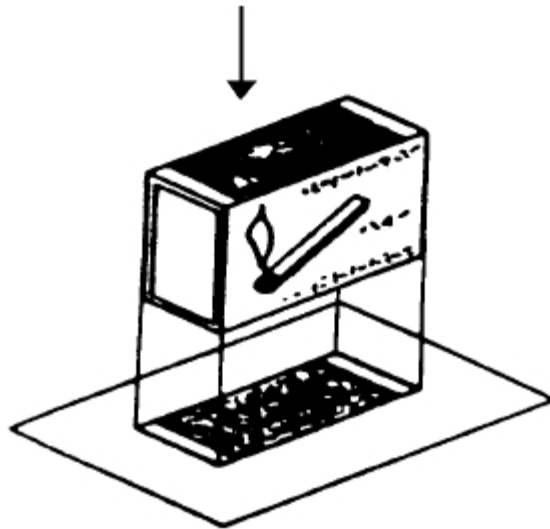
Reparemos, na figura abaixo, as *projeções verticais* ou *elevações* das peças. Elas são as *vistas de frente* das peças para o observador na posição indicada.



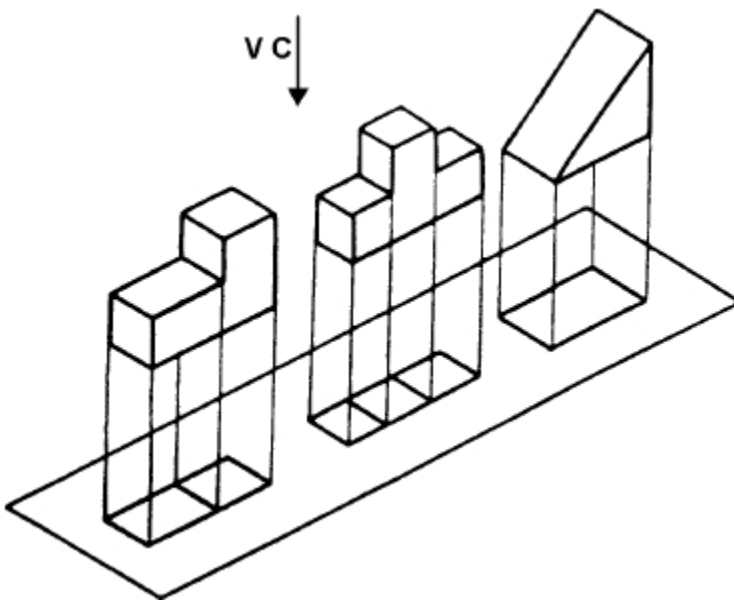
Voltemos ao exemplo da caixa de fósforos.

O observador quer representar a caixa, olhando-a por cima.

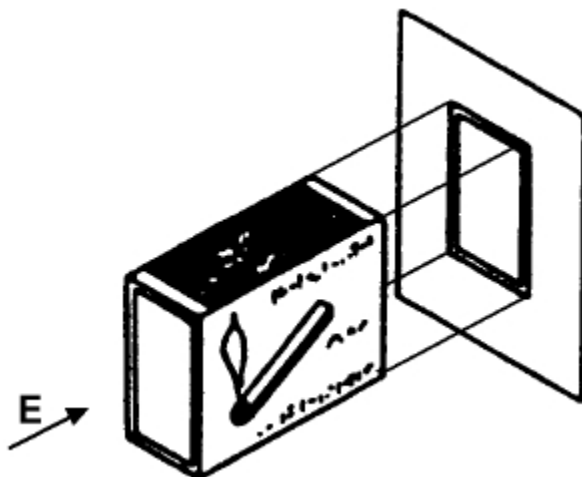
Então usará um plano, que denominaremos de plano horizontal, e a projeção que representa esta “*vista de cima*” será denominada *projeção horizontal vista de cima* ou *planta*.



A figura abaixo representa a *projeção horizontal, vista de cima* ou *planta* das peças, para o observador na posição indicada.



O observador poderá representar a caixa, olhando-a de lado. Teremos uma vista lateral, e a projeção representará uma vista lateral que pode ser da direita ou da esquerda.

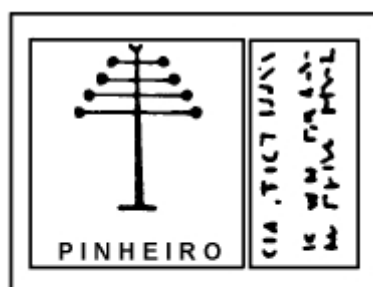


Reparemos que uma peça pode ter, pelo que foi esclarecido, até seus vistas; entretanto, uma peça que estamos vendo ou imaginando, deve ser representada por um número de vistas que nos dê a idéia completa de peça, um número de vistas essenciais para representá-la a fim de que possamos entender qual é a forma e quais as dimensões da peça. Estas vistas são chamadas de “vistas principais”.

Ao selecionar a posição da peça da qual se vai fazer a projeção, escolhe-se para a vertical, aquela vista que mais caracteriza ou individualiza a peça; por isso, é comum também chamar a projeção vertical (elevação) de vista principal.

As três vistas, elevação, planta e vista lateral esquerda, dispostas em posições normalizadas pela ABNT nos dão as suas projeções.

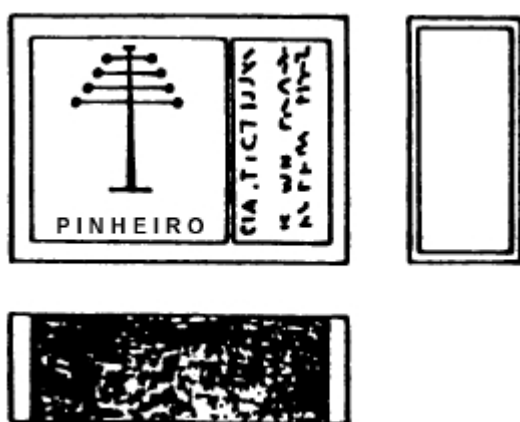
A vista de frente (elevação) e a vista de cima (planta) alinham-se verticalmente.



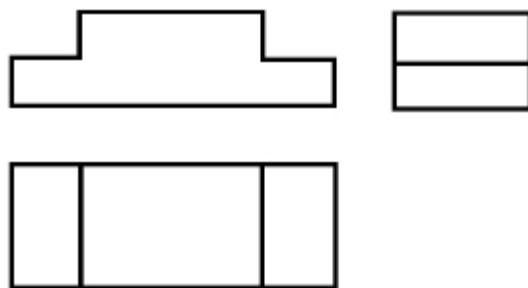
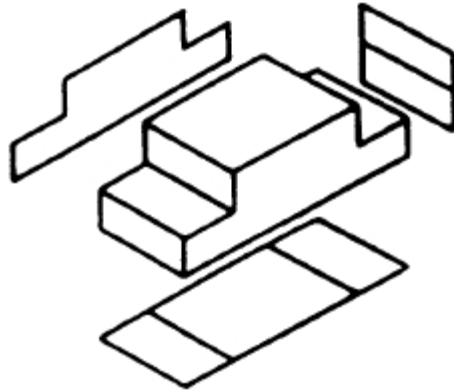
A vista de frente (elevação) e a vista de lado (vista lateral esquerda) alinham-se horizontalmente.



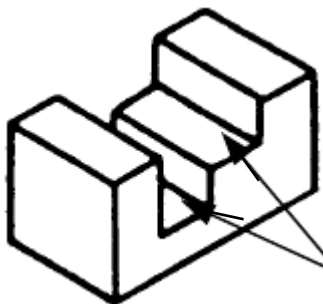
Finalmente, temos a caixa de fósforos desenhada em três projeções.



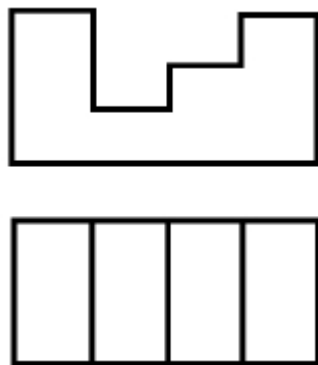
Por esse processo podemos desenhar qualquer peça.



Na vista lateral esquerda das projeções das peças abaixo, existem linhas tracejadas. Elas representam as arestas não visíveis.

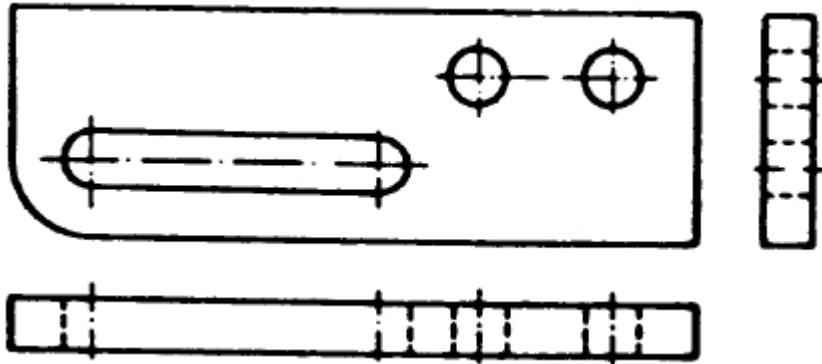


*Arestas não visíveis
quando vista na lateral*

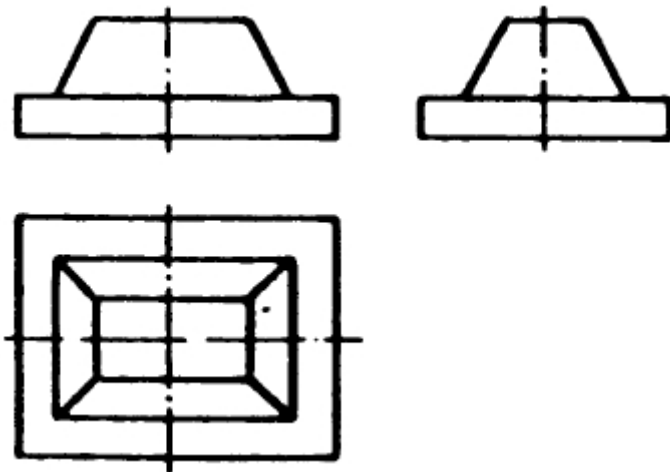


Linhas tracejadas

Nas projeções abaixo, aparecem linhas de centro.

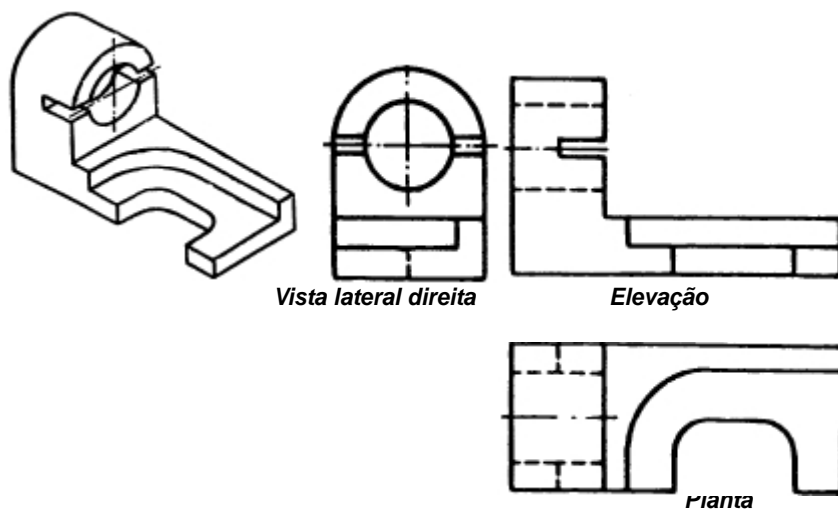
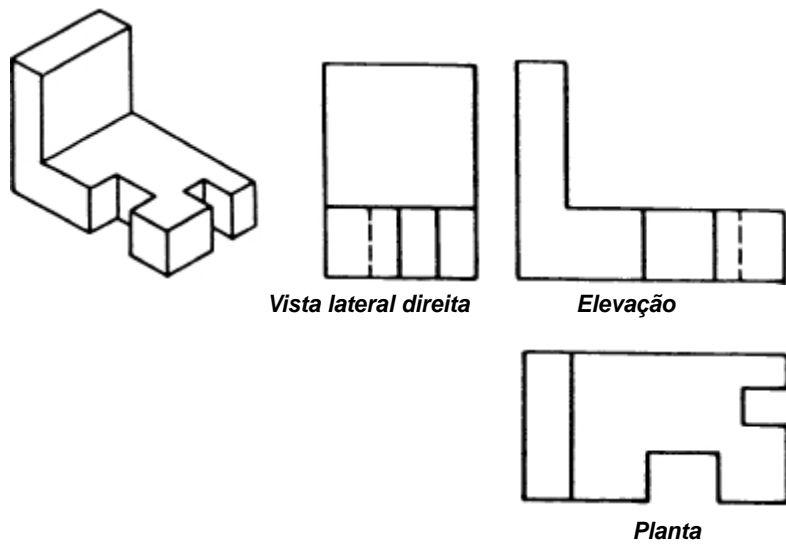


Nas projeções abaixo, foram empregados eixos de simetria.

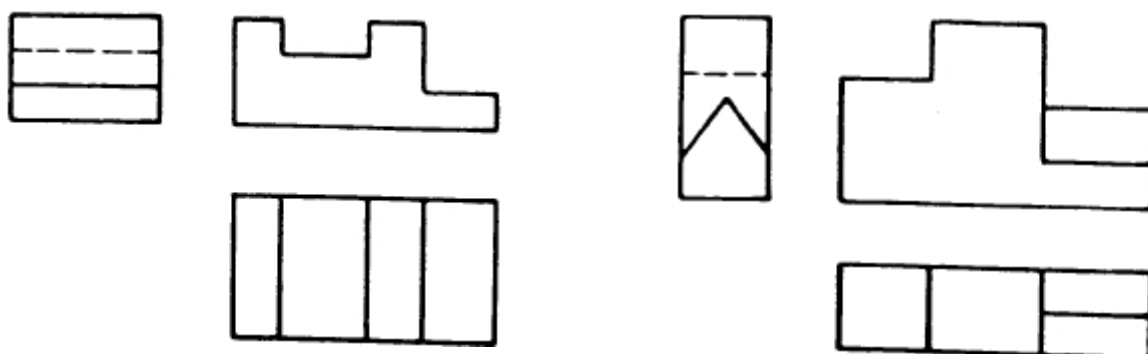
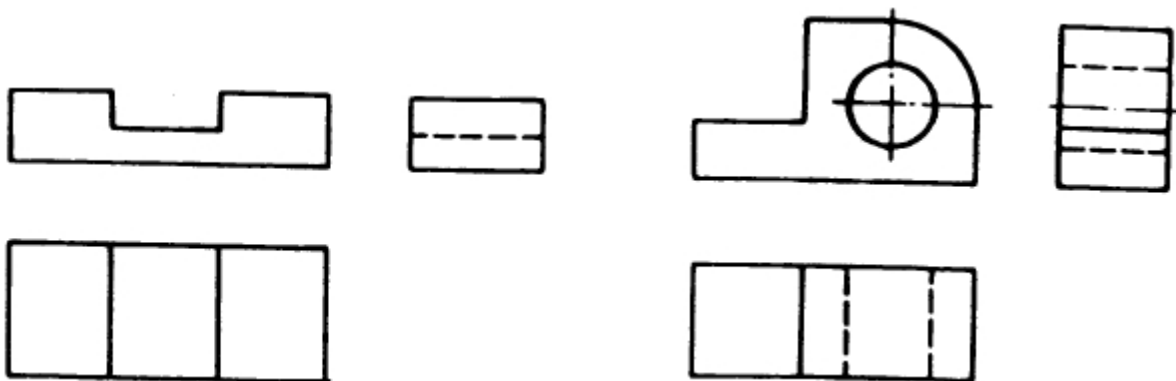


As projeções desenhadas anteriores apresentaram a vista lateral esquerda, representando o que se vê olhando a peça pelo lado esquerdo, apesar de sua projeção estar à direita da elevação.

Nos casos em que o maior número de detalhes estiver colocado no lado direito da peça, usa-se a vista lateral direita, projetando-a à esquerda da elevação, conforme exemplos abaixo:



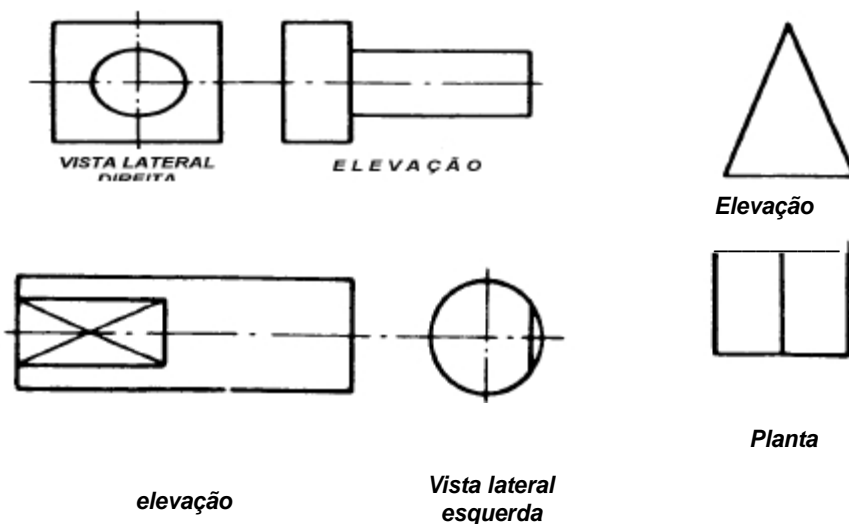
Os desenhos abaixo mostram as projeções de várias peças com utilização de apenas uma vista lateral. De acordo com os detalhes a serem mostrados, foram utilizadas as laterais esquerda ou direita.



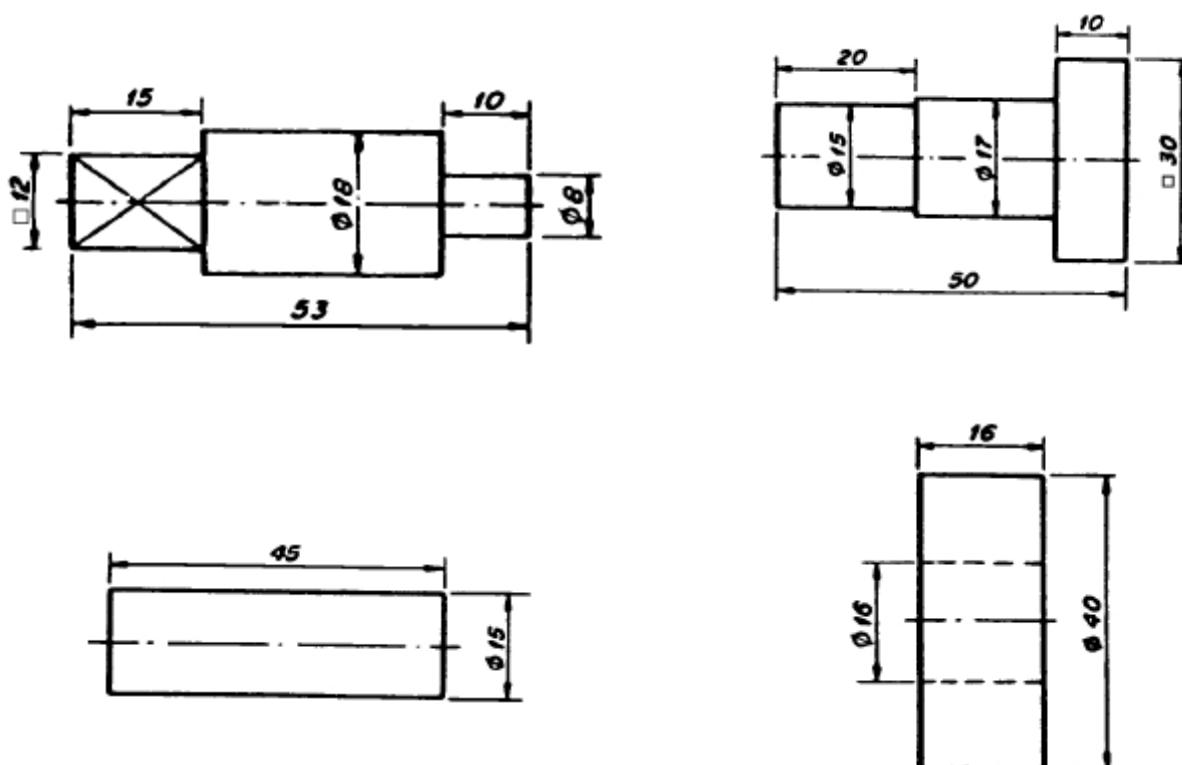
Supressão de vistas

Quando representamos uma peça pelas suas projeções, usamos as vistas que melhor identificam suas formas e dimensões. Podemos usar três ou mais vistas, como também podemos usar duas vistas e, em alguns casos, até uma única vista.

Nos exemplos abaixo estão representadas peças com duas vistas. Continuará havendo uma vista principal - vista de frente - sendo escolhida como segunda vista aquela que melhor complete a representação da peça.



Nos exemplos abaixo estão representadas peças por uma única vista. Neste tipo de projeção é indispensável o uso de símbolos.



Exercicio

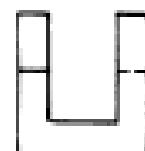
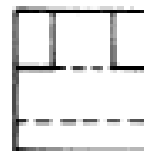
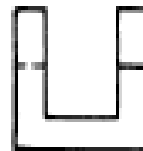
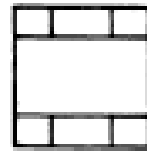
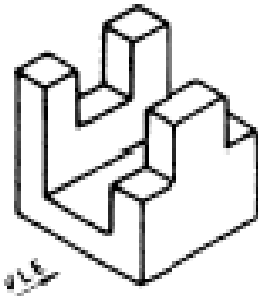
Coloque em baixo de cada vista, as iniciais correspondentes:

VF - Vista de Frente

VS - Vista Superior

VLE - Vista Lateral Esquerda

VLD - Vista Lateral Direita

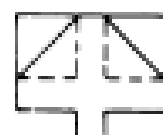
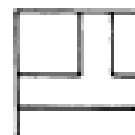
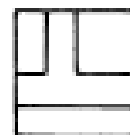
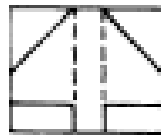
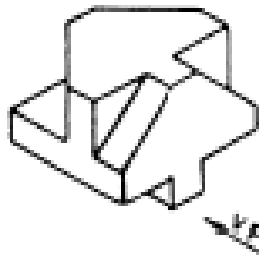


—

—

—

—

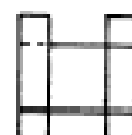
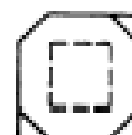
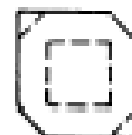
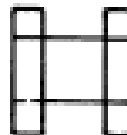
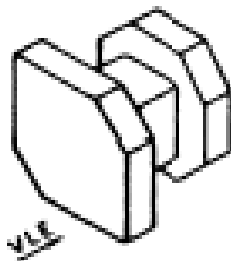


—

—

—

—

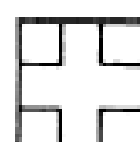
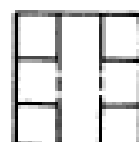
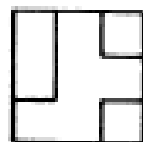
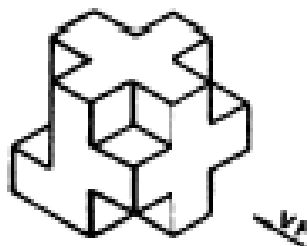


—

—

—

—



—

—

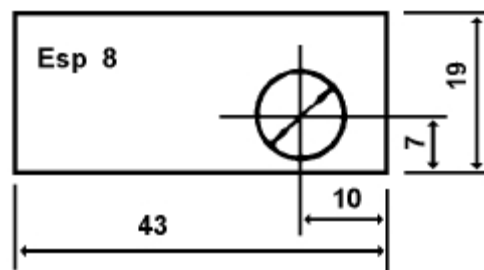
—

—

Identificação e Leitura de Cotas, Símbolos e Materiais

Para execução de uma peça, torna-se necessário que se coloque no desenho, além das projeções que nos dão idéia da forma da peça, também as suas medidas e outras informações complementares. A isto chamamos *Dimensionamento* ou *Cotagem*.

A Cotagem dos desenhos tem por objetivos principais determinar o tamanho e localizar exatamente os detalhes da peça. Por exemplo, para execução da peça ao lado necessitamos saber as suas dimensões e a exata localização do furo.



A Anotação - "ESP. 8" - Refere-se à *Espessura da Peça*.

Para a Cotagem de um desenho são necessários três elementos:

Linhas de Cota

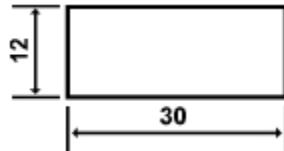
Linhas de Extensão

Valor Numérico da Cota



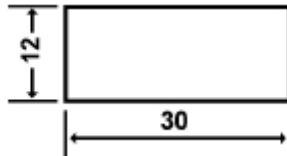
Como vemos na figura acima, as Linhas de Cota são de espessura fina, traço contínuo, limitadas por setas nas extremidades. As linhas de extensão são de espessura fina, traço contínuo, não devem tocar o contorno do desenho da peça e prolongam-se um pouco além da última linha de cota que abrangem.

□ o número que exprime o valor numérico da cota pode ser escrito:



□ acima da linha de cota, equidistante dos extremos;

□ em intervalo aberto pela interrupção da linha de cota.

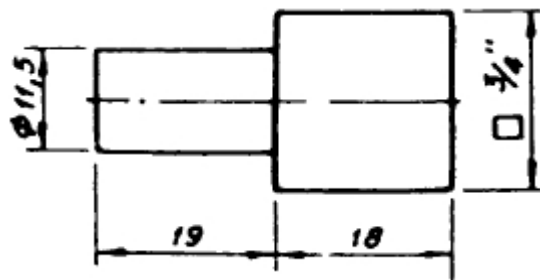


No mesmo desenho devemos empregar apenas uma destas duas modalidades. O valor numérico colocado acima da linha de cota é mais fácil e evita a possibilidade de erros.

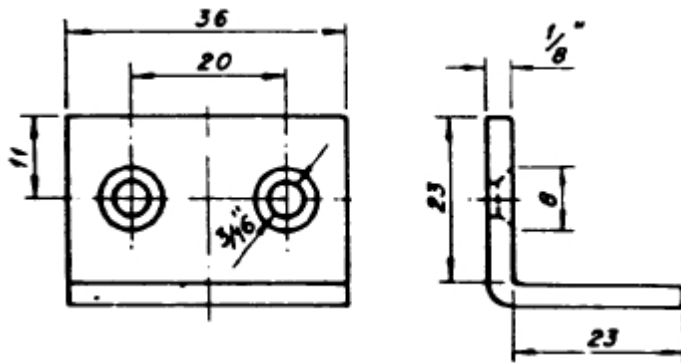
Regras de Cotagem

Em desenho técnico, normalmente, a unidade de medida é o milímetro, sendo dispensada a colocação do símbolo junto ao valor numérico da cota.

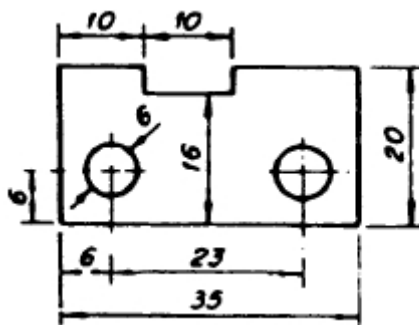
Se houver o emprego de outra unidade, coloca-se o respectivo símbolo ao lado do valor numérico, conforme figura ao lado.



Cada cota deve ser indicada na vista que mais claramente representar a forma do elemento cotado. Deve-se evitar a repetição de cotas.

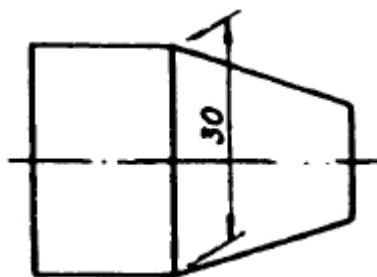


As **cotas podem ser colocadas dentro ou fora dos elementos** que representam, atendendo aos melhores requisitos de clareza e facilidade de execução.

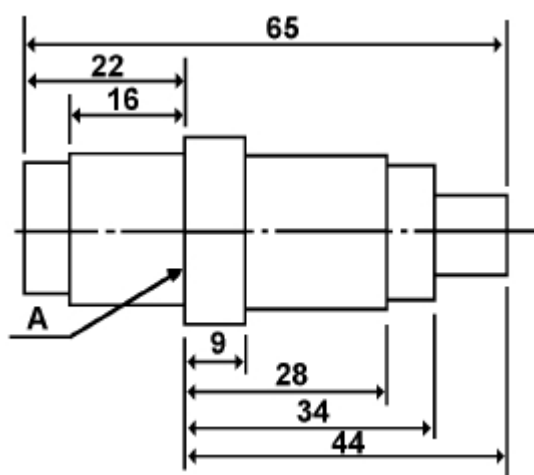
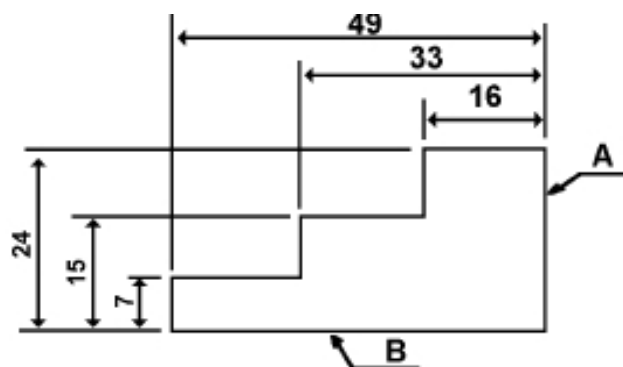


Nas transferências de cotas para locais mais convenientes, devemos evitar o cruzamento das linhas de extensão com linhas de cota.

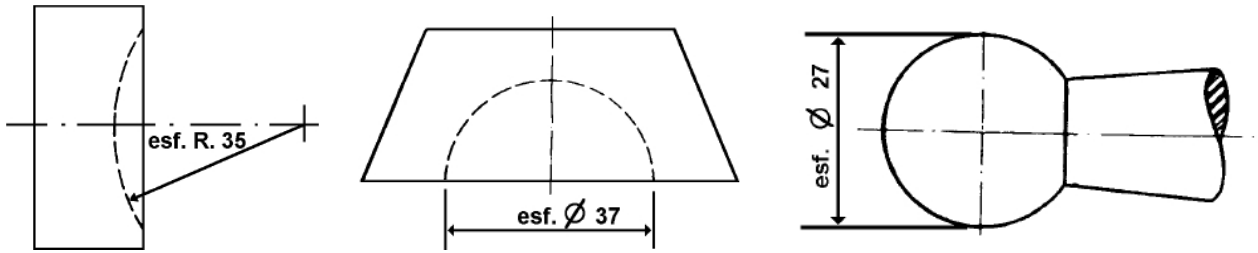
As linhas de extensão são traçadas perpendicularmente à dimensão cotada ou, em **caso de necessidade, obliquamente**, porém paralelas entre si.



Cotagem por meio de faces de referência (Fase A e B)

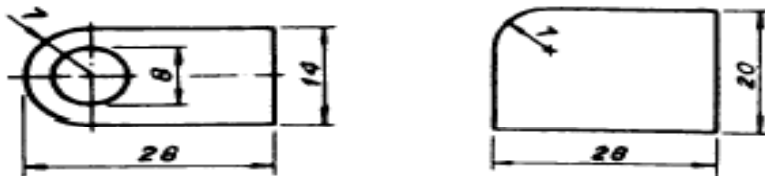


Cotagem de elementos esféricos

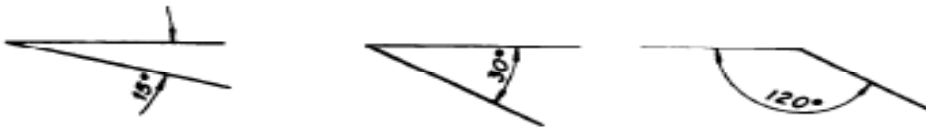


Cotagem de Detalhes

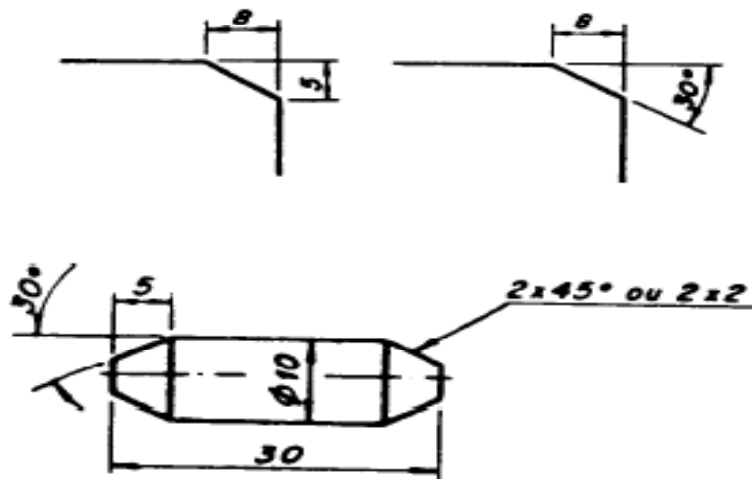
As linhas de cota de raios de arcos levam setas apenas na extremidade que toca o arco.



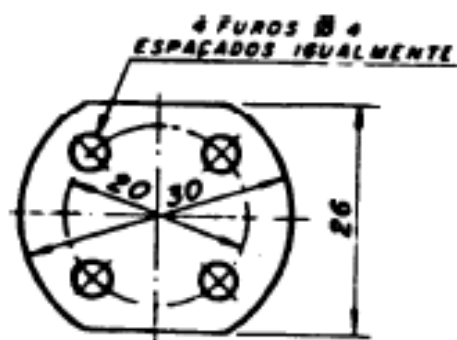
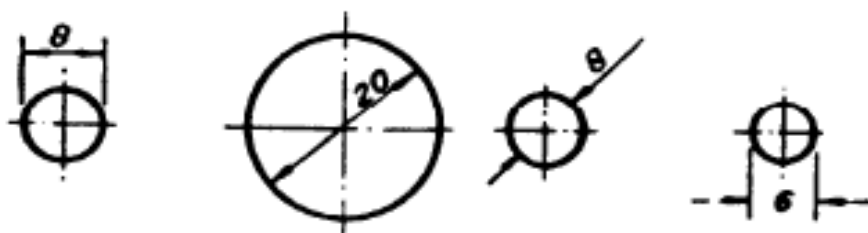
Conforme o espaço disponível no desenho, os ângulos podem ser cotados assim:



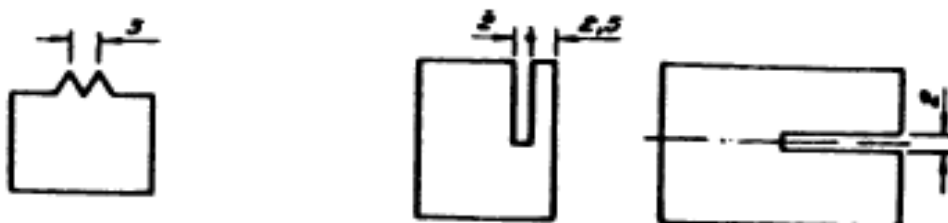
A Cotagem de Chanfros se faz como indicam as figuras abaixo. Quando o chanfro for de 45°, podemos simplificar a cotagem usando um dos sistemas apresentados na figura abaixo.



A Cotagem de Círculos se faz indicando o valor de seu diâmetro por meio dos recursos apresentados nas figuras abaixo, que são adotados conforme o espaço disponível no desenho.

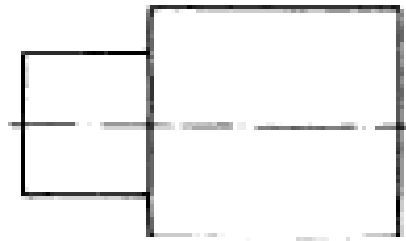


Para cotar em espaços reduzidos, colocamos as cotas como nas figuras abaixo:

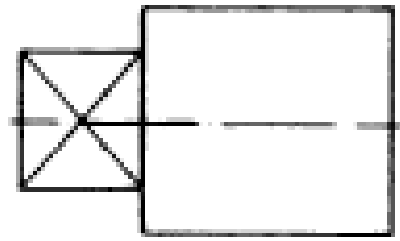


Exercício:

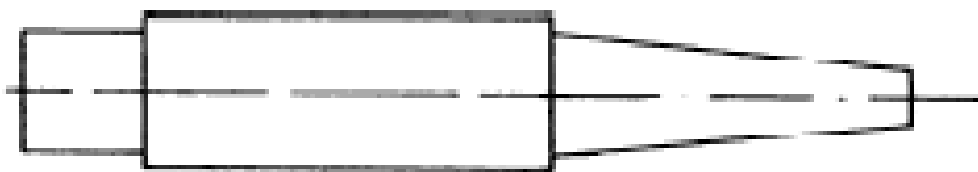
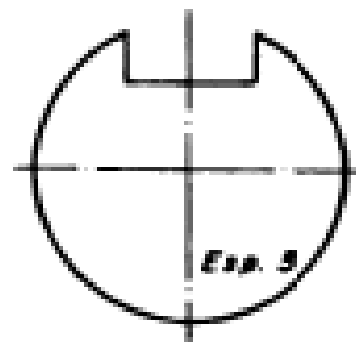
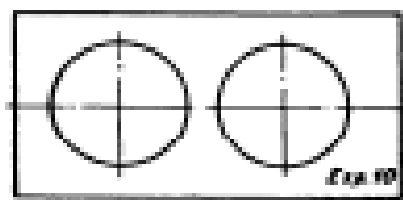
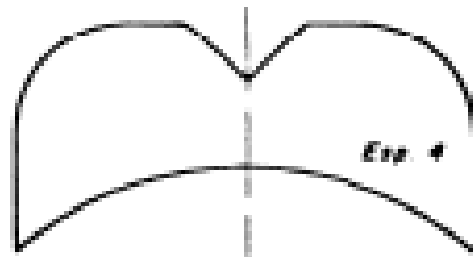
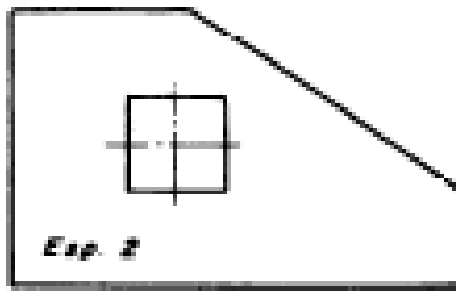
Localize as cotas necessárias para execução das peças abaixo representadas. Não coloque o valor numérico das cotas. Trace, à mão livre, apenas as linhas de cota, de extensão e os símbolos necessários.



PEÇA CILÍNDRICA



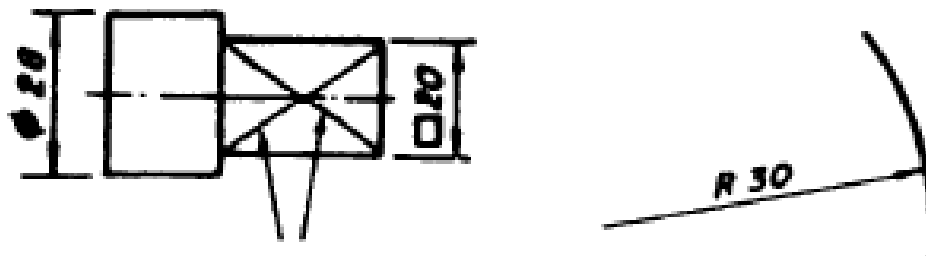
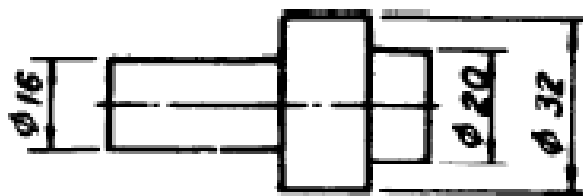
PEÇA CILÍNDRICA



Símbolos e Convenções

A **ABNT** (*Associação Brasileira de Normas Técnicas*), em suas Normas NB-8 e NB-13, recomenda a utilização dos símbolos abaixo, que devem ser colocados sempre antes dos valores numéricos das cotas.

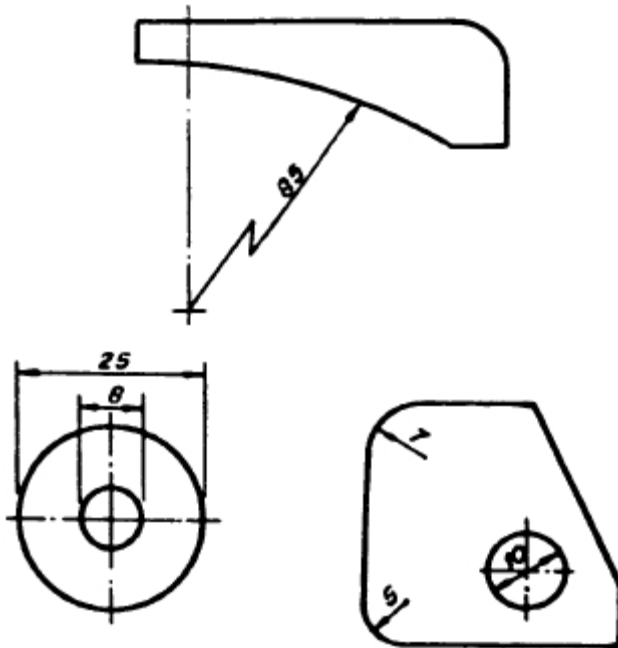
- ∅ Indicativo de Diâmetro
- Indicativo de Quadrado
- R Indicativo de Raio



Estas duas linhas finas cruzadas indicam que se trata de superfície plana.


Quando, nas vista cotada, for evidente que se trata de diâmetro ou quadrado, os respectivos símbolos podem ser dispensados.

Exemplos:



Símbolos em Materiais Perfilados

Os símbolos abaixo, devem ser colocados sempre antes da designação da bitola do material.

SÍMBOLOS	INDICATIVO DE	EXEMPLO DE LEITURA
○	Redondo	 ¼" x 1" x 85" Barra chata de ¼" de espessura por 1" de largura e 85 mm de comprimento
□	Quadrado	
▭	Chato	
L	Cantoneira	
T	"Te"	
I	Duplo "T"	
["U"	
#	Número de Bitolas em Chagas, Fios, etc.	

Indicação de estado de superfície

O desenho técnico, além de mostrar as formas e as dimensões das peças, precisa conter outras informações para representá-las fielmente. Uma dessas informações é a indicação dos estados das superfícies das peças.

Acabamento

Acabamento é o grau de rugosidade observado na superfície da peça. As superfícies apresentam-se sob diversos aspectos, a saber: em bruto, desbastadas, alisadas e polidas.

Superfície em bruto é aquela que não é usinada, mas limpa com a eliminação de rebarbas e saliências.

Superfície desbastada é aquela em que os sulcos deixados pela ferramenta são bastante visíveis, ou seja, a rugosidade é facilmente percebida.

Superfície alisada é aquela em que os sulcos deixados pela ferramenta são pouco visíveis, sendo a rugosidade pouco percebida.

Superfície polida é aquela em que os sulcos deixados pela ferramenta são imperceptíveis, sendo a rugosidade detectada somente por meio de aparelhos.

Os graus de acabamento das superfícies são representados pelos símbolos indicativos de rugosidade da superfície, normalizados pela norma **NBR 8404** da **ABNT**, baseada na norma **ISO 1302**.

Os graus de acabamento são obtidos por diversos processos de trabalho e dependem das modalidades de operações e das características dos materiais adotados.

Convenções para Acabamento de Superfícies

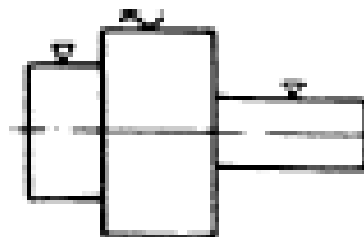


Superfícies em bruto, porém limpas de rebarbas e saliências.

II



Superfícies apenas desbastadas.



III

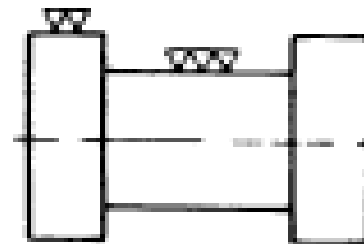


Superfícies alisadas.

IIII



Superfícies polidas



IIII



Para outros graus de acabamento, devendo ser indicada a maneira de obtê-los.



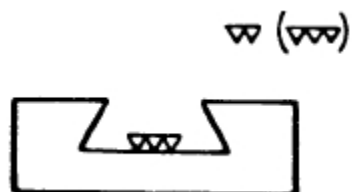
Superfícies sujeitas a tratamento especial, indicado sobre a linha horizontal.

Ex.: cromado, niquelado, pintado, etc.

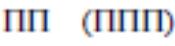
Quando todas as superfícies de uma peça tiverem o mesmo acabamento, o respectivo sinal deve ficar em destaque.

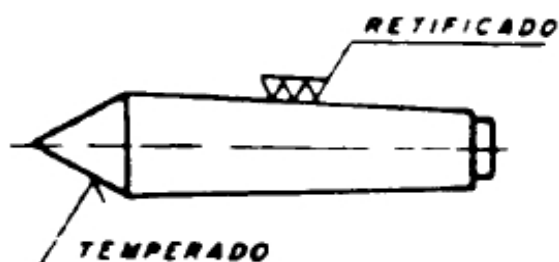
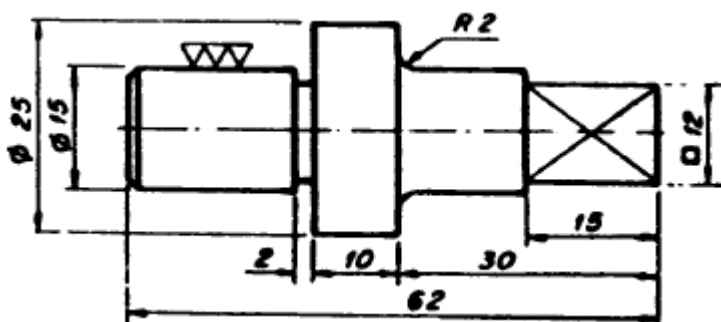


Se, na mesma peça, houver superfícies com graus de acabamento diferentes dos da maioria, os sinais correspondentes serão colocados nas respectivas superfícies e também indicados entre parênteses, ao lado do sinal em destaque.

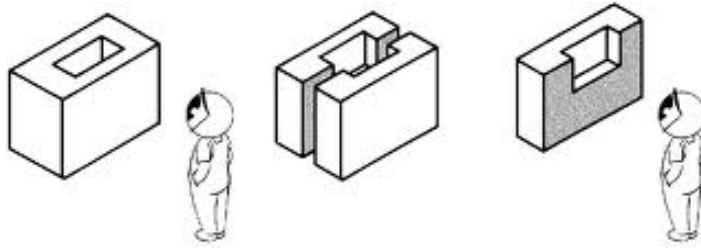


Exemplo de aplicação dos símbolos e convenções

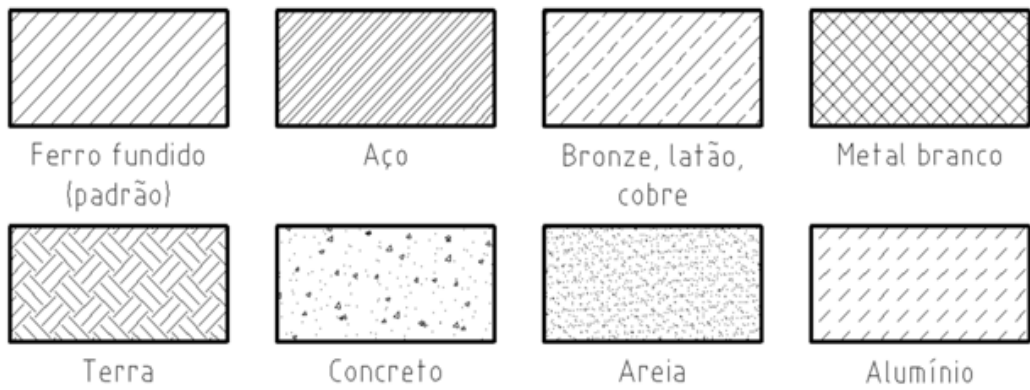
Exemplo de aplicação dos Símbolos e Convenções 



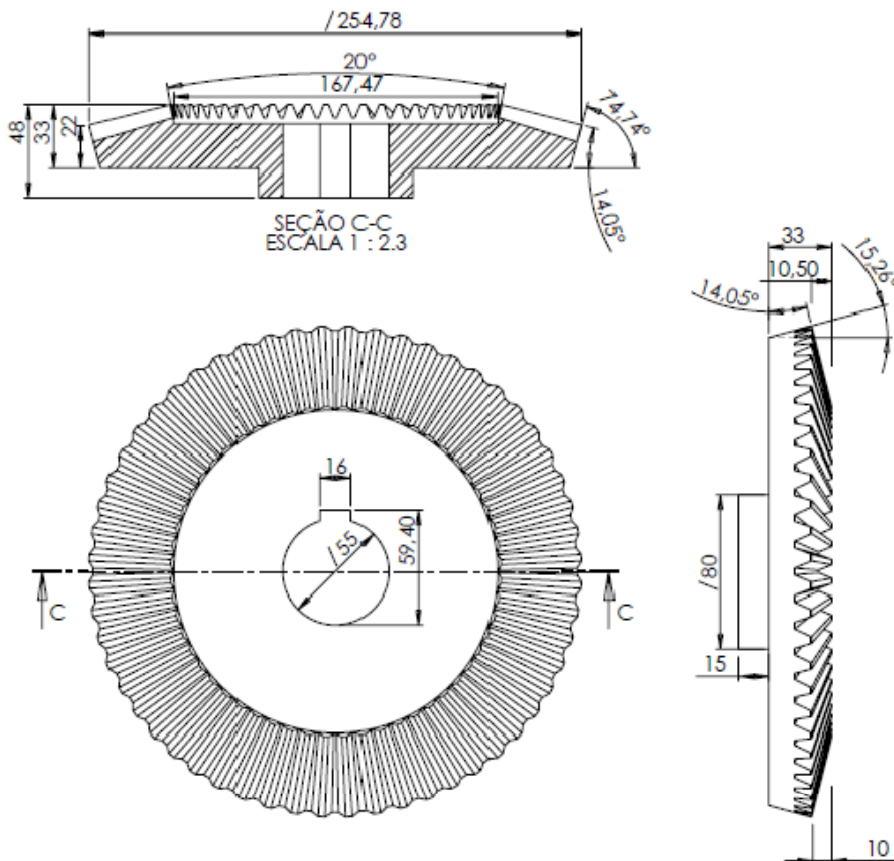
Cortes



Para cada material há uma hachura determinada

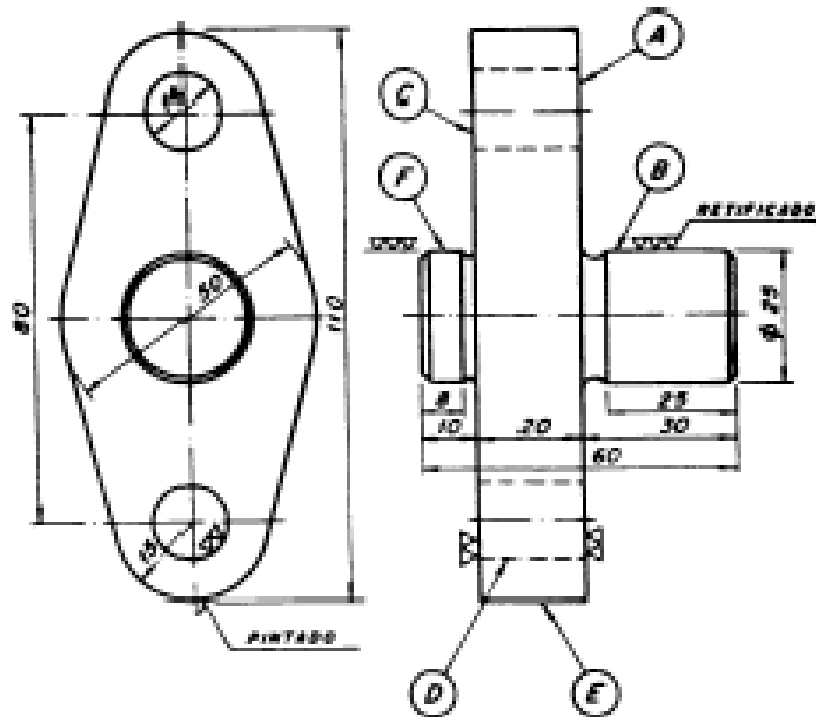


Exemplo



Exercicio

Qual o tipo de acabamento utilizado nas superficies indicadas pelas letras:



A -

B -

C -

D -

E -

F -

Qual o tipo de acabamento geral da peça abaixo?

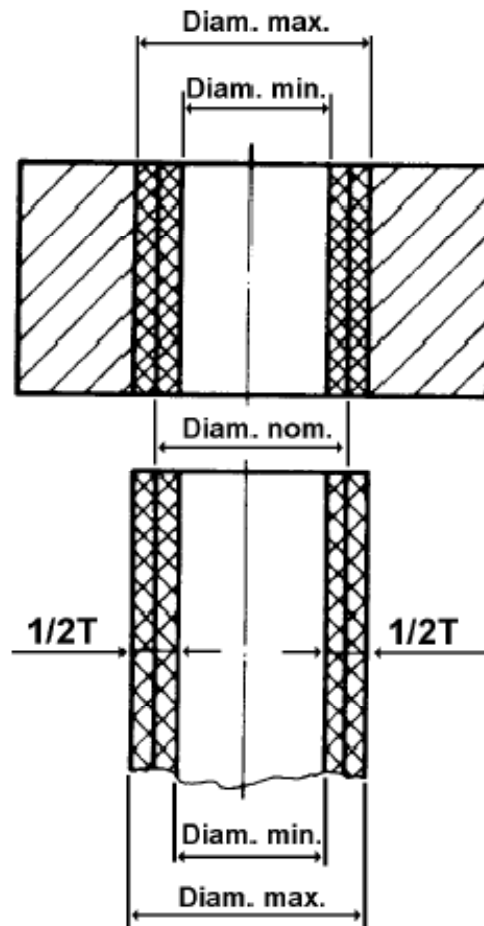
Resp.: _____

Qual o tipo de acabamento para as partes torneadas com 25 mm de diâmetro?

Resp.: _____

Tolerância

Tolerância é o valor da variação permitida na dimensão de uma peça. Em termos práticos é a diferença tolerada entre as dimensões máxima e mínima de uma dimensão nominal.



A tolerância é aplicada na execução de peças em série e possibilita a intercambiabilidade delas.

Conceitos na aplicação de medidas com tolerância

Medida nominal: é a medida representada no desenho.



Medida com tolerância: é a medida com afastamento para mais ou para menos da medida nominal.



Medida efetiva: é a medida real da peça fabricada.

Ex. 30,024

Dimensão máxima: é a medida máxima permitida.

30,2

Dimensão mínima: é a medida mínima permitida.

29,9

Afastamento superior: é a diferença entre a dimensão máxima permitida e a medida nominal.

$$30,2 - 30 = 0,2$$

Afastamento inferior: é a diferença entre a dimensão mínima permitida e a medida nominal.

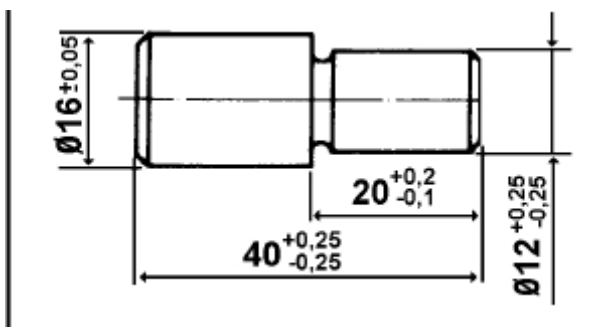
$$29,9 - 30 = -0,1$$

Campo de tolerância: é a diferença entre a medida máxima e a medida mínima permitida.

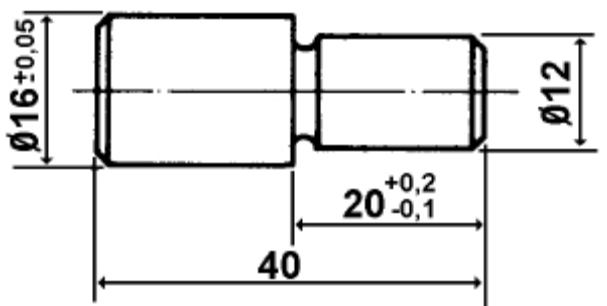
$$30,2 - 29,9 = 0,3$$

Indicações de tolerância

Afastamentos, indicados junto das cotas nominais.



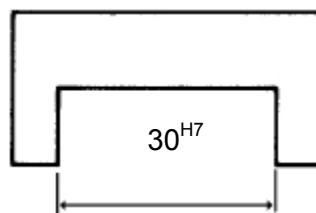
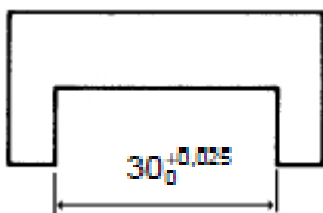
Afastamentos gerais, indicados abaixo do desenho.



As tolerâncias podem ser representadas por afastamentos ou pela norma ISO adotada pela ABNT.

Por afastamento

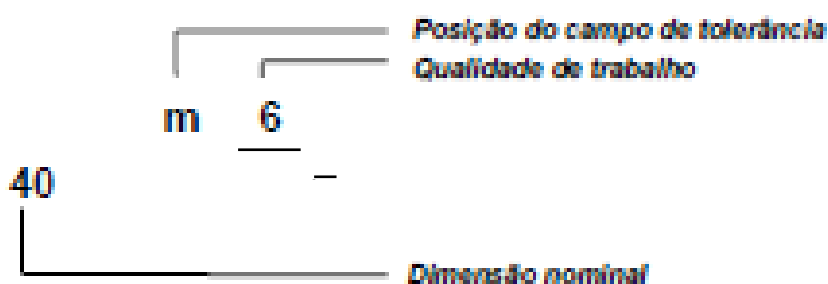
Pela norma ISO



Tolerância ISO (International Organization for Standardization)

O sistema de tolerância ISO adotado pela ABNT, conhecido como sistema internacional de tolerância, consiste numa série de princípios, regras e tabelas que permitem a escolha racional de tolerâncias na produção de peças. A unidade de medida para tolerância ISO é o micrômetro ($\mu\text{m} = 0,001\text{mm}$).

A tolerância ISO é representada normalmente por uma letra e um numeral colocados à direita da cota. A **letra** indica a posição do campo de tolerância e o **numeral**, a qualidade de trabalho.



Campo de tolerância

É o conjunto dos valores compreendidos entre as dimensões máxima e mínima. O sistema ISO prevê 28 campos representados por letras, sendo as maiúsculas para furos e as minúsculas para eixos:

Furos

A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G, H, J, JS, K, M, N, P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC

Eixos

a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g, h, j, js, k, m, n, p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb, zc

Qualidade de trabalho

A qualidade de trabalho (grau de tolerância e acabamento das peças) varia de acordo com a função que as peças desempenham nos conjuntos.

O sistema ISO estabelece dezoito qualidades de trabalho, que podem ser adaptadas a qualquer tipo de produção mecânica.

Essas qualidades são designadas por IT 01, IT 0, IT 1, IT 2... IT 1.6 (I - ISO e T = tolerância).

Grupos de dimensões

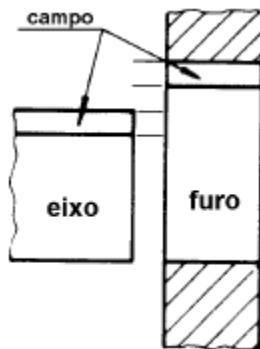
O sistema de tolerância ISO foi criado para produção de peças intercambiáveis com dimensões compreendidas entre 1 500mm. Para simplificar o sistema e facilitar sua utilização, esses valores foram reunidos em treze grupos de dimensões em milímetros.

Grupos de dimensões em milímetros

1	6	18	50	120	250	400
a	a	a	a	a	a	a
3	10	30	80	180	315	500
3	10	30	80	180	315	
a	a	a	a	a	a	
6	18	50	120	250	400	

Ajustes

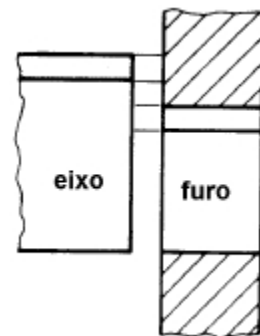
O ajuste é a condição ideal para fixação ou funcionamento entre peças executadas dentro de um limite. São determinados de acordo com a posição do campo de tolerância.



Ajuste móvel



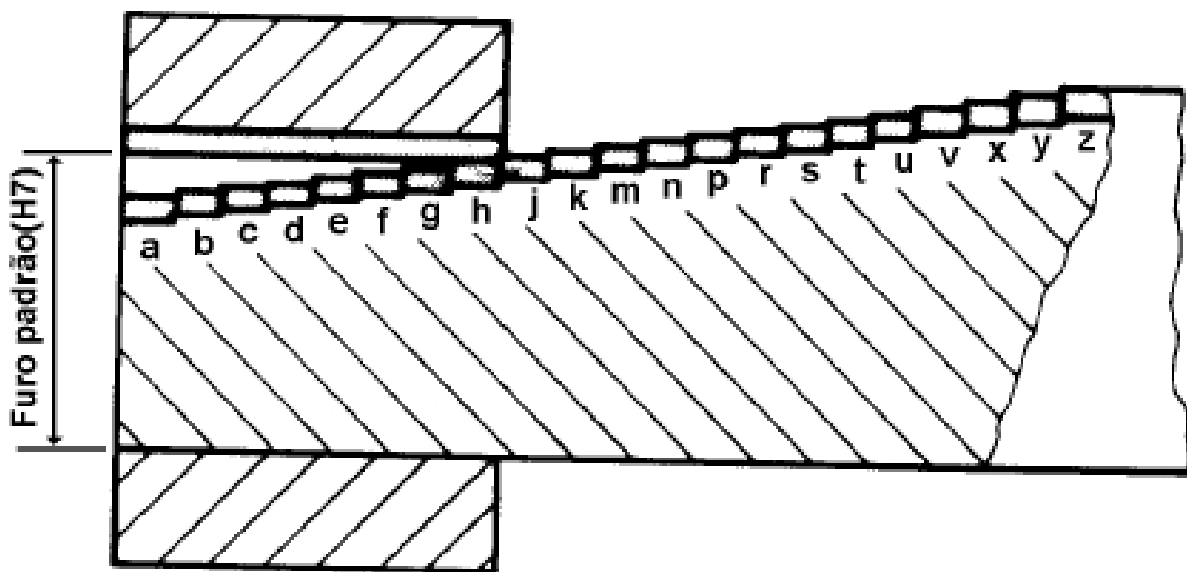
Ajuste incerto



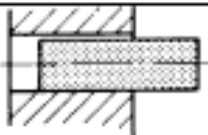
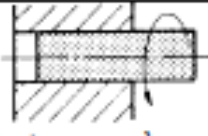
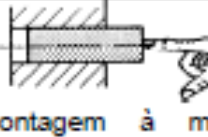
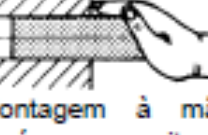
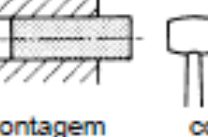
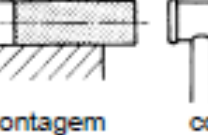
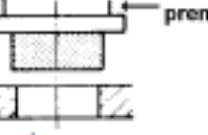
Ajuste fixo

Para não haver diversificação exagerada de tipos de ajustes, a tolerância do furo ou do eixo é padronizada. **Geralmente, padroniza-se o furo em H7.**

A origem dos termos furo e eixo provém da importância que as peças cilíndricas têm nas construções mecânicas. Na prática, porém, os termos furo e eixo são entendidos como medida interna e medida externa, respectivamente.

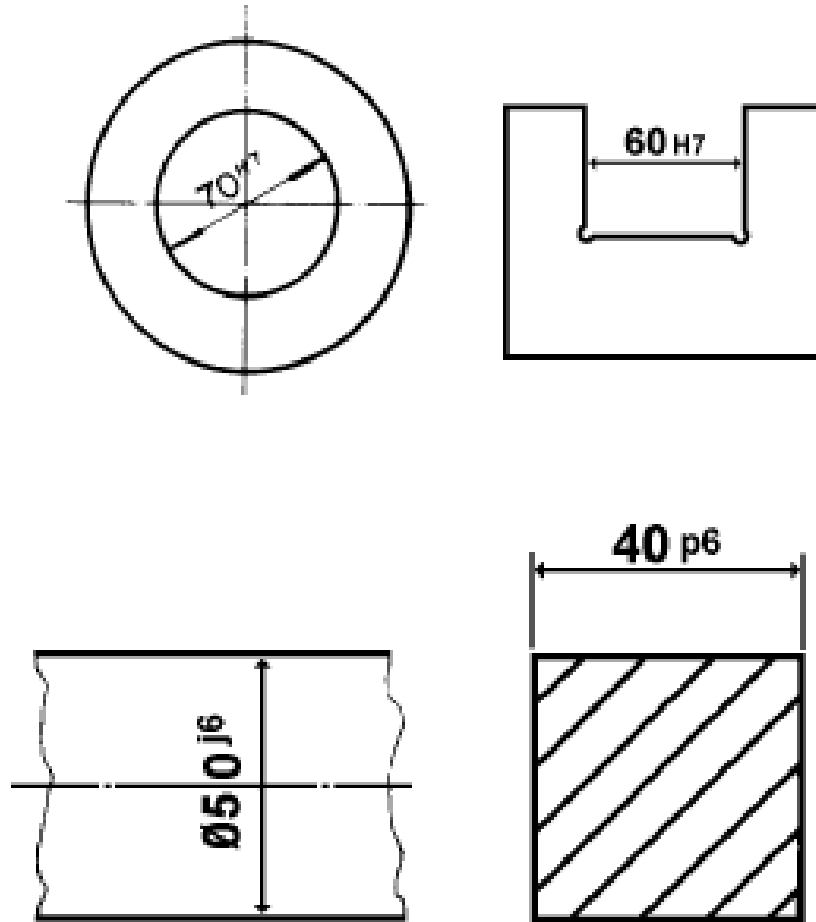


Para estabelecer a tolerância, usa-se a tabela a seguir:

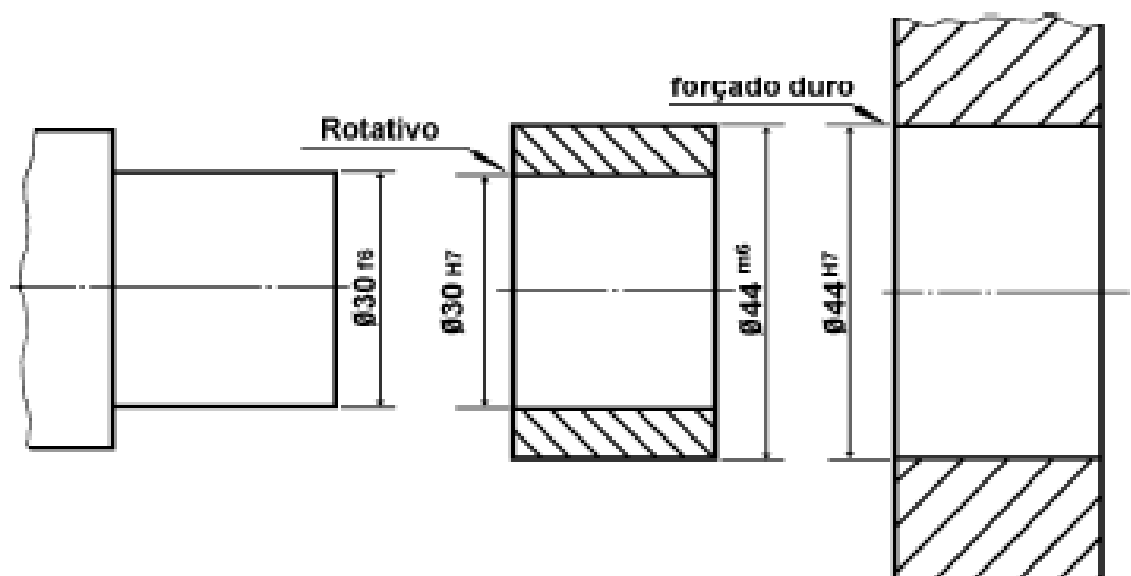
AJUSTES RECOMENDAÇÕES						
TIPO DE AJUSTE	EXEMPLO DE AJUSTE	EXTRA PRECISO	MECÂNICA PRECISA	MECÂNICA MÉDIA	MECÂNICA ORDINÁRIA	EXEMPLO DE APLICAÇÃO
LIVRE	 Montagem à mão, com facilidade.	$H_8 e_7$	$H_7 e_7$ $H_7 e_8$	$H_8 e_9$	$H_{11} a_{11}$	Peças cujos funcionamentos necessitam de folga por força de dilatação, mau alinhamento, etc.
ROTATIVO	 Montagem à mão podendo girar sem esforço.	$H_8 f_8$	$H_7 f_7$	$H_8 f_8$	$H_{10} d_{10}$ $H_{11} d_{11}$	Peças que giram ou deslizam com boa lubrificação. Ex.: eixos, mancais, etc.
DESLIZANTE	 Montagem à mão com leve pressão.	$H_8 g_5$	$H_7 g_8$	$H_8 g_8$ $H_8 h_8$	$H_{10} h_{10}$ $H_{11} h_{11}$	Peças que deslizam ou giram com grande precisão. Ex.: anéis de rolamentos, corredeiras, etc.
DESLIZANTE JUSTO	 Montagem à mão, porém, necessitando de algum esforço.	$H_8 h_5$	$H_7 h_8$			Encaixes fixos de precisão, órgãos lubrificados deslocáveis à mão. Ex.: punções, guias, etc.
ADERENTE FORÇADO LEVE	 Montagem com auxílio de martelo.	$H_8 j_5$	$H_7 j_8$			Órgãos que necessitam de freqüentes desmontagens. Ex.: polias, engrenagens, rolamentos, etc.
FORÇADO DURO	 Montagem com auxílio de martelo pesado.	$H_8 m_5$	$H_7 m_8$			Órgãos possíveis de montagens e desmontagens sem deformação das peças.
A PRESSÃO COM ESFORÇO	 Montagem com auxílio de balancim ou por dilatação	$H_8 p_5$	$H_7 p_8$			Peças impossíveis de serem desmontadas sem deformação. Ex.: buchas à pressão, etc.

Cotagem com indicação de tolerância

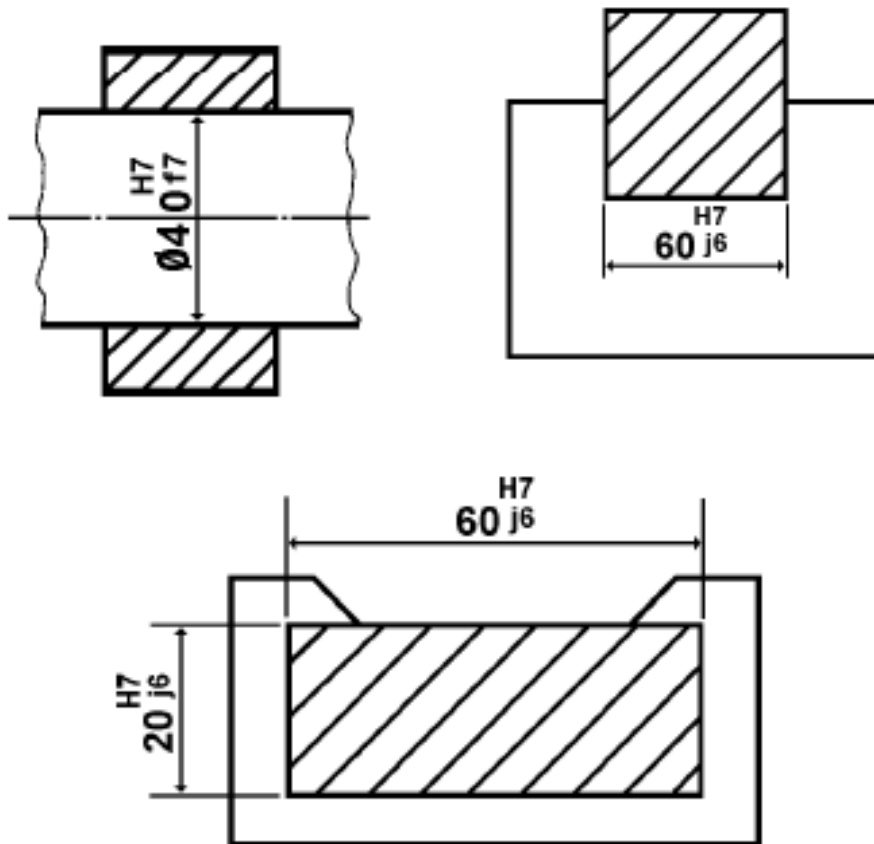
Peças em geral.



Peças que serão montadas



Nos desenhos de conjuntos, onde as peças aparecem montadas, a indicação da tolerância poderá ser feita do seguinte modo:



Tolerância de forma e posição

Símbolos, inscritos e interpretação sobre o desenho

Este é um resumo da norma proposta pela ABNT. As tolerâncias de forma e posição podem ser adicionadas às tolerâncias de dimensões para assegurar melhor função e intercambiabilidade das peças.

As *tolerâncias de forma* limitam os afastamentos de um dado elemento em relação à sua forma geométrica ideal.

As *tolerâncias de posição* limitam os afastamentos da posição mútua de dois ou mais elementos por razões funcionais ou para assegurar uma interpretação inequívoca. Geralmente um deles é usado como referência para a indicação das tolerâncias. Se for necessário, pode ser tomada mais de uma referência.

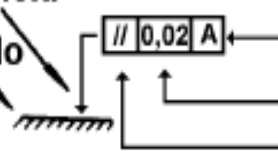
O elemento de referência deve ser suficientemente exato e, quando necessário, indica-se também uma tolerância de forma.

As tolerâncias estão relacionadas à dimensão total dos elementos, a não ser no caso de exceções, indicadas no desenho (por exemplo: 0,02/100 significa que a tolerância de 0,02mm é aplicada numa extensão de 100mm de comprimento, medida em posição conveniente no elemento controlado). Se a

indicação ou o triângulo de referência devem ser colocados sobre a linha de cota.

Flecha de referência

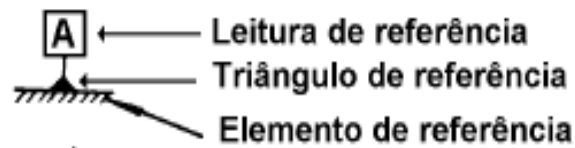
Elemento tolerado



Letra de referência
(se necessário)

Valor da tolerância (↑)

Símbolo que caracteriza a tolerância

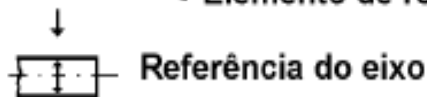


Leitura de referência

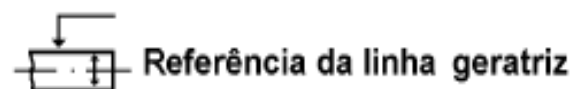
Triângulo de referência

Elemento de referência

50 Cota de referência
teoricamente exata



Referência do eixo

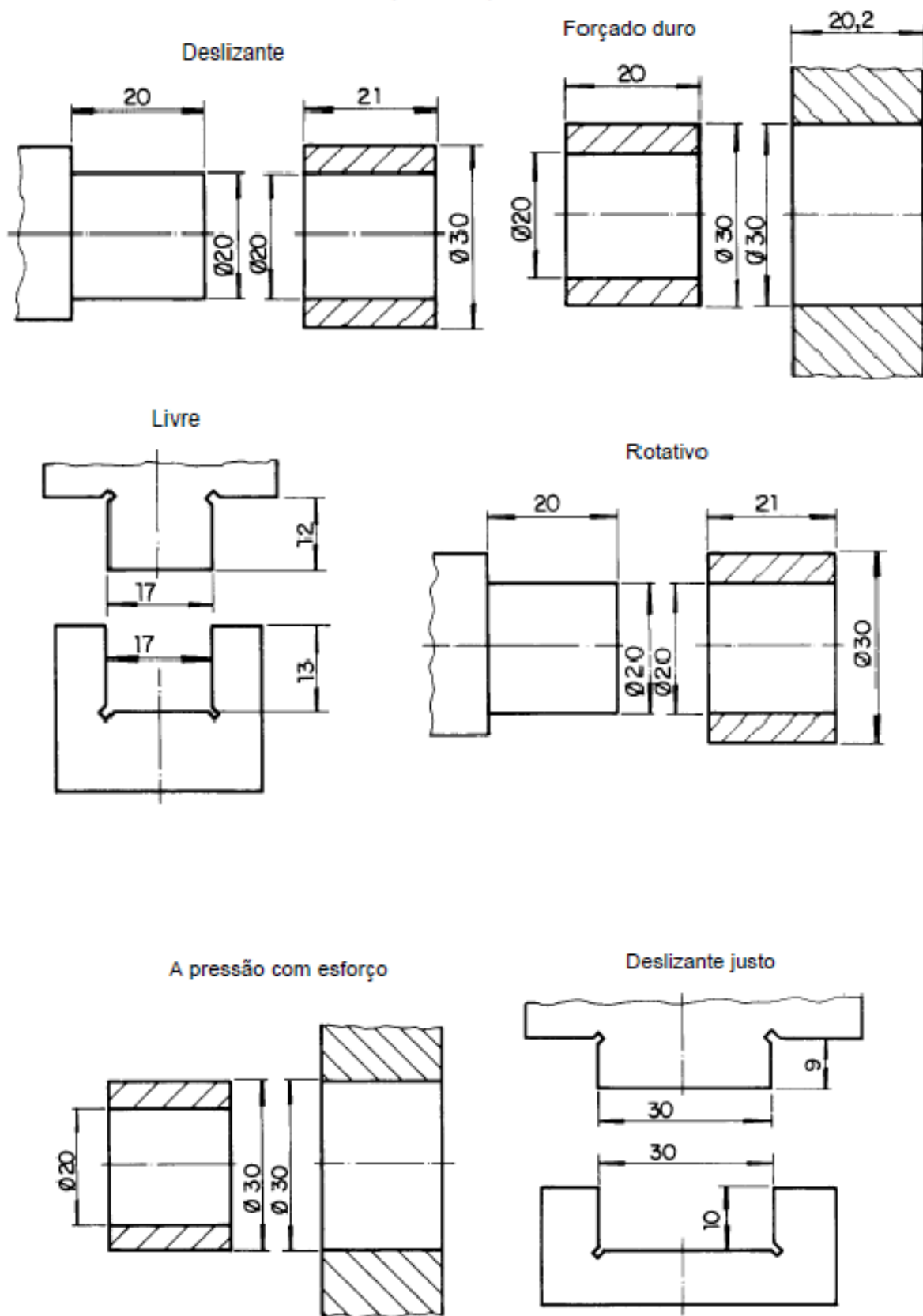


Referência da linha geratriz


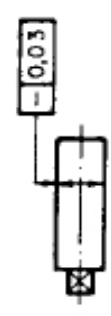


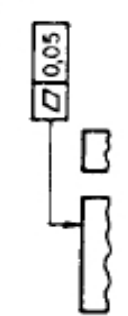


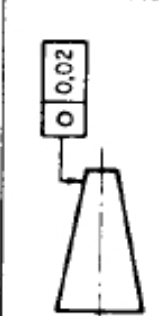

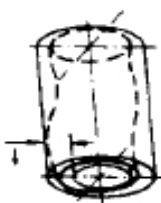
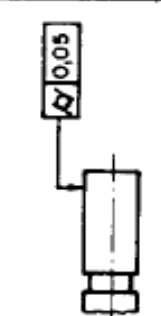




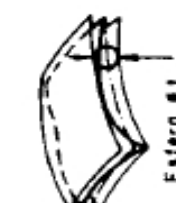
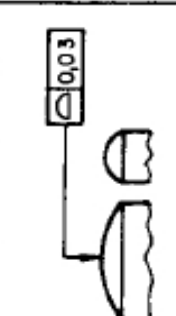
Caso a identificação esteja relacionada como uma superfície ou linha de contorno, a seta de identificação ou o triângulo de referência não devem ser colocados sobre a linha de cota.

Exercícios

- 1) Escreva, junto às cotas dos desenhos abaixo, as tolerâncias ISO-ABNT de acordo com os tipos de ajuste indicados.

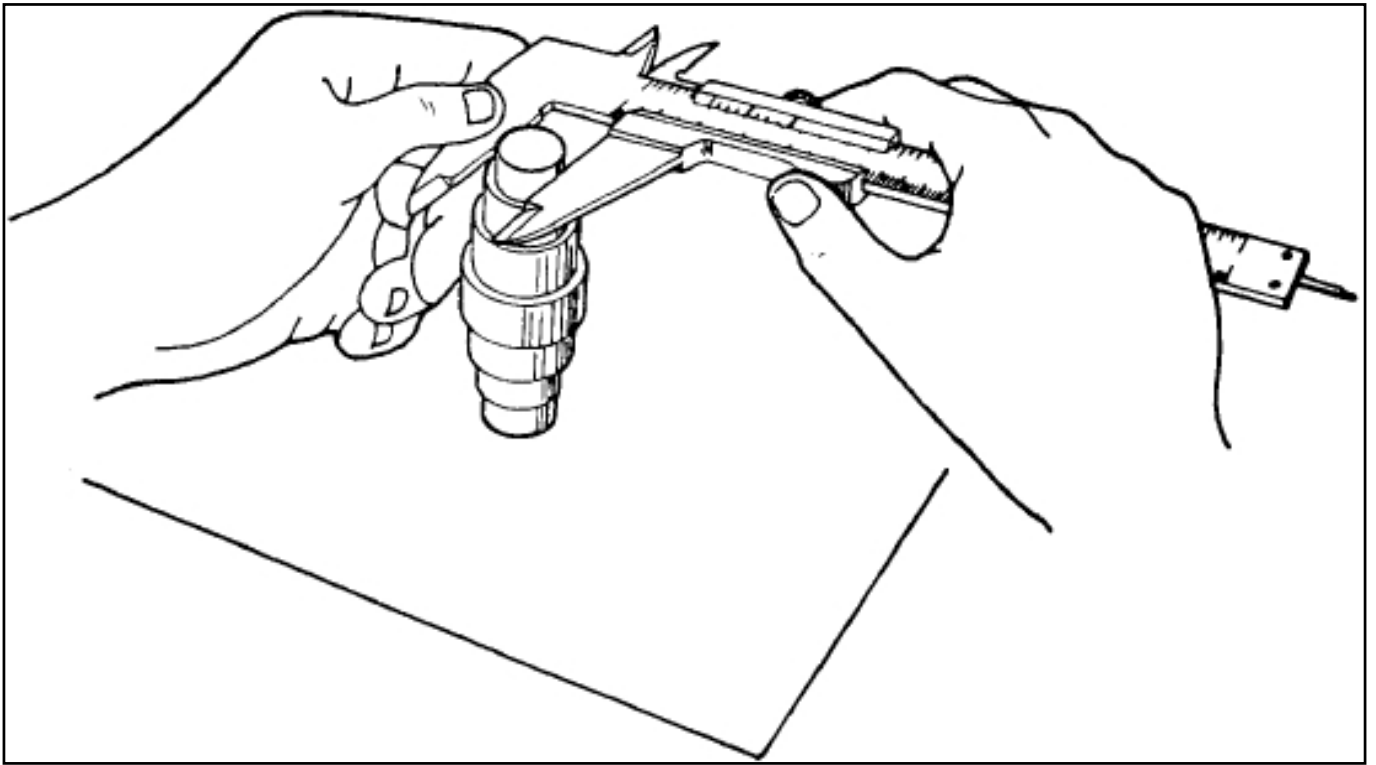


SÍMBOLOS DE TOLERÂNCIA E CARACTERÍSTICAS TOLERADAS		EXEMPLOS DE APLICAÇÃO		
		Zona de tolerância	Inscrição no desenho	Interpretação
POSICÃO	Orientação			O eixo tolerado deve estar dentro de um cilindro de diâmetro $t=0,1$ paralelo ao eixo de referência.
				O eixo do cilindro deve estar incluído entre duas retas distantes de $t=0,05$ perpendiculares ao plano de referência.
				O eixo de furação deve estar incluído entre duas linhas paralelas distantes de $t=0,1$ e formando com o plano de referência um ângulo de 60° .
SITUAÇÃO				O eixo do furo deve estar incluído dentro de um cilindro de diâmetro $t=0,05$ cujo eixo está na posição geometricamente exata, especificada pelas cotas marcadas.
				O eixo de simetria do parte tolerada da árvore deve estar incluído dentro de um cilindro de diâmetro $t=0,03$ cujo eixo coincide com o eixo de referência.
				O plano médio do canal deve estar entre dois planos paralelos distantes de $t=0,08$ e também simetricamente em relação ao plano médio de referência.
Balanço				Numa revolução completa da peça em torno do eixo de referência A, o balanço axial da superfície frontal não deve superar o valor da tolerância $t=0,02$.

SÍMBOLOS DE TOLERÂNCIA E CARACTERÍSTICAS TOLERADAS		EXEMPLOS DE APLICAÇÃO		
		Zona de tolerância	Inscrição no desenho	Interpretação
—	LINEARIDADE De uma linha ou de um eixo.			O eixo do parte cilíndrica da peça deve estar dentro de um cilindro de $\phi 1 = 0,03$.
	PLANICIDADE De uma superfície.			O plano tolerado deve estar entre dois planos paralelos de distância $t = 0,05$.
	CIRCULARIDADE De um disco, de um cilindro, de um cone etc.			A linha de circunferência de cada seção deve estar dentro de um anel circular de espessura $t = 0,02$.
	CILINDRICIDADE			A superfície tolerada deve estar incluída entre dois cilindros coaxiais cujos raios diferem de $t = 0,05$.
	FORMA DE UMA LINHA QUALQUER (Perfil ou contorno)			O perfil tolerado deve estar entre duas evolventes onde a distância está limitada por círculos de $\phi 1 = 0,08$. Os centros dos círculos devem estar contidos na linha teoricamente exata.
	FORMA DE UMA SUPERFÍCIE QUALQUER	 Esfera $\phi 1$		A superfície tolerada deve estar incluída entre dois planos evolventes, cuja distância está limitada por esferas de $\phi 1 = 0,03$. Os centros dessas esferas estão contidos sobre o plano teoricamente exato.

FORMA

Mecânica Metrologia



Conceito - Finalidade do controle medição - Método – Instrumento e Operador - Laboratório de Metrologia

Metrologia

A metrologia aplica-se a todas as grandezas determinadas e, em particular, às dimensões lineares e angulares das peças mecânicas. Nenhum processo de usinagem permite que se obtenha rigorosamente uma dimensão prefixada. Por essa razão, é necessário conhecer a grandeza do erro tolerável, antes de se escolherem os meios de fabricação e controle convenientes.

Finalidade do Controle

O controle não tem por fim somente reter ou rejeitar os produtos fabricados fora das normas; destina-se, antes, a orientar a fabricação, evitando erros. Representa, por conseguinte, um fator importante na redução das despesas gerais e no acréscimo da produtividade.

Um controle eficaz deve ser total, isto é, deve ser exercido em todos os estágios de transformação da matéria, integrando-se nas operações depois de cada fase de usinagem.

Todas as operações de controle dimensional são realizadas por meio de aparelhos e instrumentos; devem-se, portanto, controlar não somente as peças fabricadas, mas também os aparelhos e instrumentos verificadores:

- de desgastes, nos verificadores com dimensões fixas;
- de regulagem, nos verificadores com dimensões variáveis;

Isto se aplica também às ferramentas, aos acessórios e às máquinas-ferramentas utilizadas na fabricação.

Método, Instrumento e Operador

Um dos mais significativos índices de progresso, em todos os ramos da atividade humana, é a perfeição dos processos metrológicos que neles se empregam. Principalmente no domínio da técnica, a Metrologia é de importância transcendental.

O sucessivo aumento de produção e a melhoria de qualidade requerem um ininterrupto desenvolvimento e aperfeiçoamento na técnica de medição; quanto maiores são as necessidades de aparatos, ferramentas de medição e elementos capazes.

Na tomada de quaisquer medidas, devem ser considerados três elementos fundamentais: o método, o instrumento e o operador.

Método

a) Medição Direta

Consiste em avaliar a grandeza por medir, por comparação direta com instrumentos, aparelhos e máquinas de medir.

Esse método é, por exemplo, empregado na confecção de peças-protótipos, isto é, peças originais utilizadas como referência, ou, ainda, quando o número de peças por executar for relativamente pequeno.

b) Medição Indireta por Comparação

Medir por comparação é determinar a grandeza de uma peça com relação a outra, de padrão ou dimensão aproximada; daí a expressão: medição indireta.

Os aparelhos utilizados são chamados **indicadores** ou **comparadores-amplificadores**, os quais, para facilitarem a leitura, amplificam as diferenças constatadas, por meio de processos mecânicos ou físicos (amplificação mecânica, ótica, pneumática, etc.).

Instrumentos de Medição

A exatidão relativas das medidas depende, evidentemente, da qualidade dos instrumentos de medição empregados. Assim, a tomada de um comprimento com um metro defeituoso dará resultado duvidoso, sujeito a contestações. Portanto, para a tomada de uma medida, é indispensável que o instrumento esteja aferido e que a sua aproximação permita avaliar a grandeza em causa, com a precisão exigida.

Operador

O operador é, talvez, dos três, o elemento mais importante. É ele a parte inteligente na apreciação das medidas. De sua habilidade depende, em grande parte, a precisão conseguida. Um bom operador, servindo-se de instrumentos relativamente débeis, consegue melhores resultados do que um operador inábil com excelentes instrumentos.

Deve, pois, o operador, conhecer perfeitamente os instrumentos

que utiliza, ter iniciativa para adaptar às circunstâncias o método mais aconselhável e possuir conhecimentos suficientes para interpretar os resultados encontrados.

Laboratório de Metrologia

Nos casos de medição de peças muito precisas, torna-se necessário uma climatização do local; esse local deve satisfazer às seguintes exigências:

- 1 - temperatura constante;
- 2 - grau higrométrico correto;
- 3 - ausência de vibrações e oscilações;
- 4 - espaço suficiente;
- 5 - boa iluminação e limpeza.

1 - Temperatura, Umidade, Vibração e Espaço

A Conferência Internacional do Ex-Comite I.S.A. fixou em 20°C a temperatura de aferição dos instrumentos destinados a verificar as dimensões ou formas.

Em conseqüência, o laboratório deverá ser mantido dentro dessa temperatura, sendo tolerável à variação de mais ou menos 1°C; para isso, faz-se necessária a instalação de reguladores automáticos. A umidade relativa do ar não deverá ultrapassar 55%; é aconselhável instalar um higróstico (aparelho regulador de umidade); na falta deste, usa-se o CLORETO DE CÁLCIO INDUSTRIAL, cuja propriedade química retira cerca de 15% da umidade relativa do ar.

Para se protegerem as máquinas e aparelhos contra vibração do prédio, forra-se a mesa com tapete de borracha, com espessura de 15 a 20mm, e sobre este se coloca chapa de aço, de 6mm.

No laboratório, o espaço deve ser suficiente para acomodar em armários todos os instrumentos e, ainda, proporcionar bem-estar a todos que nele trabalham.

2 - Iluminação e Limpeza

A iluminação deve ser uniforme, constante e disposta de maneira que evite ofuscamento. Nenhum dispositivo de precisão deve estar exposto ao pó, para que não haja desgastes e para que as partes óticas não fiquem prejudicadas por constantes limpezas. O local de trabalho deverá ser o mais limpo e organizado possível, evitando-se que as peças fiquem umas sobre as outras.

Unidades Dimensionais Lineares

Sistema Métrico Decimal

Histórico: O metro, unidade fundamental do sistema métrico, criado na França em 1795, é praticamente igual à décima milionésima parte do quarto do meridiano terrestre (fig.1); esse valor, escolhido por apresentar caráter mundial, foi dotado, em 20 de maio de 1875, como unidade oficial de medidas por dezoito nações.



$AB = \frac{1}{4}$ do meridiano

Observação: A 26 de junho de 1862, a lei imperial nº 1.157 adotava, no Brasil, o sistema métrico decimal.

Metro Padrão Universal

O metro-padrão universal é a distância materializada pela gravação de dois traços no plano neutro de uma barra de liga bastante estável, composta de 90% de platina e 10% de irídio, cuja secção, de máxima rigidez, tem a forma de um X (fig.2).

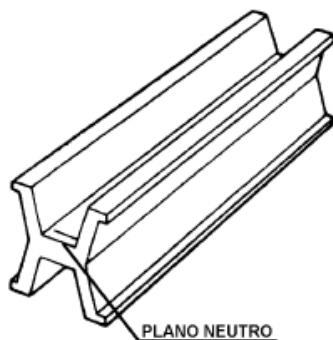


Fig.2

Múltiplos e Submúltiplos do Metro

Terâmetro	- Tm	- 10^{12}	- 1 000 000 000 000m
Gigâmetro	- Gm	- 10^9	- 1 000 000 000m
Megâmetro	- Mm	- 10^6	- 1 000 000m
Quilômetro	- Km	- 10^3	- 1 000m
Hectômetro	- Hm	- 10^2	- 100m
Decâmetro	- Dam	- 10^1	- 10m
METRO (unidade)	- m	- 1	- 1m
decímetro	- dm	- 10^{-1}	- 0,1m
centímetro	- cm	- 10^{-2}	- 0,01m
milímetro	- mm	- 10^{-3}	- 0,001m
micrômetro	- μm	- 10^{-6}	- 0,000 001m
nanômetro	- nm	- 10^{-9}	- 0,000 000 001m
picômetro	- pm	- 10^{-12}	- 0,000 000 000 001m
femtômetro	- fm	- 10^{-15}	- 0,000 000 000 000 001m
attômetro	- am	- 10^{-18}	- 0,000 000 000 000 000 001m

Paquímetro

Utilizado para a medição de peças, quando a quantidade não justifica um instrumental específico e a precisão requerida não desce a menos de $0,02\text{mm}$, $\frac{1''}{128}$

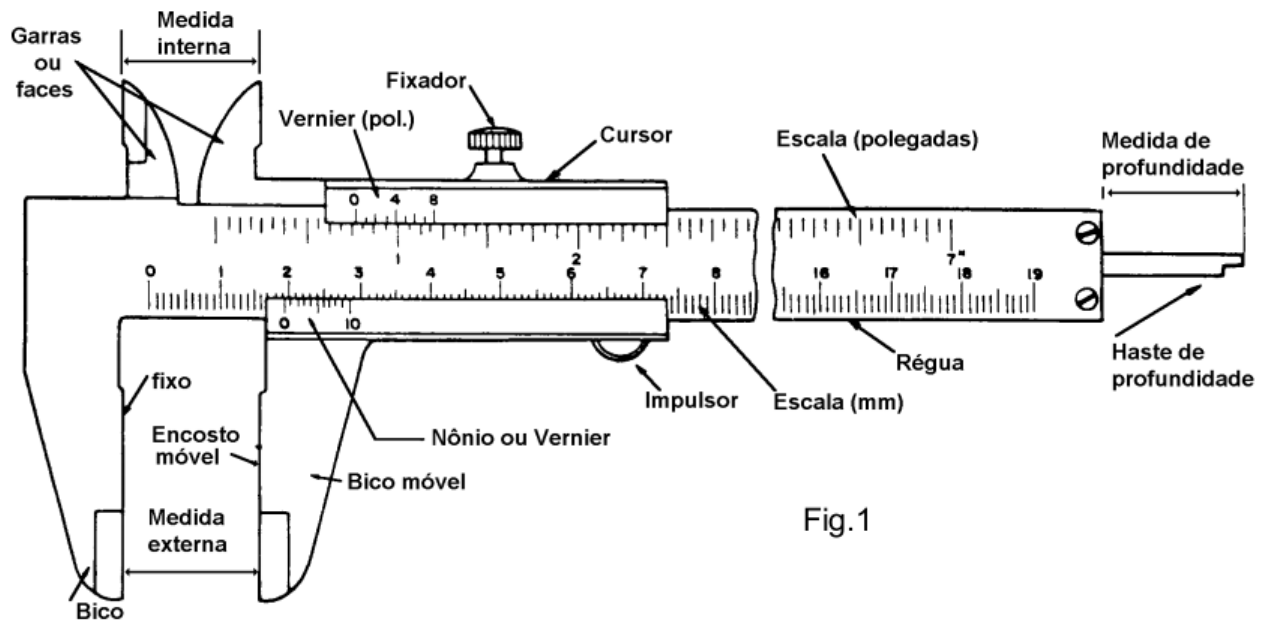


Fig.1

É um instrumento finamente acabado, com as superfícies planas e polidas. O cursor é ajustado à régua, de modo que permita a sua livre movimentação com um mínimo de folga. Geralmente é construído de aço inoxidável, e suas graduações referem-se a 20°C . A escala é graduada em milímetro e polegadas, podendo a polegada ser fracionária ou milesimal. O cursor é provido de uma escala, chamada nônio ou vernier, que se desloca em frente às escalas da régua e indica o valor da dimensão tomada.

Princípio do Nônio

A escala do cursor, chamada **Nônio** (designação dada pelos portugueses em homenagem a Pedro Nunes, a quem é atribuída sua invenção) ou **Vernier** (denominação dada pelos franceses em homenagem a Pierre Vernier, que eles afirmam ser o inventor), consiste na divisão do valor **N** de uma escala graduada fixa por **N.1** (n° de divisões) de uma escala graduada móvel (fig.2).

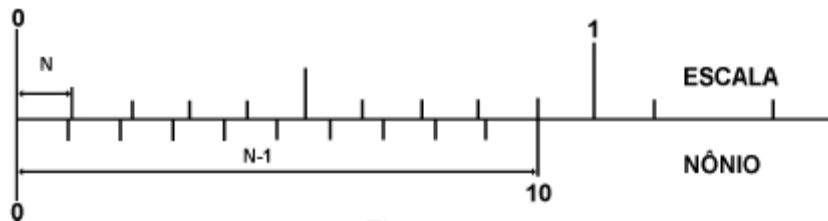


Fig.2

Tomando o comprimento total do nônio, que é igual a 9mm (fig.2), e dividindo pelo n° de divisões do mesmo (10 divisões), concluímos que cada intervalo da divisão do nônio mede 0,9mm (fig.3).

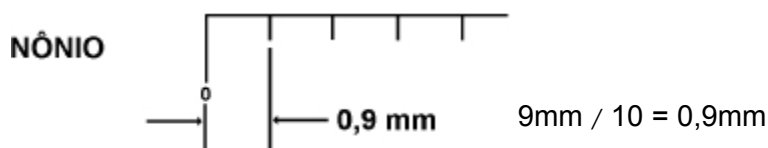


Fig.3

Observando a diferença entre uma divisão da escala fixa em uma divisão do nônio (fig.4), concluímos que cada divisão do nônio é menor 0,1mm do que cada divisão da escala fixa. Essa diferença é também a aproximação máxima fornecida pelo instrumento.

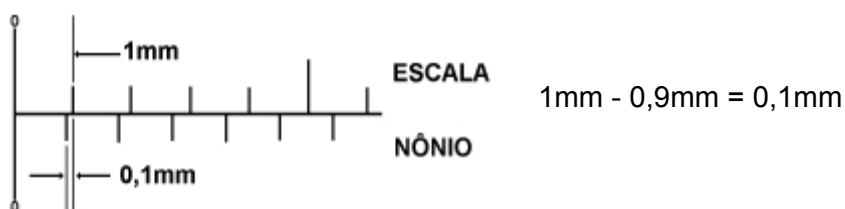
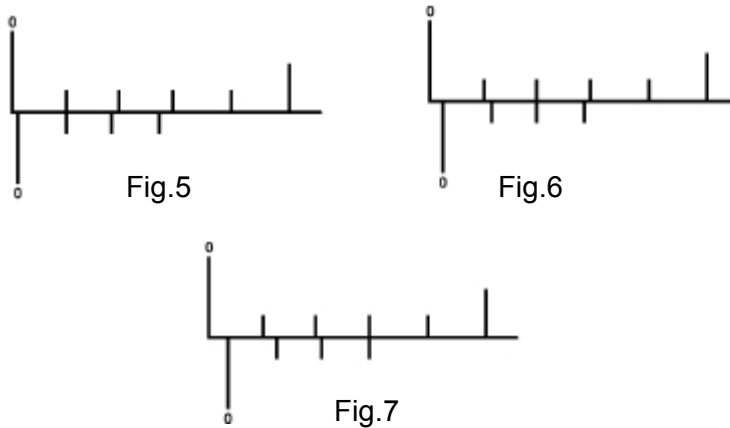


Fig.4

Assim sendo, se fizermos coincidir o 1º traço do nônio com o da escala fixa, o paquímetro estará aberto em 0,1mm (fig.5), coincidindo o 2º traço com 0,2mm (fig.6), o 3º traço com 0,3mm (fig.7) e assim sucessivamente.



Cálculo de Aproximação (Sensibilidade)

Para se calcular a aproximação (também chamada sensibilidade) dos paquímetros, dividi-se o menor valor da escala principal (escala fixa), pelo número de divisões da escala móvel (nônio).

A aproximação se obtém, pois, com a fórmula:

$$a = \frac{e}{n}$$

a = aproximação

e = menor valor da escala principal (Fixa)

n = número de divisões do nônio (Vernier)

Exemplo: (fig.8)

e = 1mm

n = 20 divisões

$$a = \frac{1\text{mm}}{20}$$

0,05mm

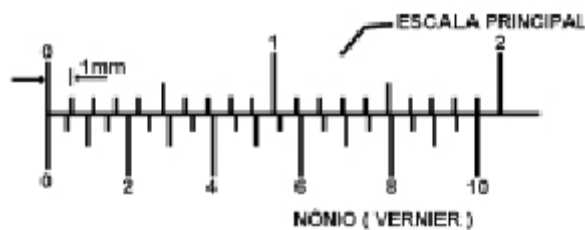


Fig.8

Observação: O cálculo de aproximação obtido pela divisão do menor valor da escala principal pelo número de divisões do nônio, é aplicado a todo e qualquer instrumento de medição possuidor de nônio, tais como: paquímetro, micrômetro, goniômetro, etc.

ERROS DE LEITURA - São causados por dois fatores:

- a) paralaxe;
- b) pressão de medição.

Paralaxe

O cursor onde é gravado o nônio, por razões técnicas, tem uma espessura mínima **a**. Assim, os traços do nônio **TN** são mais elevados que os traços da régua **TM** (fig.9)

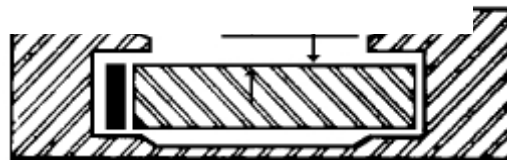


Fig.9

Colocando-se o paquímetro perpendicularmente a nossa vista e estando superpostos os traços **TN** e **TM**, cada olho projeta o traço **TN** em posições opostas (fig.10)

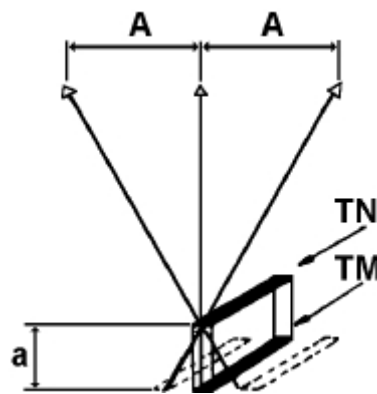


Fig.10

A maioria das pessoas possuem maior acuidade visual em um dos olhos, o que provoca erro de leitura.

Recomenda-se a leitura feita com um só olho, apesar das dificuldades em encontrar-se a posição certa.

Pressão de Medição

É a pressão necessária para se vencer o atrito do cursor sobre a régua, mais a pressão de contato com a peça por medir. Em virtude do jogo do cursor sobre a régua, que é compensado pela mola **F** (fig.11), a pressão pode resultar numa inclinação do cursor em relação à perpendicular à régua (fig.12). Por outro lado, um cursor muito duro elimina completamente a sensibilidade do operador, o que pode ocasionar grandes erros. Deve o operador regular a mola, adaptando o instrumento à sua mão.



Erros de Medição

Estão classificados em erros de influências objetivas e de influências subjetivas.

a) DE INFLUÊNCIAS OBJETIVAS:

São aqueles motivados pelo instrumento

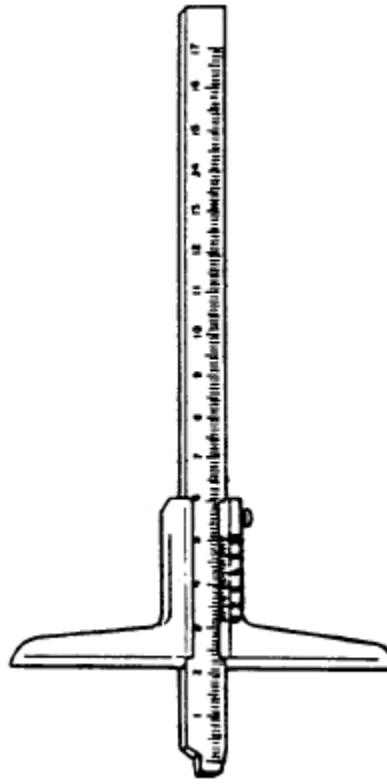
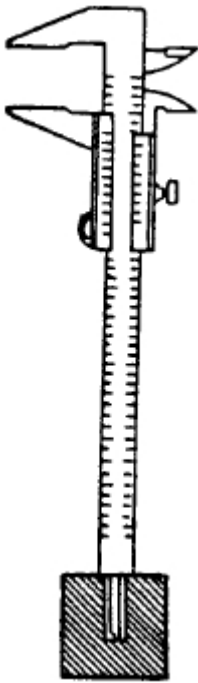
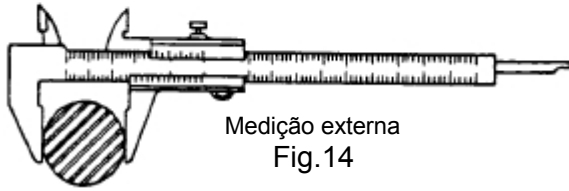
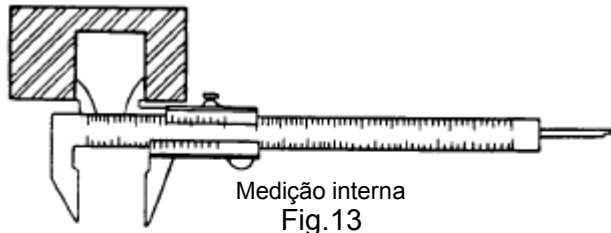
- erros de planidade;
- erros de paralelismo;
- erros da divisão da régua;
- erros da divisão do nôncio;
- erros da colocação em zero.

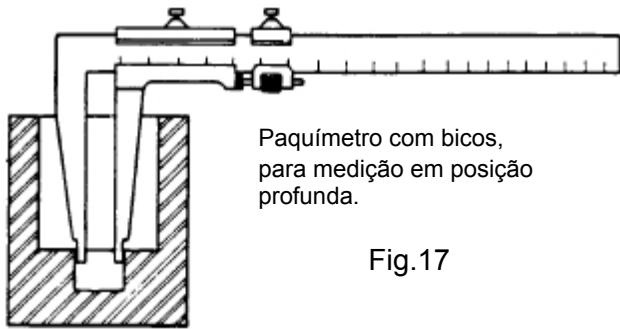
b) DE INFLUÊNCIAS SUBJETIVAS:

São aqueles causados pelo operador (erros de leitura).

Observação: Os fabricantes de instrumentos de medição fornecem tabelas de erros admissíveis, obedecendo às normas existentes, de acordo com a aproximação do instrumento

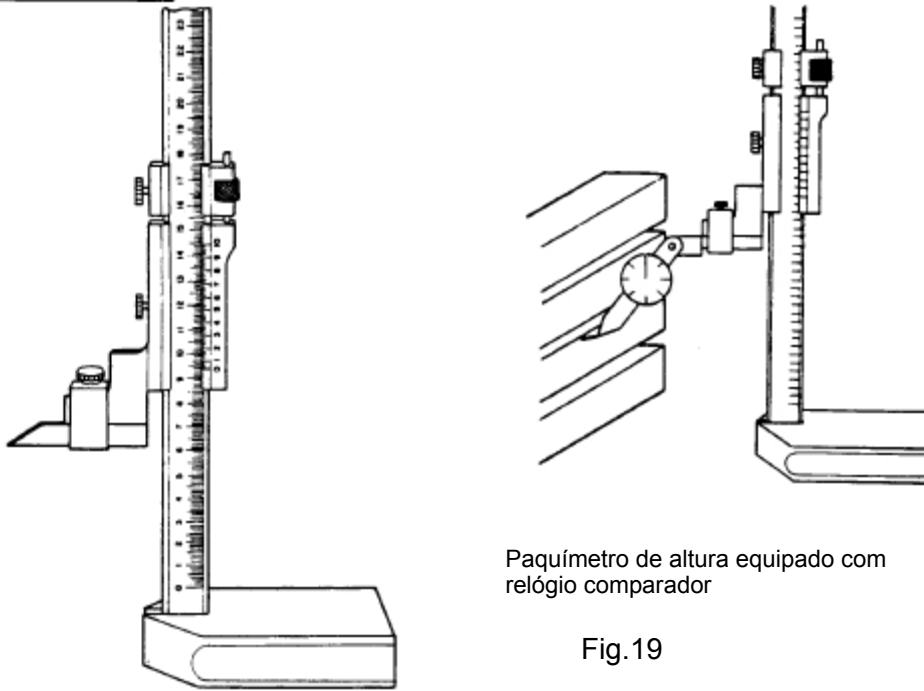
Dos diversos tipos de paquímetros existentes, mostramos alguns exemplos (figuras 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20):





Paquímetro com bicos,
para medição em posição
profunda.

Fig.17

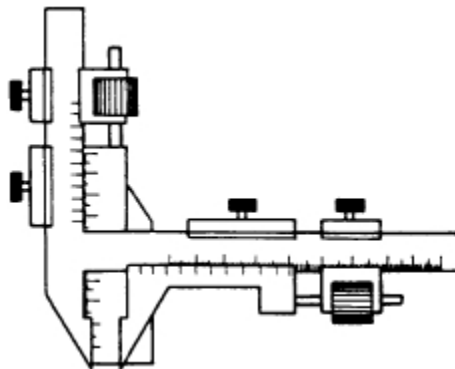


Paquímetro de altura equipado com
relógio comparador

Fig.19

Paquímetro de altura

Fig.18



Paquímetro de nônio duplo para medição de
espessura de dentro de engrenagem.

Fig.19

Medir Diâmetros Externos

Medir diâmetro externo é uma operação frequentemente realizada pelo Inspetor de Medição, a qual deve ser feita corretamente, a fim de se obter uma medida precisa e sem se danificar o instrumento de medição.

Processo de Execução

1º) Passo: POSICIONE O PADRÃO.

- a. Observe o número do padrão (fig.1).
- b. Apoie o padrão sobre a mesa, com a face numerada para baixo ao lado esquerdo da folha de tarefa (fig.2).

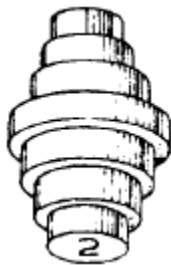


Fig.1

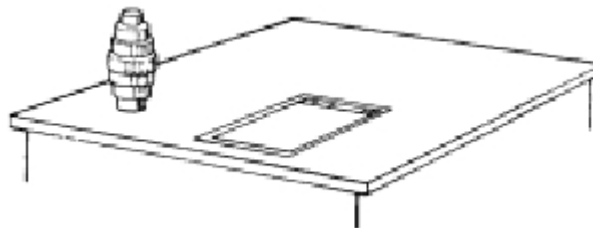


Fig.2

2º) Passo: SEGURE O PAQUÍMETRO.

Observação: Utilize a mão direita (fig.3).

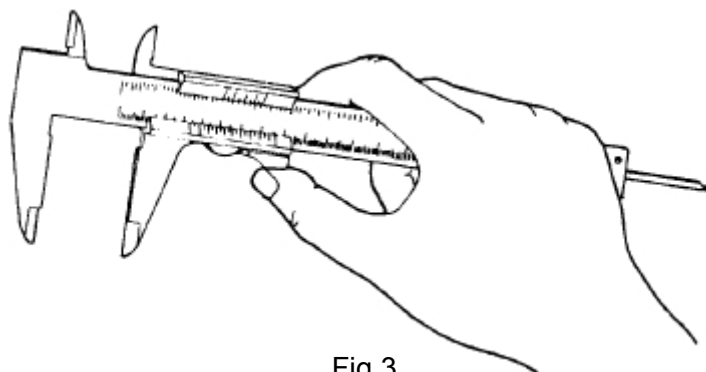


Fig.3

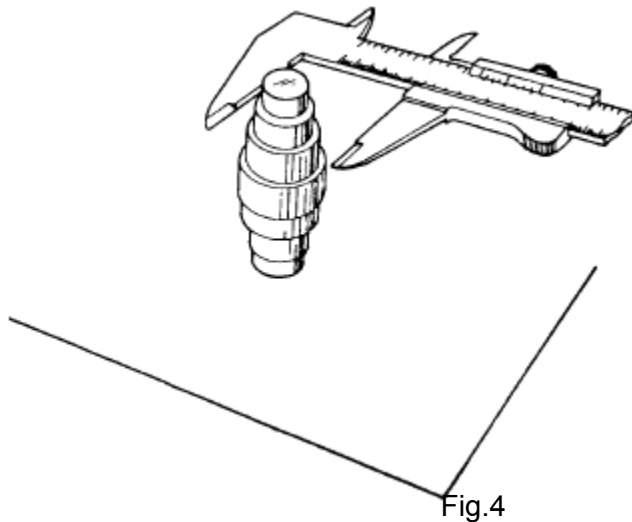
3º) Passo: FAÇA A LIMPEZA DOS ENCOSTOS.

Observação: Utilize uma folha de papel limpo.

- a. Desloque o cursor do paquímetro.
- b. Coloque a folha de papel entre os encostos.
- c. Feche o paquímetro até que a folha de papel fique presa entre os encostos.
- d. Desloque a folha de papel para baixo.

4º) Passo: FAÇA A PRIMEIRA MEDIDA.

- a. Desloque o cursor, até que o encosto apresente uma abertura maior que a primeira medida por fazer no padrão.
- b. Encoste o centro do encosto fixo em uma das extremidades do diâmetro por medir (fig.4).



- c. Feche o paquímetro suavemente, até que o encosto móvel toque a outra extremidade do diâmetro.
- d. Exerça uma pressão suficiente para manter a peça ligeiramente presa entre os encostos.
- e. Posicione os encostos do paquímetro na peça, de maneira que estejam no plano de medição

- f. Utilize a mão esquerda, para melhor sentir o plano de medição (fig.5).

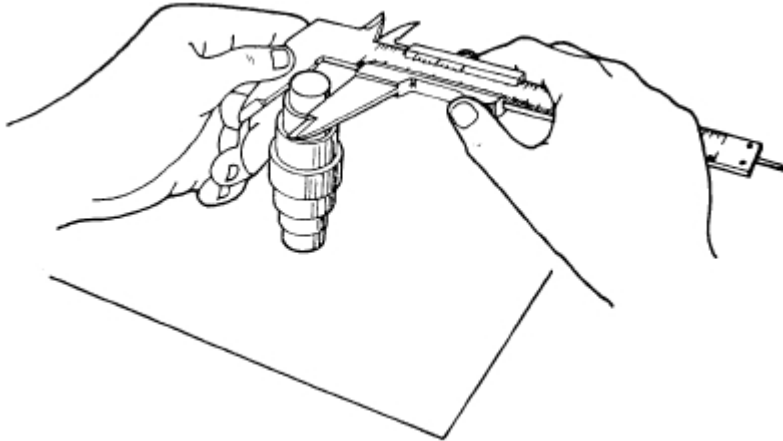


Fig.5

- g. Faça a leitura da medida.
h. Abra o paquímetro e retire-o da peça, sem que os encostos a toquem.
i. Registre a medida feita na folha de tarefa, no local indicado, de acordo com o número do padrão.

5º) Passo: COMPLETE A MEDIÇÃO DOS
DEMAIS DIÂMETROS.

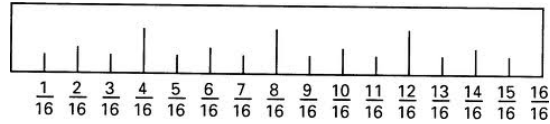
- a. Repita todos os subpassos do 4º Passo.

6º) Passo: FAÇA A MEDIÇÃO DOS DEMAIS PADRÕES.

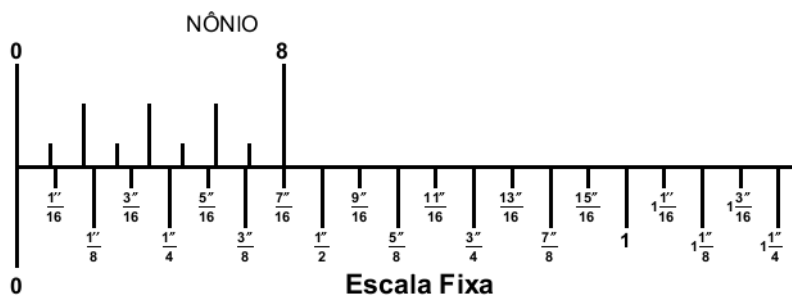
- a. Troque o padrão por outro de número diferente.

Paquímetro - Sistema Inglês Ordinário

Escala 1" dividida em 16 partes iguais



Para efetuarmos leitura de medidas em um paquímetro do sistema inglês ordinário, faz-se necessário conhecermos bem todos os valores dos traços da escala (fig.1).



Valor de cada traço da escala fixa = $\frac{1''}{16}$

Fig.1

Assim sendo, se deslocarmos o cursor do paquímetro até que o traço zero do nônio coincida com o primeiro traço da escala fixa, a leitura da medida será $\frac{1}{16}''$, no segundo traço, $\frac{1}{8}''$, no décimo traço, $\frac{5}{8}''$

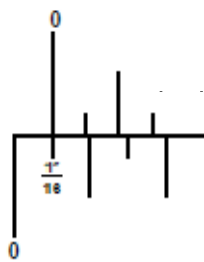


Fig.2

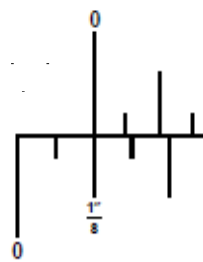


Fig.3

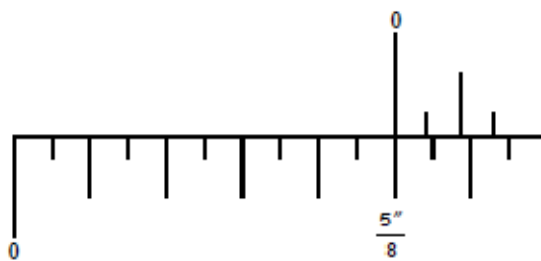


Fig.4

Uso do Vernier (Nônio)

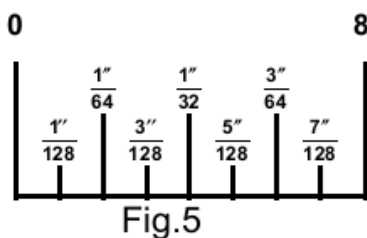
Através do nônio podemos registrar no paquímetro várias outras frações da polegada, e o primeiro passo será conhecer qual a aproximação (sensibilidade) do instrumento.

$$a = \frac{e}{n} \quad a = 1/16 : 8 = 1/16 \times 1/8 = 1/128''$$

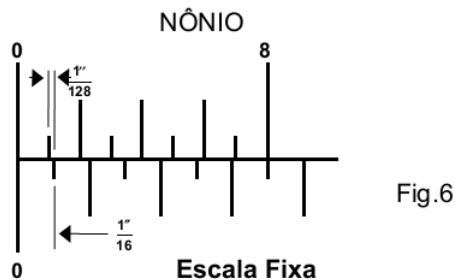
$$e = 1/16'' \quad a = 1/128''$$

$$n = 8 \text{ divisões}$$

Sabendo que o nônio possui 8 divisões, sendo a aproximação do paquímetro $1/128''$, podemos conhecer o valor dos demais traços (fig.5).

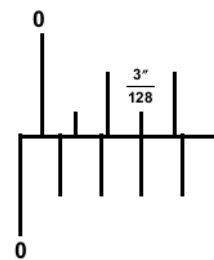
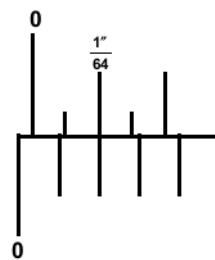
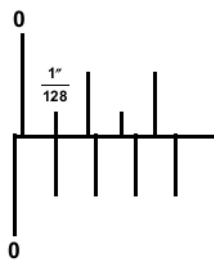


Observando a diferença entre uma divisão da escala fixa e uma divisão do nônio (fig.6), concluímos que cada divisão do nônio é menor $1/128''$ do que cada divisão da escala fixa.



Assim sendo, se deslocarmos o cursor do paquímetro até que o primeiro traço do nônio coincida com o da escala fixa, a leitura da medida será $1/128''$, o segundo traço $1/64''$ o terceiro traço $3/128''$, o quarto traço $1/32''$, e assim sucessivamente.

Assim sendo, se deslocarmos o cursor do paquímetro até que o primeiro traço do nônio coincida com o da escala fixa, a leitura da medida será $1/128''$ (fig.7), o segundo traço $1/64''$ (fig.8) o terceiro traço $3/128''$ (fig.9), o quarto traço $1/32''$, e assim sucessivamente.



Observação: Para a colocação de medidas, assim como para leituras de medidas feitas em paquímetro do sistema

Inglês ordinário, utilizaremos os seguintes processos:

Processo para a Colocação de Medidas

1º) Exemplo: Colocar no paquímetro a medida $33/128''$.

Divide-se o numerador da fração pelo ultimo algarismo do denominador.

$$\frac{33}{128} \div \frac{33}{1} \left| \frac{8}{4} \right.$$

O quociente encontrado na divisão será o número de traços por deslocar na escala fixa pelo zero do nônio (4 traços). O resto encontrado na divisão será a concordância do nônio, utilizando-se o denominador da fração pedida (128), (fig. 10).



Fig.10

2º) Exemplo: Colocar no paquímetro a medida $45/64''$ (fig. 11).

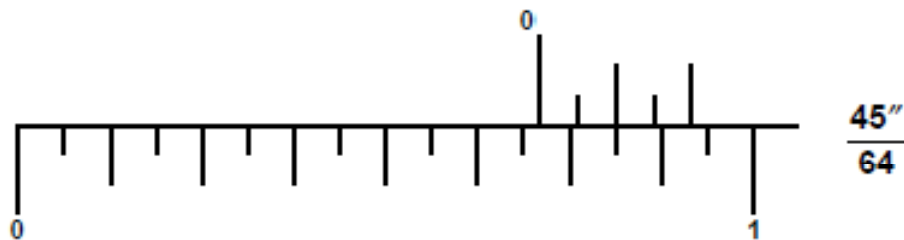


Fig.11

$$\frac{45}{64} \div \frac{45}{05} \left| \frac{4}{11} \right.$$

← número de traços a deslocar pelo zero do nônio na escala fixa.

→ concordância do nônio utilizando o denominador da fração pedida.

Processo para a Leitura de Medidas

1º) Exemplo: Ler a medida da figura 12.

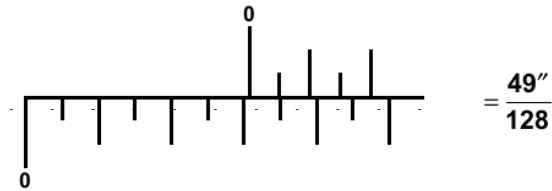


Fig.12

Multiplica-se o número de traços da escala fixa ultrapassados pelo zero do nônio, pelo último algarismo do denominador da concordância do nônio. O resultado da multiplicação soma-se com o numerador, repetindo-se o denominador da concordância .

$$\begin{array}{r} + \\ \boxed{6} \quad \downarrow 1 \\ \hline \frac{49''}{128} = \frac{49''}{128} \end{array}$$

x

2º) Exemplo: Ler a medida da figura 13.

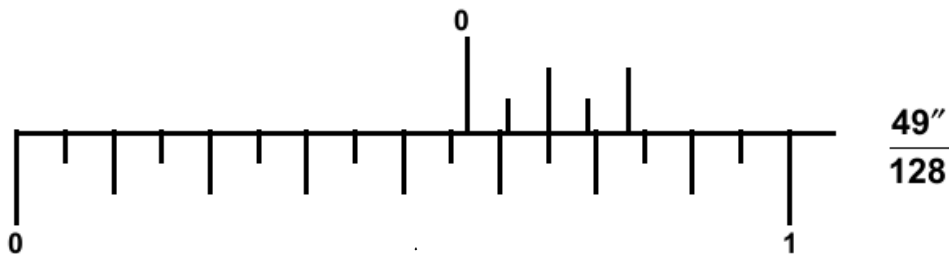


Fig.13

$$\begin{array}{r} + \\ \boxed{9} \quad \downarrow 1 \\ \hline \frac{37''}{64} = \frac{37''}{64} \end{array}$$

x

Número de traços da escala fixa ultrapassados pelo zero do nônio

Concordância do nônio.

Leitura da medida.

3º) Exemplo: Ler a medida da figura 14.

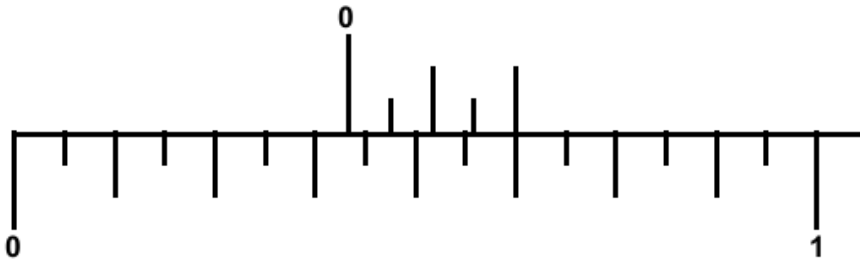
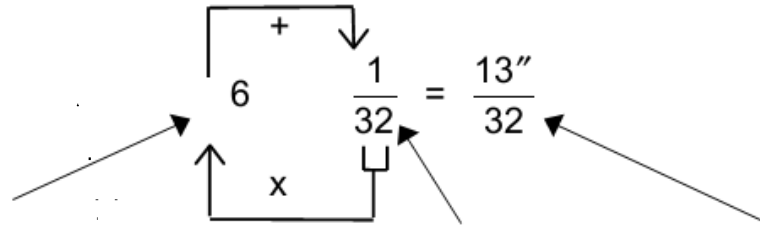


Fig.14



Número de traços da escala fixa ultrapassados pelo zero do nônio

Concordância do nônio.

Leitura da medida.

4º) Exemplo: Ler a medida da figura 15.

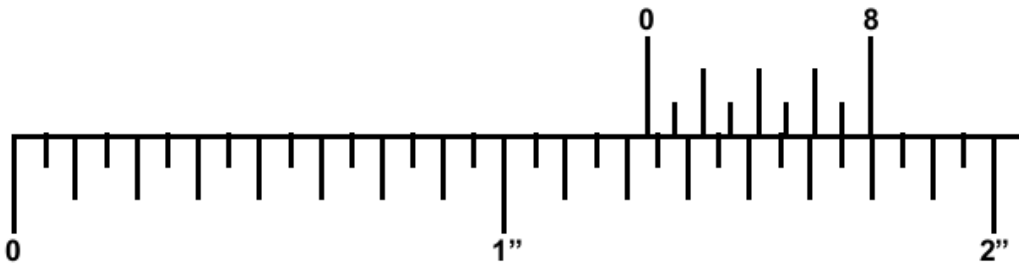
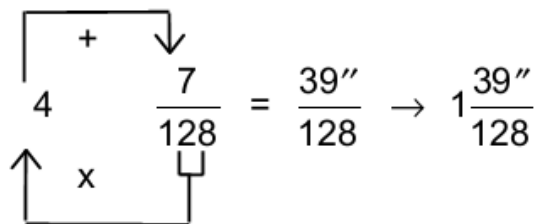
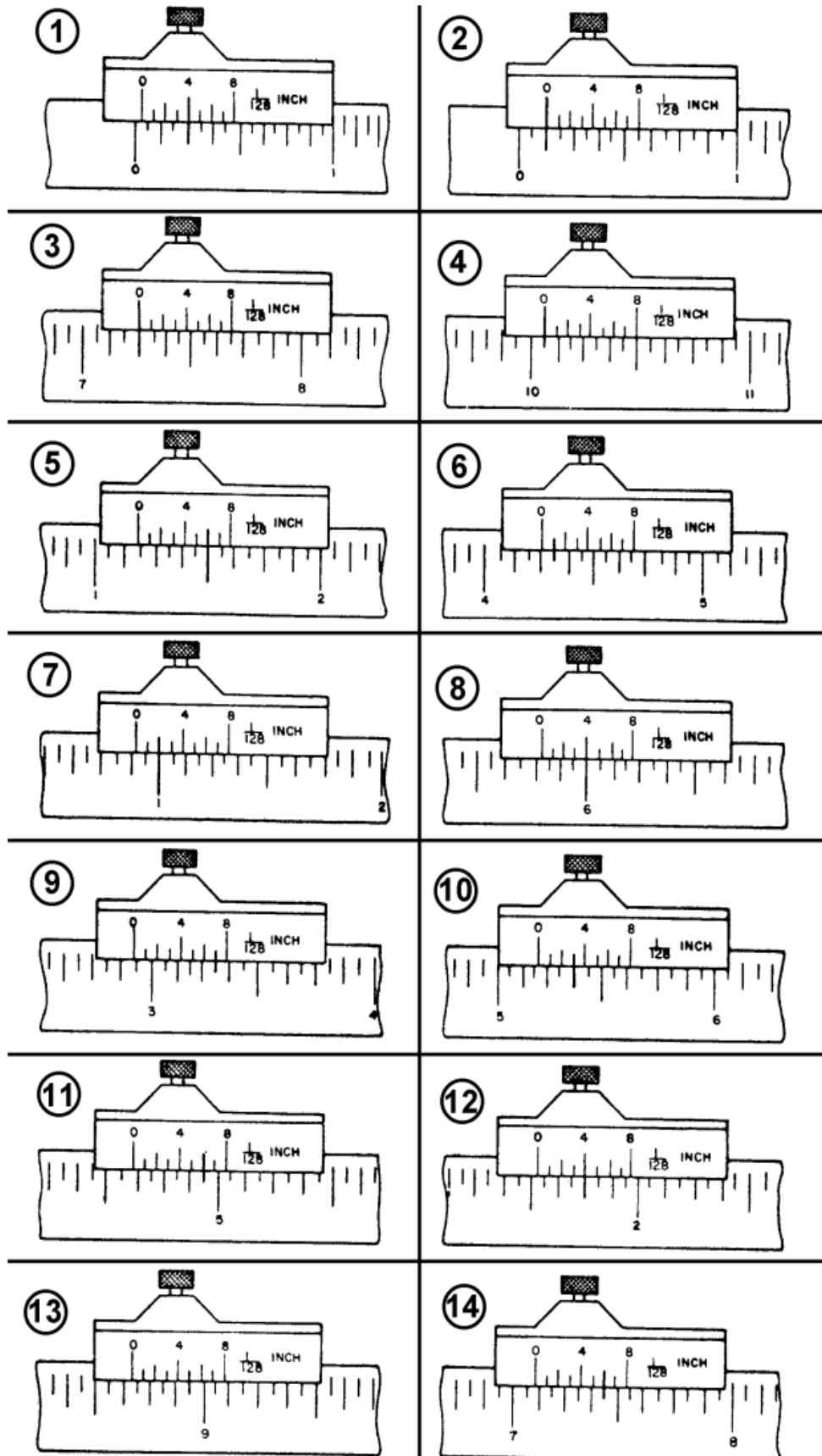


Fig.15

Observação: Em medidas como as do exemplo da figura 15, abandonamos a parte inteira e fazemos a contagem dos traços, como se iniciássemos a operação. Ao final da aplicação do processo, incluímos a parte inteira antes da fração encontrada.



Exercício de Leitura (Paquímetro, Sistema Inglês Ordinário)



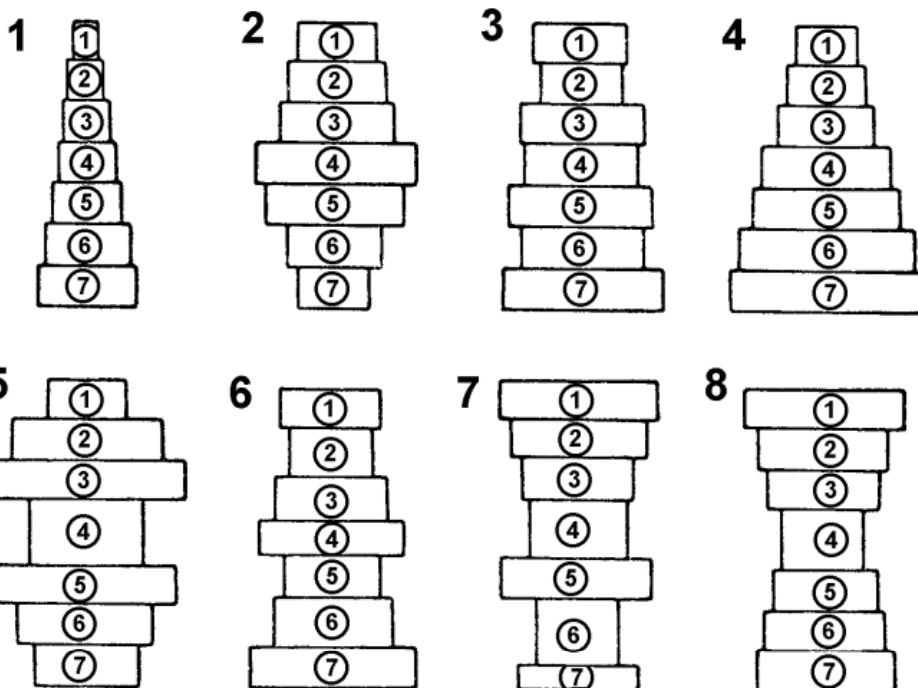
1		5		9		13	
2		6		10		14	
3		7		11			
4		8		12			

Exercício de Diâmetros Externos

INSTRUMENTO:

APROXIMAÇÃO DO INSTRUMENTO:

EXAMINANDO: Cilindro-padrão.



PADRÃO - Nº 1			PADRÃO - Nº 2			PADRÃO - Nº 3			PADRÃO - Nº 4		
MEDIDAS			MEDIDAS			MEDIDAS			MEDIDAS		
ORD.	LEITURA	UNID.	ORD.	LEITURA	UNID.	ORD.	LEITURA	UNID.	ORD.	LEITURA	UNID.
1			1			1			1		
2			2			2			2		
3			3			3			3		
5			5			5			5		
6			6			6			6		
7			7			7			7		

PADRÃO - Nº 5			PADRÃO - Nº 6			PADRÃO - Nº 7			PADRÃO - Nº 8		
MEDIDAS			MEDIDAS			MEDIDAS			MEDIDAS		
ORD.	LEITURA	UNID.	ORD.	LEITURA	UNID.	ORD.	LEITURA	UNID.	ORD.	LEITURA	UNID.
1			1			1			1		
2			2			2			2		
3			3			3			3		
5			5			5			5		
6			6			6			6		
7			7			7			7		

Leitura da Escala Fixa

Paquímetro - Sistema Métrico Decimal

Leitura da Escala Fixa

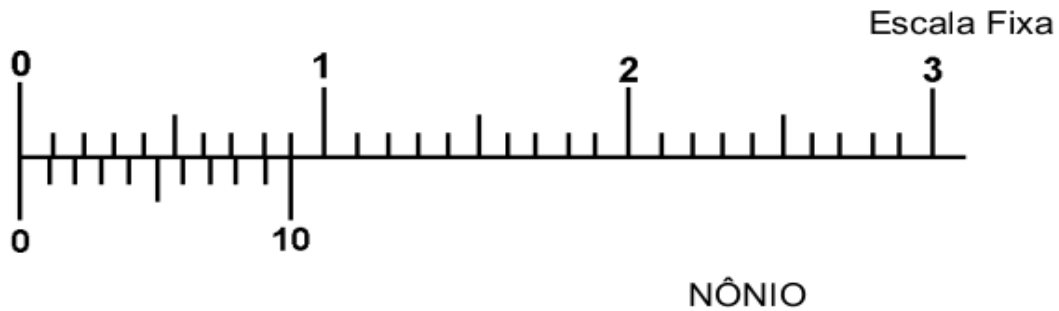


Fig.1

Valor de cada traço da escala fixa = 1mm

Fig.1

Valor de cada traço da escala fixa = 1mm (fig.1)

Daí concluímos que, se deslocarmos o cursor do paquímetro até que o zero do nônio coincida com o primeiro traço da escala fixa, a leitura da medida será 1mm (fig.2), no segundo traço 2mm (fig.3), no terceiro traço 3mm (fig.4), no décimo sétimo traço 17mm (fig.5), e assim sucessivamente.

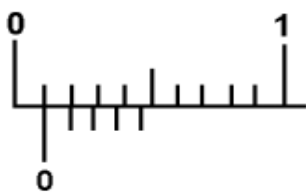


Fig.2



Fig.3



Fig.4



Fig.5

Uso do Vernier (Nônio)

De acordo com a procedência do paquímetro e o seu tipo, observamos diferentes aproximações, isto é, o nônio com número de divisões diferentes: 10, 20 e 50 divisões (fig.6).

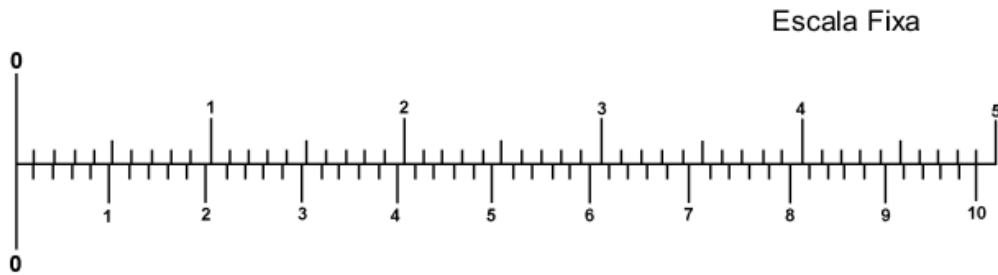


Fig.6

NÔNIO

Cálculo de Aproximação

$$a = \frac{e}{n}$$

$$a = \frac{1\text{mm}}{50}$$

$$a = 0,02\text{mm}$$

$$e = 1 \text{ mm}$$

$$n = 50 \text{ divisões}$$

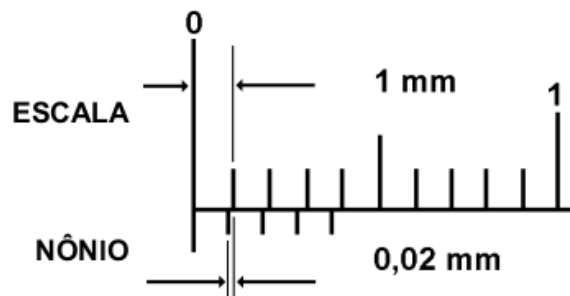


Fig.7

Cada divisão do nônio é menor 0,02mm do que cada divisão da escala (fig.7).

Se deslocarmos o cursor do paquímetro até que o primeiro traço do nônio coincida com o da escala, a medida será 0,02mm (fig.8), o segundo traço 0,04mm (fig.9), o terceiro traço 0,06mm (fig.10), o decimo sexto 0,32mm (fig.11).

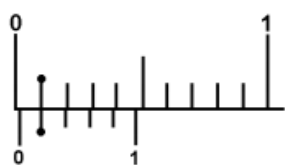


Fig.8



Fig.9



Fig.10

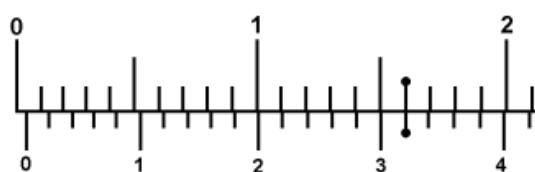


Fig.11

Leitura de Medidas

Conta-se o número de traços da escala fixa ultrapassados pelo zero do nônio (10mm) e, a seguir, faz-se a leitura da concordância do nônio (0,08mm). A medida será 10,08mm (fig.12).

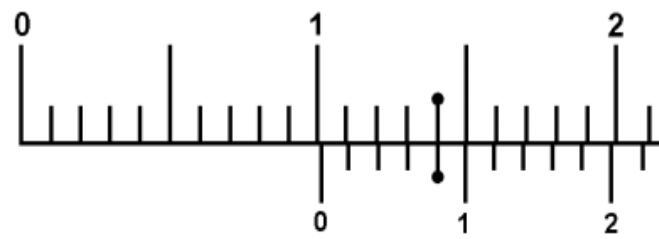
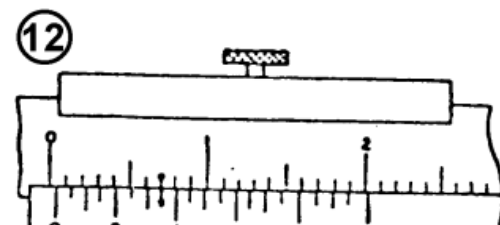
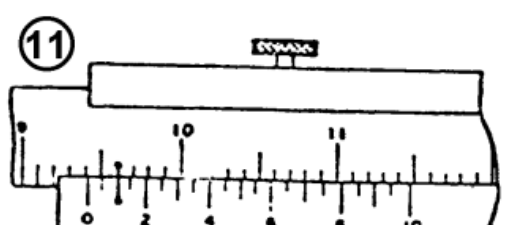
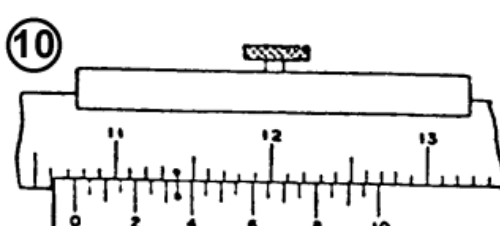
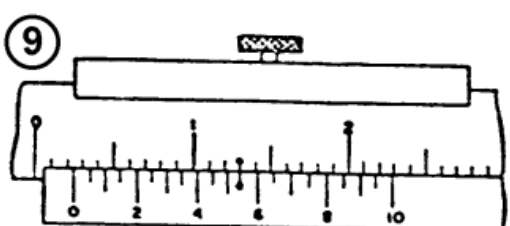
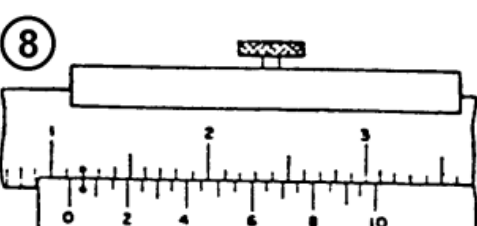
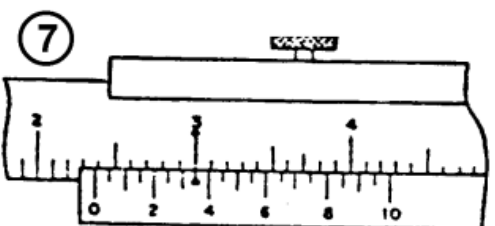
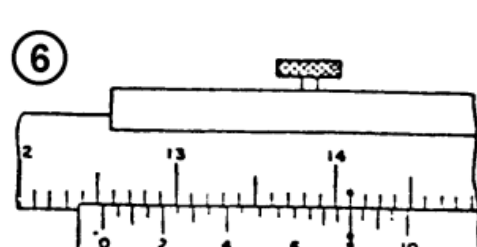
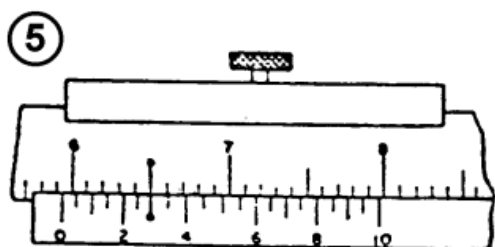
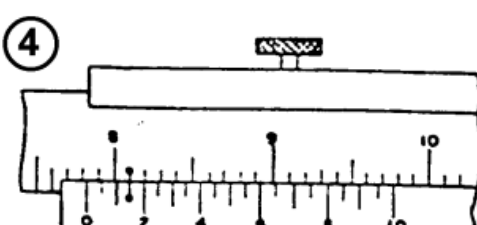
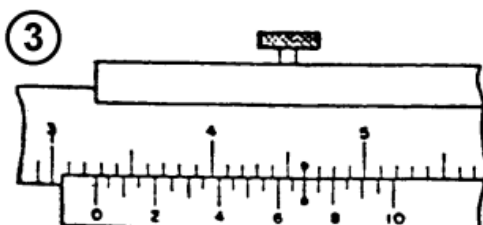
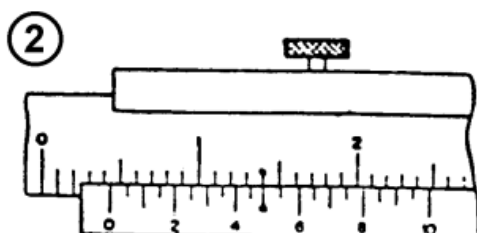
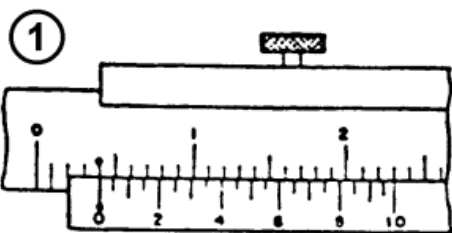


Fig.12

Exercício - Leitura do Paquímetro (milímetro)



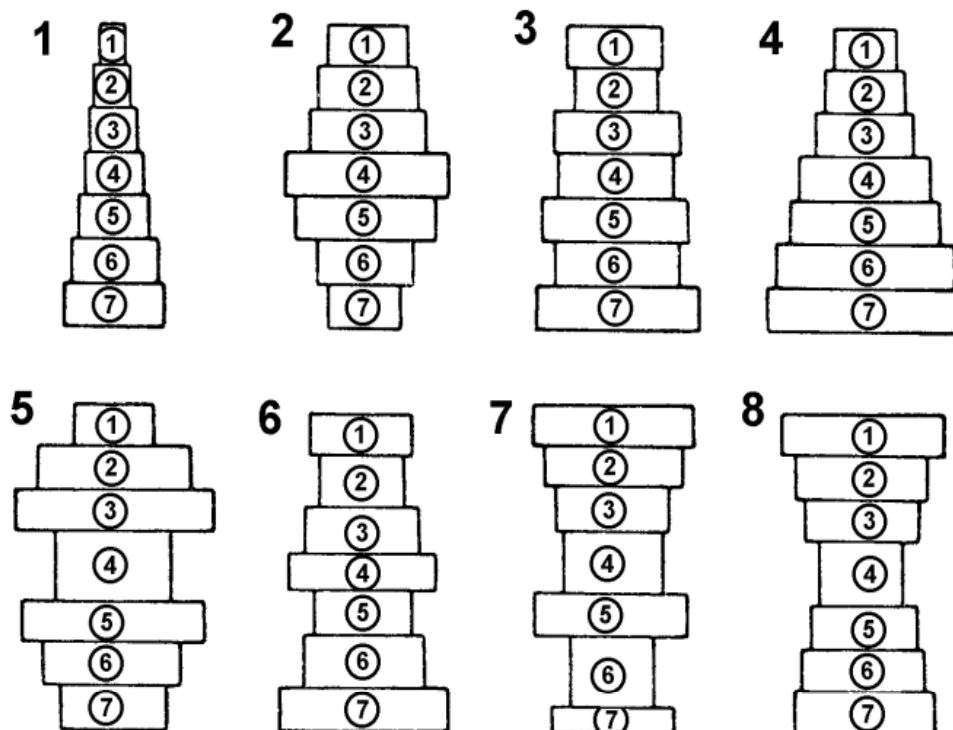
1		4		7		10	
2		5		8		11	
3		6		9		12	

Medição de Diâmetros Externos

INSTRUMENTO:

APROXIMAÇÃO DO INSTRUMENTO:

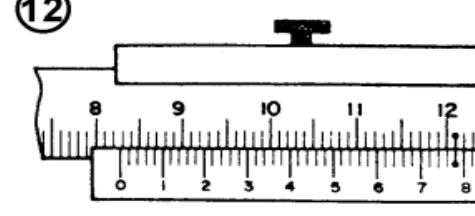
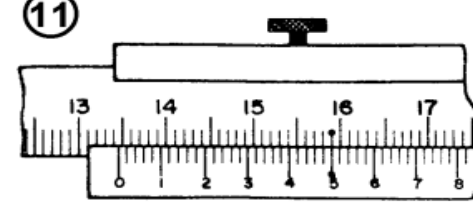
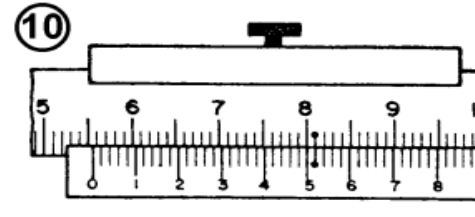
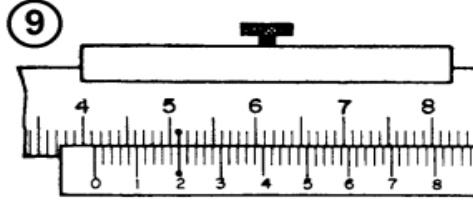
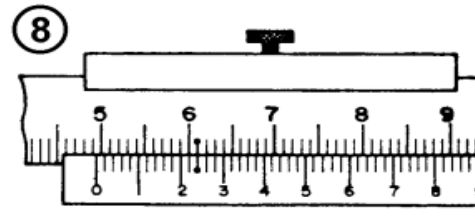
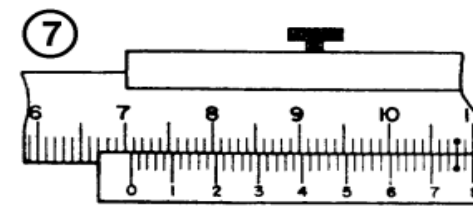
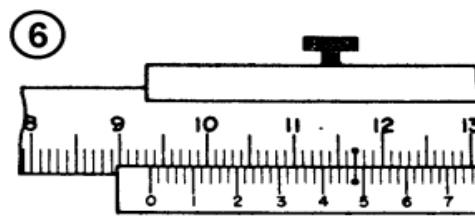
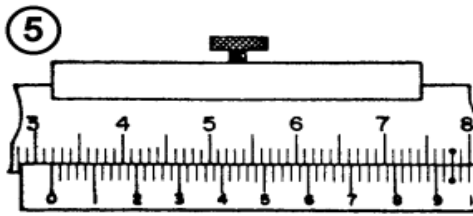
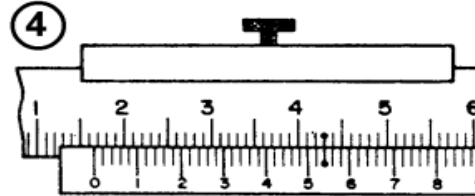
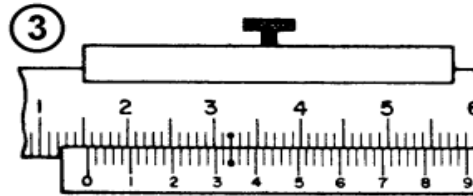
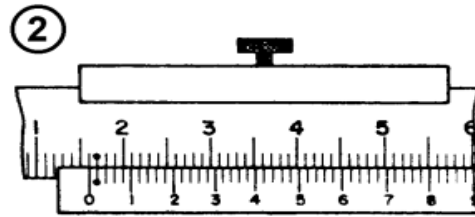
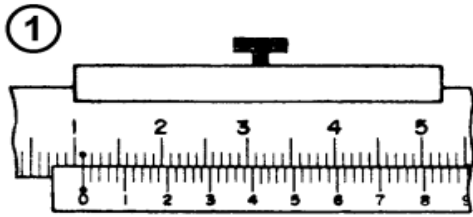
EXAMINANDO: Cilindro-padrão.



PADRÃO - Nº 1			PADRÃO - Nº 2			PADRÃO - Nº 3			PADRÃO - Nº 4		
MEDIDAS			MEDIDAS			MEDIDAS			MEDIDAS		
ORD. LEITURA	UNID		ORD. LEITURA	UNID		ORD. LEITURA	UNID		ORD. LEITURA	UNID	
1			1			1			1		
2			2			2			2		
3			3			3			3		
5			5			5			5		
6			6			6			6		
7			7			7			7		

PADRÃO - Nº 5			PADRÃO - Nº 6			PADRÃO - Nº 7			PADRÃO - Nº 8		
MEDIDAS			MEDIDAS			MEDIDAS			MEDIDAS		
ORD. LEITURA	UNID		ORD. LEITURA	UNID		ORD. LEITURA	UNID		ORD. LEITURA	UNID	
1			1			1			1		
2			2			2			2		
3			3			3			3		
5			5			5			5		
6			6			6			6		
7			7			7			7		

**Exercício de Leitura Paquímetro
(Sistema Métrico Decimal)**



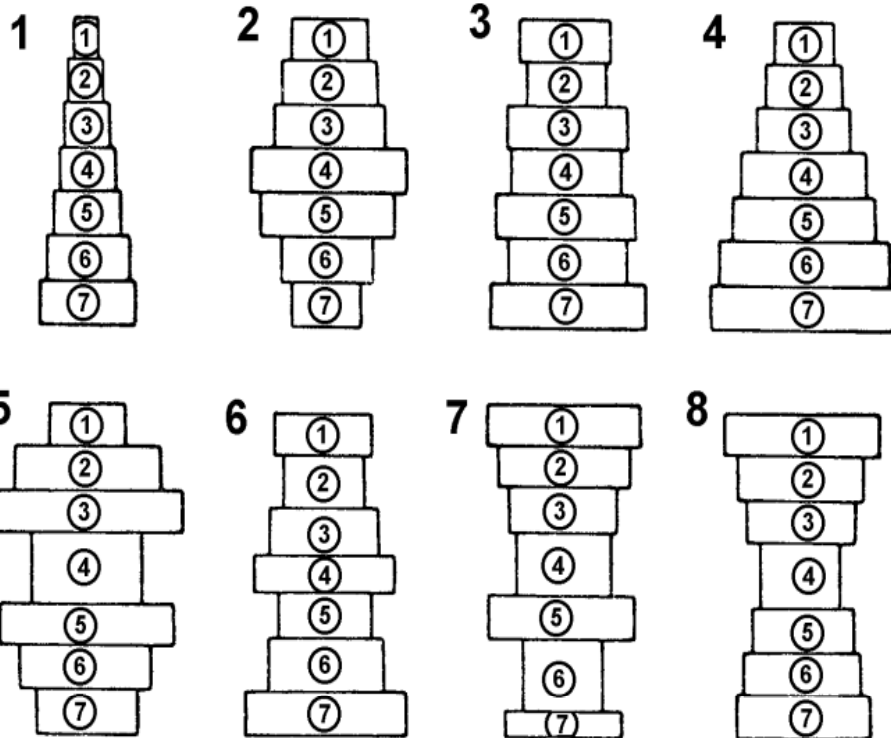
1		4		7		10	
2		5		8		11	
3		6		9		12	

Medição de Diâmetros Externos

INSTRUMENTO:

APROXIMAÇÃO DO INSTRUMENTO:

EXAMINANDO: Cilindro-padrão.



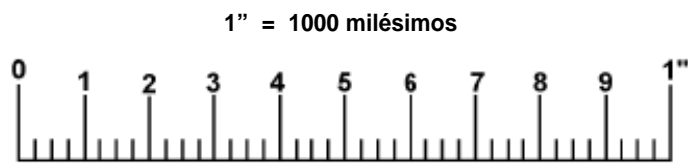
PADRÃO - Nº 1			PADRÃO - Nº 2			PADRÃO - Nº 3			PADRÃO - Nº 4		
MEDIDAS			MEDIDAS			MEDIDAS			MEDIDAS		
ORD.	LEITURA	UNID.	ORD.	LEITURA	UNID.	ORD.	LEITURA	UNID.	ORD.	LEITURA	UNID.
1			1			1			1		
2			2			2			2		
3			3	—		3			3		
5			5			5			5		
6			6			6			6		
7			7			7			7		

PADRÃO - Nº 5			PADRÃO - Nº 6			PADRÃO - Nº 7			PADRÃO - Nº 8		
MEDIDAS			MEDIDAS			MEDIDAS			MEDIDAS		
ORD.	LEITURA	UNID.	ORD.	LEITURA	UNID.	ORD.	LEITURA	UNID.	ORD.	LEITURA	UNID.
1			1			1			1		
2			2			2			2		
3			3			3			3		
5			5			5			5		
6			6			6			6		
7			7			7			7		

Paquímetro - Sistema Inglês Decimal

Graduação da Escala Fixa

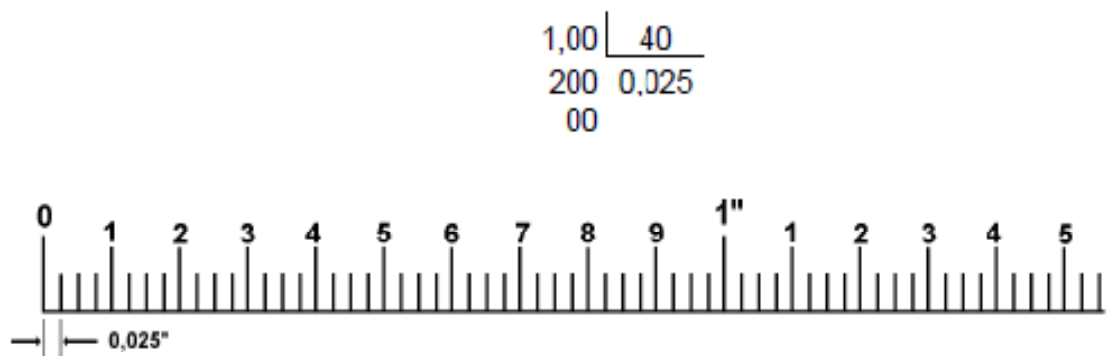
Para conhecermos o valor de cada divisão da escala fixa, basta dividirmos o comprimento de 1" pelo número de divisões existentes (fig. 1).



Conforme mostra a figura 1, no intervalo de 1" temos 40 divisões.

Operando a divisão, teremos: $1'' : 40 = 0,025''$

Valor de cada traço da escala = $0,025''$ (fig. 2).



Se deslocarmos o cursor do paquímetro até que o zero do nônio coincida com o primeiro traço da escala, a leitura será 0,025" (fig.3), no segundo traço 0,050" (fig. 4), no terceiro traço 0,075" (fig.5), no décimo traço 0,250" (fig. 6), e assim sucessivamente.

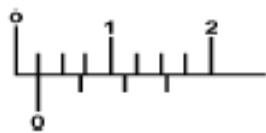


Fig.3

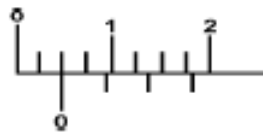


Fig.4



Fig.5



Fig.6

Uso do Vernier (Nônio)

O primeiro passo será calcular a aproximação do paquímetro.

Sabendo-se que o menor valor da escala fixa é 0,025" e que o nônio (fig. 7) possui 25 divisões, teremos: $a = \frac{0,025''}{25} = 0,001''$

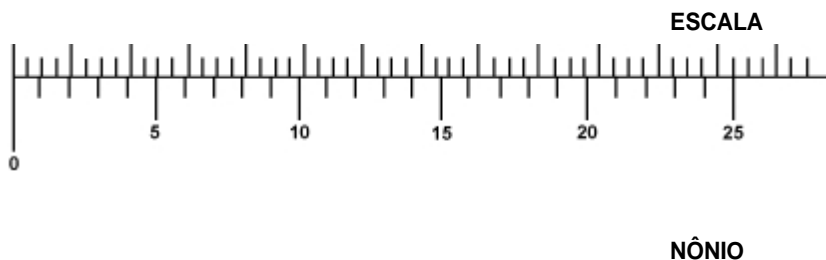


Fig.7

Cada divisão do nônio é menor 0,001" do que duas divisões da escala (fig. 8).

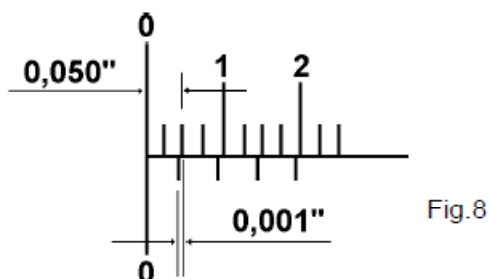


Fig.8

Se deslocarmos o cursor do paquímetro até que o primeiro traço do nônio coincida com o da escala, a leitura será 0,001" (fig.9), o

segundo traço 0,002" (fig.10), o terceiro traço 0,003" (fig.11), o decimo segundo traço 0,012" (fig.12).



Fig.9



Fig.10

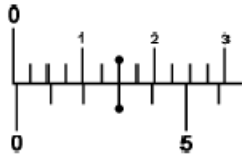


Fig.11

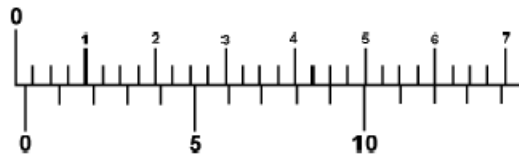


Fig.12

Leitura de Medidas

Para se efetuar leitura de medidas com paquímetro do sistema Inglês decimal, procede-se da seguinte forma: observa-se a que quantidade de milésimos corresponde o traço da escala fixa, ultrapassado pelo zero do nônio (fig.13) 0,150".

A seguir, observa-se a concordância do nônio (fig.13) 0,009". Somando-se os valores 0,150" + 0,009", a leitura da medida será 0,159".



Fig.13

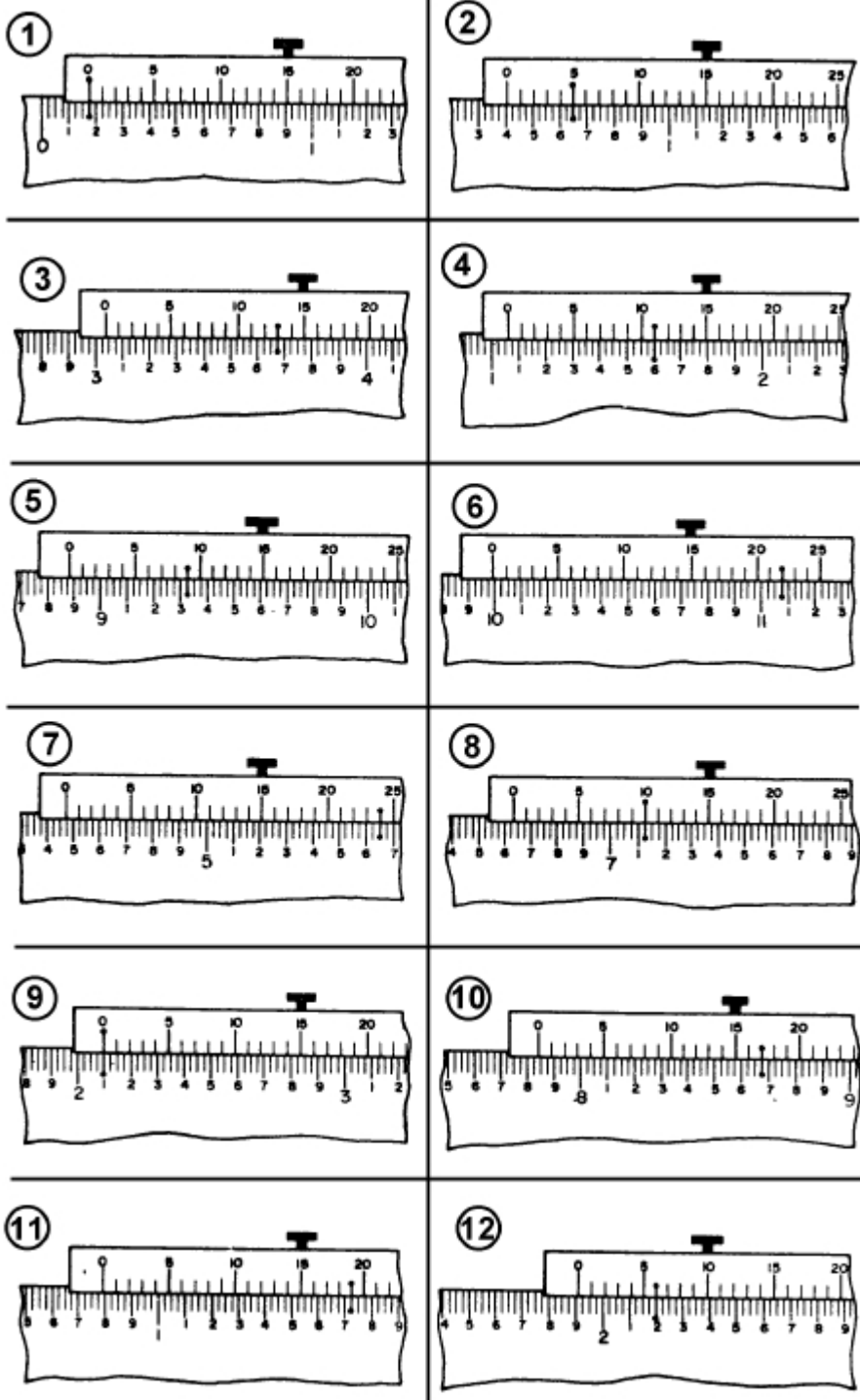
Exemplo: (fig.14): A leitura da medida é = 1,129".



Fig.14

$$\begin{array}{r} 1.125 \\ 0.004 \\ \hline 1.129 \end{array}$$

**Exercício de Leitura Paquímetro
(Sistema Inglês Decimal)**



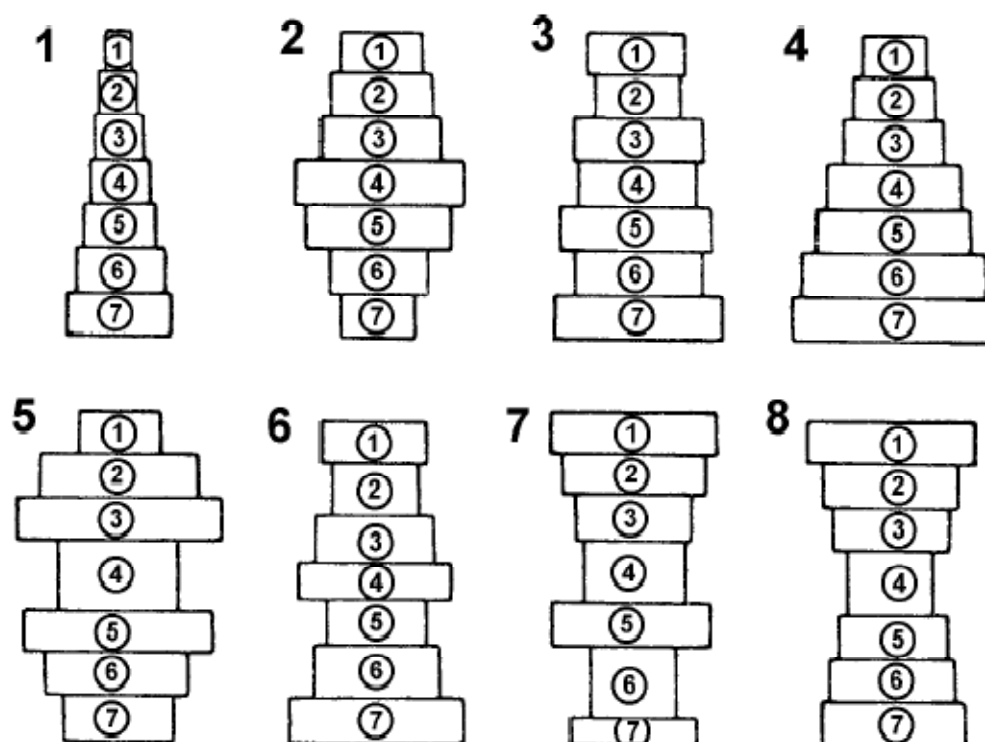
1		4		7		10	
2		5		8		11	
3		6		9		12	

Medição de Diâmetros Externos

INSTRUMENTO:

APROXIMAÇÃO DO INSTRUMENTO:

EXAMINANDO: Cilindro-padrão.



PADRÃO - Nº 1			PADRÃO - Nº 2			PADRÃO - Nº 3			PADRÃO - Nº 4		
MEDIDAS			MEDIDAS			MEDIDAS			MEDIDAS		
ORD. LEITURA	UNID		ORD. LEITURA	UNID		ORD. LEITURA	UNID		ORD. LEITURA	UNID	
1			1			1			1		
2			2			2			2		
3			3			3			3		
5			5			5			5		
6			6			6			6		
7			7			7			7		

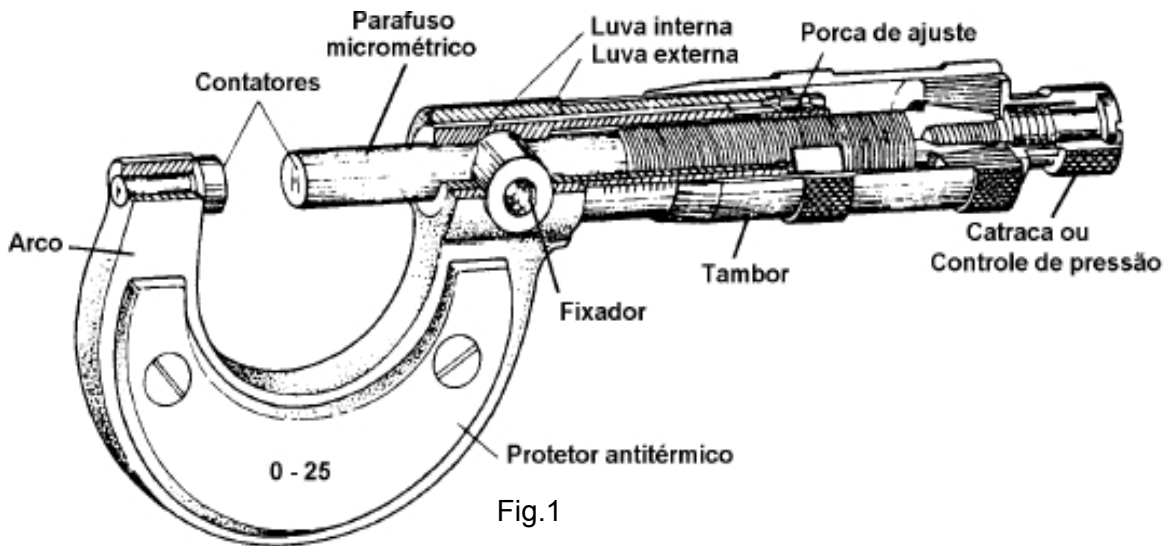
PADRÃO - Nº 5			PADRÃO - Nº 6			PADRÃO - Nº 7			PADRÃO - Nº 8		
MEDIDAS			MEDIDAS			MEDIDAS			MEDIDAS		
ORD. LEITURA	UNID		ORD. LEITURA	UNID		ORD. LEITURA	UNID		ORD. LEITURA	UNID	
1			1			1			1		
2			2			2			2		
3			3			3			3		
5			5			5			5		
6			6			6			6		
7			7			7			7		

Micrômetros - Nomenclatura, Tipos e Usos

Micrômetro

A precisão de medição que se obtém com o paquímetro, às vezes, não é suficiente. Para medições mais rigorosas, utiliza-se o micrômetro, que assegura uma exatidão de 0,01mm.

O micrômetro é um instrumento de dimensão variável que permite medir, por leitura direta, as dimensões reais com uma aproximação de até 0,001mm (fig.1).



O princípio utilizado é o do sistema parafuso e porca. Assim, se, numa porca fixa, um parafuso der um giro de uma volta, haverá um avanço de uma distância igual ao seu passo.

Características Do Micrômetro

Arco

É construído de aço especial e tratado termicamente, a fim de eliminar as tensões, e munido de protetor antitérmico, para evitar a dilatação pelo calor das mãos.

Parafuso Micrométrico

E construído de aço de alto teor de liga, temperado a uma dureza de 63 RC. Rosca retificada, garantindo alta precisão no passo.

Contatores

Apresentam-se rigorosamente planos e paralelos, e em alguns instrumentos são de metal duro, de alta resistência ao desgaste.

Fixador ou Trava

Permite a fixação de medidas.

Luva Externa

Onde é gravada a escala, de acordo com a capacidade de medição do instrumento.

Tambor

Com seu movimento rotativo e através de sua escala, permite a complementação das medidas.

Porca de Ajuste

Quando necessário, permite o ajuste do parafuso micrométrico.

Catraca

Assegura uma pressão de medição constante.

Tipos e Usos

Para diferentes usos no controle de peças, encontram-se vários tipos de micrômetros, tanto para medições em milímetros como em polegadas, variando também sua capacidade de medição.

As figuras abaixo nos mostram alguns dos tipos existentes.

Fig. 2 - Micrômetro para medição externa.

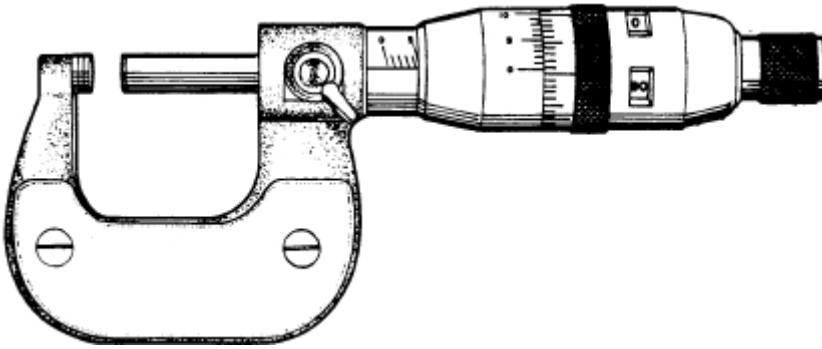


Fig.2

Fig. 3 - Micrômetro para a medição de espessura de tubos.

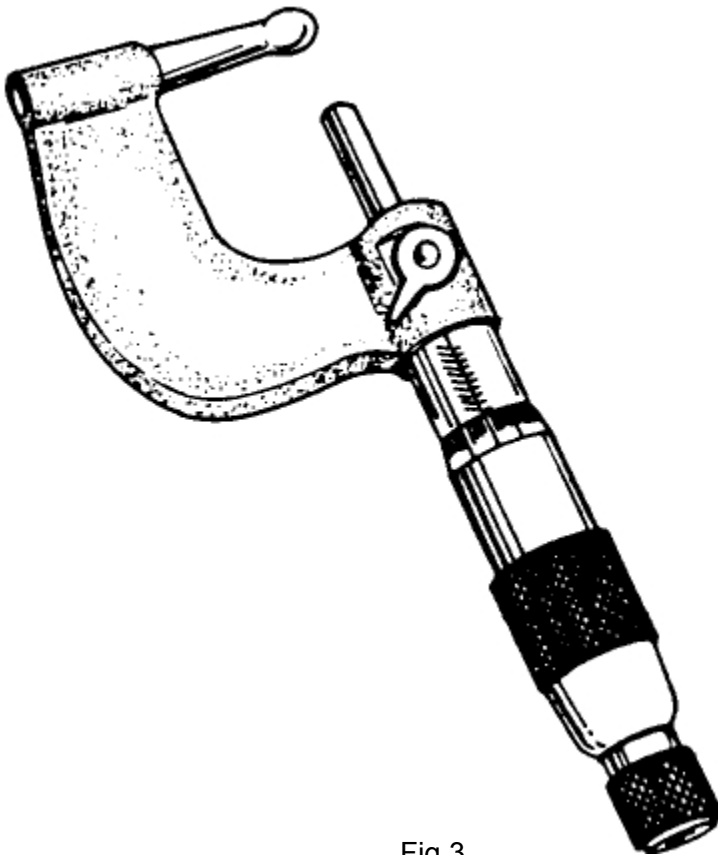


Fig.3

Fig. 4 - Micrômetro com discos, para a medição de papel, cartolina, couro e borracha. Também é empregado para a medição de passo de engrenagem.

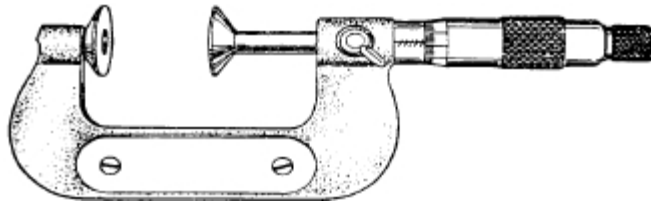


Fig.4

Fig. 5 - Micrômetro Otilmeter. Utilizado para a medição de diâmetros externos de peças com números ímpares de divisões, tais como: machos, fresas, eixos entalhados, etc.

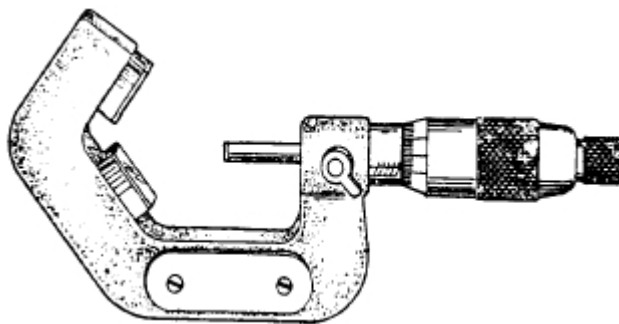


Fig.5

Fig. 6 - Micrômetro para a medição de roscas.

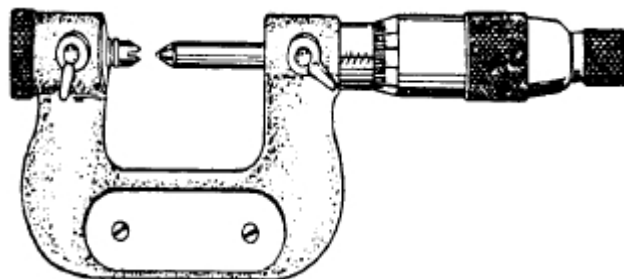


Fig.6

Fig. 7 - Micrômetro para a medição de profundidade.

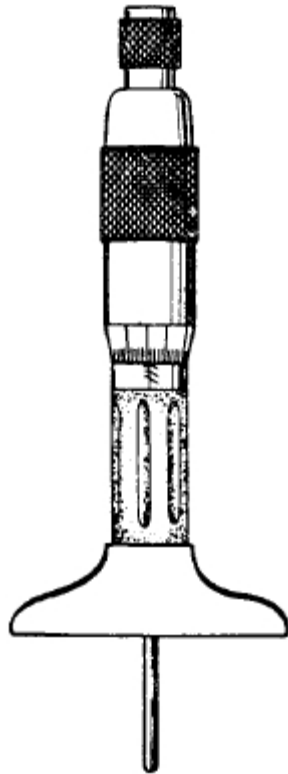


Fig.7

Fig. 8 - Micrômetro com relógio, Utilizado para a medição de peças em série. Fixado em grampo antitérmico.

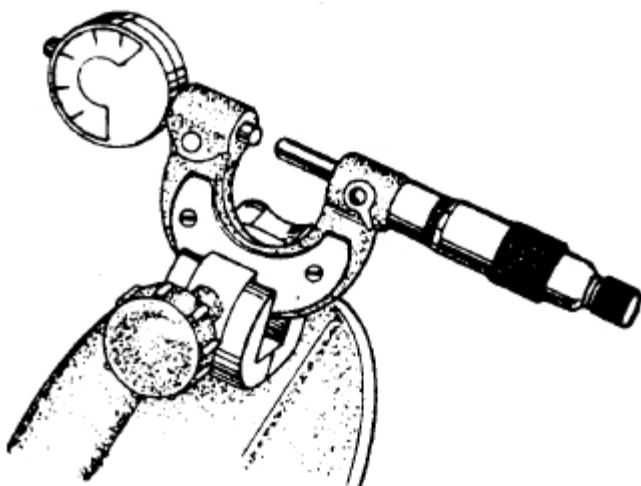


Fig.8

Fig. 9 - Micrômetro para medição externa, com hastes intercambiáveis.

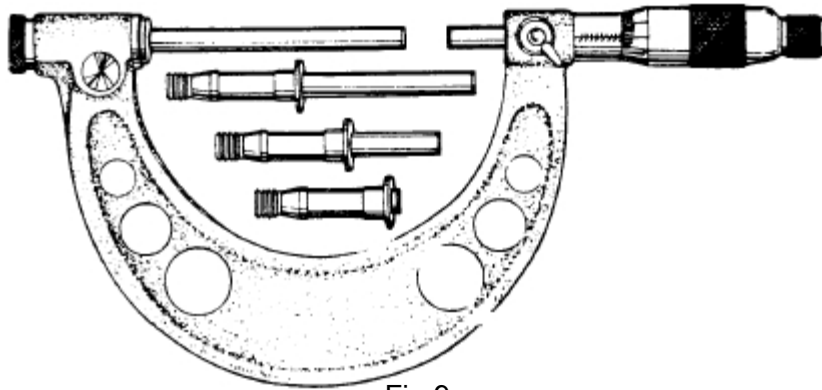


Fig.9

Fig. 10 - Micrômetro tubular. Utilizado para medição interna.

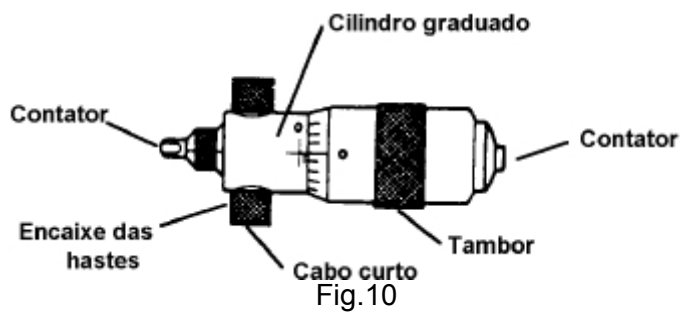
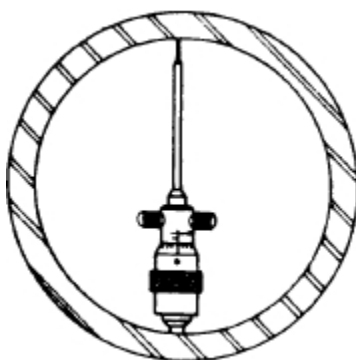


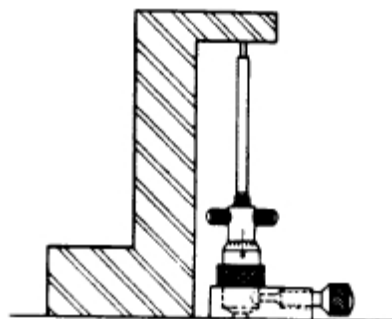
Fig.10

Os micrômetros tubulares podem ser aplicados em vários casos, utilizando-se o conjunto de hastes intercambiáveis (figuras 11, 12 e 13).



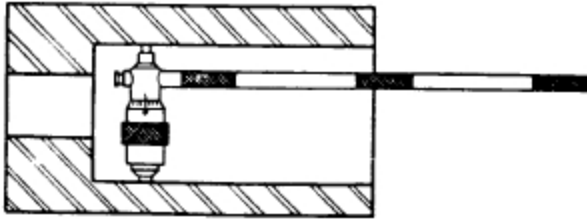
Medição de grandes diâmetros

Fig.11



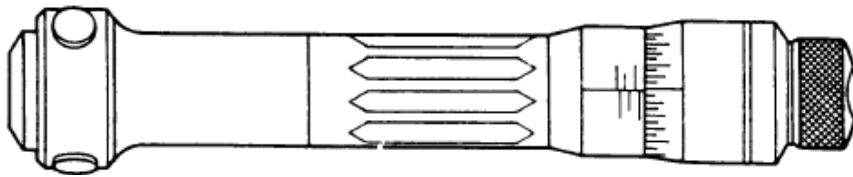
Convertido em calibre de altura

Fig.12



Medição de diâmetros profundos
Fig.13

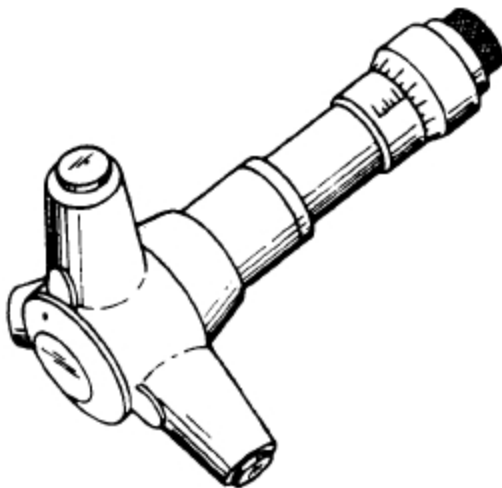
Fig. 14 - "IMICRO". Utilizado para a medição de diâmetro interno.



" IMICRO " Utilizado para medição de diâmetro interno.
Fig.14

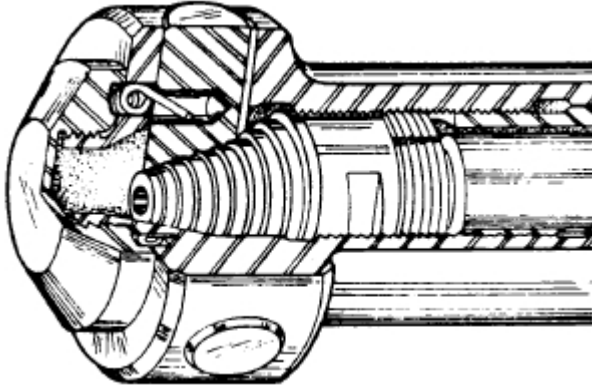
O IMICRO é um instrumento de alta precisão: os seus 3 contatos permitem um alojamento perfeito do instrumento no furo por medir, encontrando-se facilmente a posição correta de medição.

Fig. 15 - IMICRO para a medição de grandes diâmetros.



IMICRO para medição de grandes diâmetros.
Fig.15

Fig. 16 - Mecanismo do IMICRO.



Mecanismo do IMICRO
Fig.16

Recomendações

1. Evitar choques, quedas, arranhões e sujeira.
2. Não medir peças fora da temperatura ambiente.
3. Não medir peças em movimento.
4. Não forçar o micrômetro.

Conservação

1. Depois do uso, limpar cuidadosamente o instrumento
2. Guardar o micrômetro em estojo próprio.
3. O micrômetro deve ser guardado destravado e com os contadores ligeiramente afastados.

Medir Diâmetros Externos (Micrômetro)

A aplicação do micrômetro para a medição de diâmetros externos requer do Mecânico cuidados especiais, não só para a obtenção de medidas precisas, como para a conservação do instrumento.

Processo de Execução

1º) Passo: POSICIONE O PADRÃO.

- a. Observe o número do padrão (fig.1).
- b. Apoie o padrão sobre a mesa, com a face numerada para baixo, ao lado esquerdo da Folha de Tarefa (fig.2).

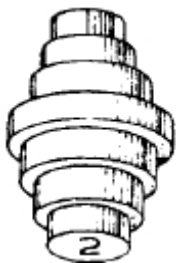


Fig.1

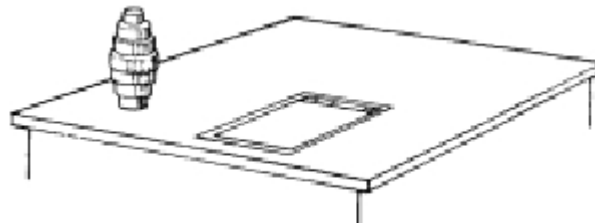


Fig.2

2º) Passo: FAÇA A LIMPEZA DOS CONTADORES.

- a. Utilize uma folha de papel limpo
- b. Afaste o contatar móvel.
- c. Coloque a folha de papel entre os contadores.
- d. Feche o micrômetro, através da catraca, até que a folha de papel fique presa entre os contatares.
- e. Desloque a folha de papel para baixo.

3º) Passo: FAÇA A AFERIÇÃO DO MICRÔMETRO.

- a. Feche o micrômetro através da catraca até que se faça ouvir o funcionamento da mesma.
- b. Observe a concordância do zero da escala da luva com o do tambor.

Observação: Caso o micrômetro apresente diferença de concordância entre o zero da luva e o do tambor, deverá ser feita a regulagem do instrumento.

4º) Passo: FAÇA A PRIMEIRA MEDIDA.

- a. Gire o tambor até que os contadores apresentem uma abertura maior que a primeira medida por fazer no padrão.
- b. Apoie o micrômetro na palma da mão esquerda, pressionado pelo dedo polegar (fig.3).

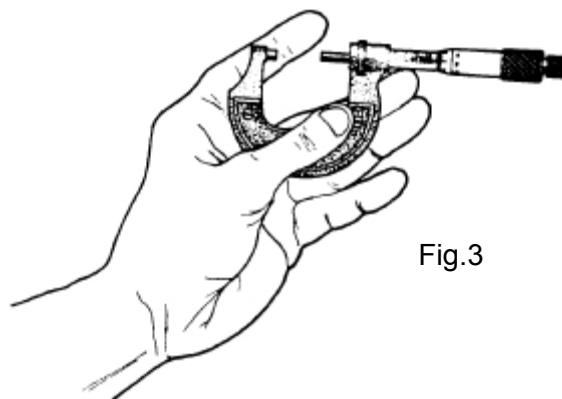


Fig.3

- c. Prenda o padrão entre os dedos indicador e médio da mão esquerda (fig.4).

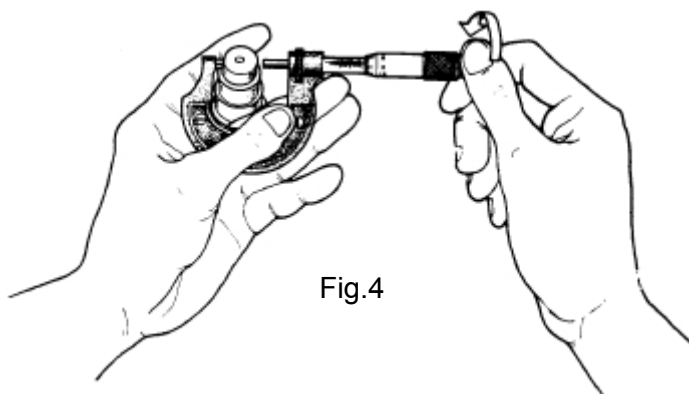


Fig.4

- d. Encoste o contator fixo em uma das extremidades do diâmetro do padrão por medir.

e. Feche o micrômetro, através da catraca, até que se faça ouvir o funcionamento da mesma.

f. Faça a leitura da medida.

g. Registre a medida na Folha de Tarefa.

h. Abra o micrômetro e retire-o do padrão, sem que os contadores toquem a peça.

5º) Passo: COMPLETE A MEDIÇÃO DO PADRÃO.

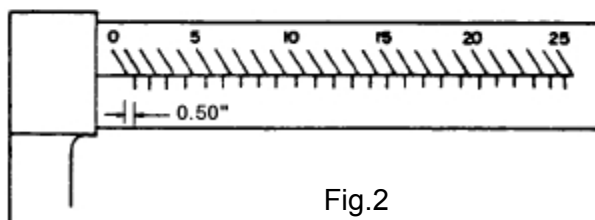
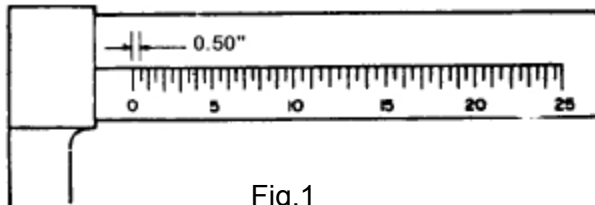
a. Repita o passo anterior.

6º) Passo: FAÇA A MEDIÇÃO DOS DEMAIS PADRÕES.

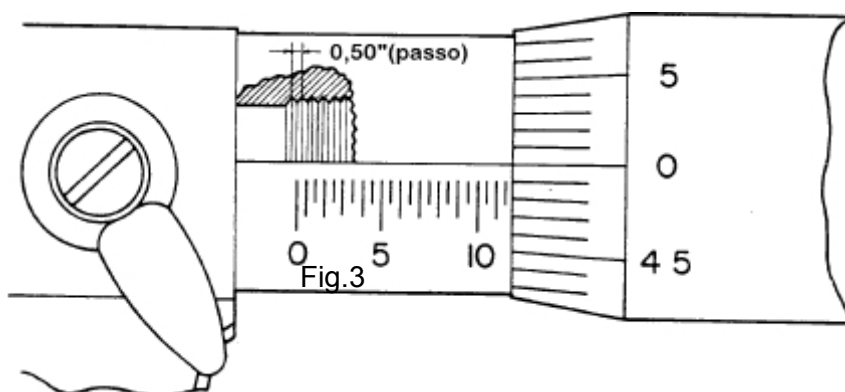
a. Troque o padrão por outro de número diferente.

Micrômetro - Sistema Métrico Decimal

Inicialmente observaremos as divisões da escala da luva. Nas figuras 1 e 2, mostramos a escala da luva do micrômetro com os traços em posições diferentes, porém sem alterar a distância entre si.



Sabendo-se que, nos micrômetros do sistema métrico, o comprimento da escala da luva mede 25,00mm, se dividirmos o comprimento da escala pelo nº de divisões existentes, encontraremos o valor da distância entre as divisões (0,50mm), que é igual ao passo do parafuso micrométrico (fig.3).



Estando o micrômetro fechado, dando uma volta completa no tambor rotativo, teremos um deslocamento do parafuso micrométrico igual ao seu passo (0,50mm), aparecendo o primeiro traço na escala da luva (fig.4). A leitura da medida será 0,50mm. Dando-se duas voltas completas, aparecerá o segundo traço, e a leitura será 1,00mm (fig.5). E assim sucessivamente.

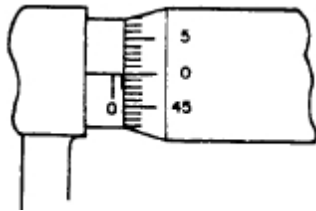


Fig.4

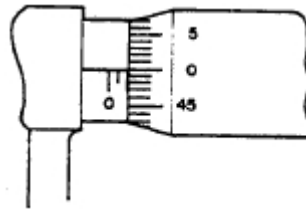


Fig.5

Leitura do Tambor

Sabendo que uma volta no tambor equivale a 0,50mm, tendo o tambor 50 divisões (fig.6), concluímos que cada divisão equivale a 0,01mm.

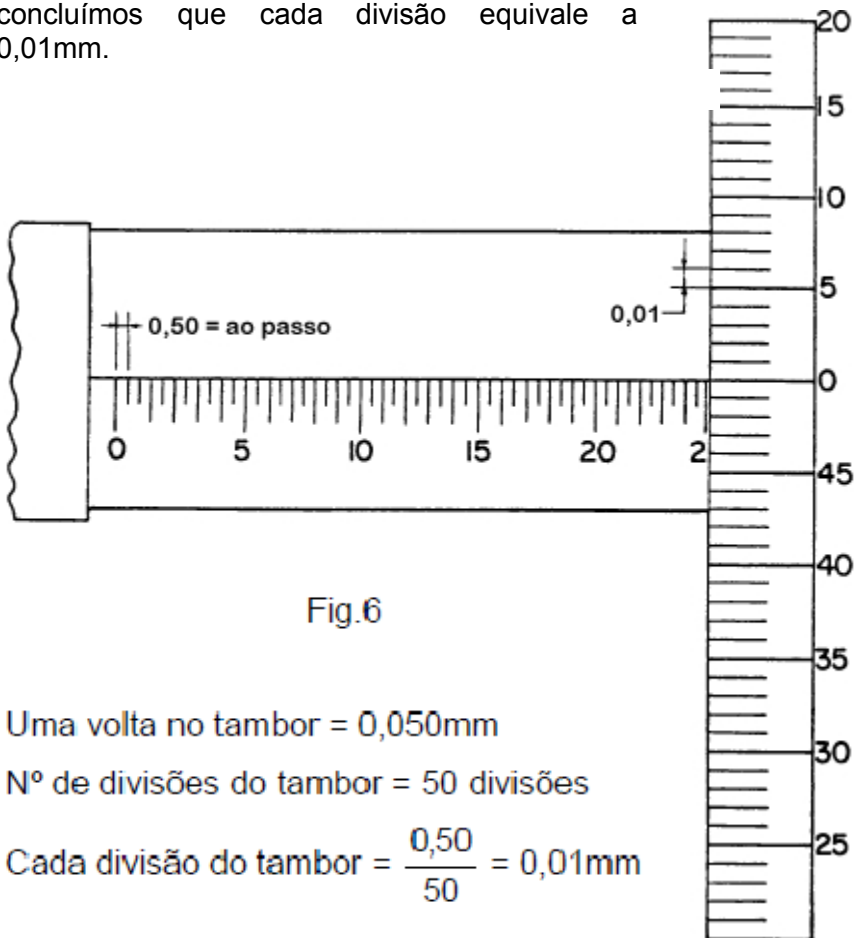


Fig.6

Uma volta no tambor = 0,50mm

Nº de divisões do tambor = 50 divisões

Cada divisão do tambor = $\frac{0,50}{50} = 0,01\text{mm}$

Assim sendo, se fizermos coincidir o primeiro traço do tambor com a linha de referência da luva, a leitura será 0,01mm (fig.7), o segundo traço 0,02mm (fig.8), o quadragésimo nono traço 0,49mm (fig.9).

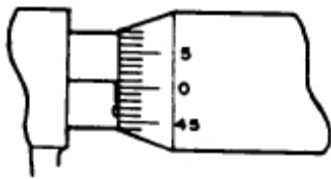


Fig.7

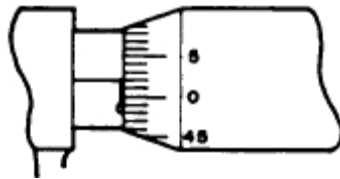


Fig.8

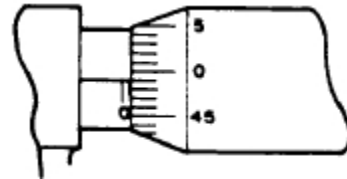


Fig.9

Sabendo a leitura da escala da luva e do tambor, podemos ler qualquer medida registrada no micrômetro (fig.10).

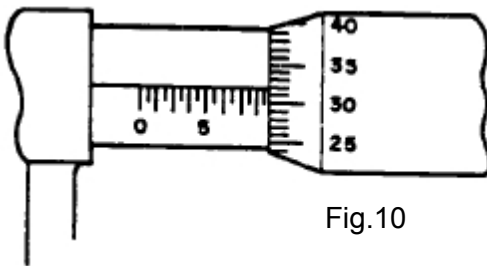


Fig.10

Leitura da escala da luva = 8,50mm

Leitura do tambor = 0,32mm

Para efetuarmos a leitura da medida, somamos a leitura da escala da luva com a do tambor: $8,50 + 0,32 = 8,82\text{mm}$.

Na figura 11, mostramos outro exemplo, com a utilização de um micrômetro em que a escala da luva apresenta a posição dos traços de forma diferente.

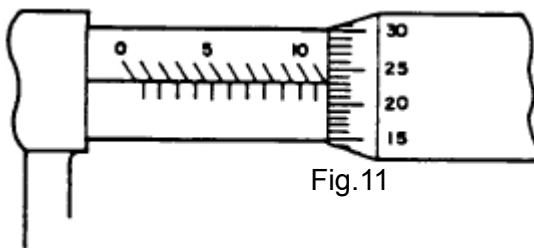


Fig.11

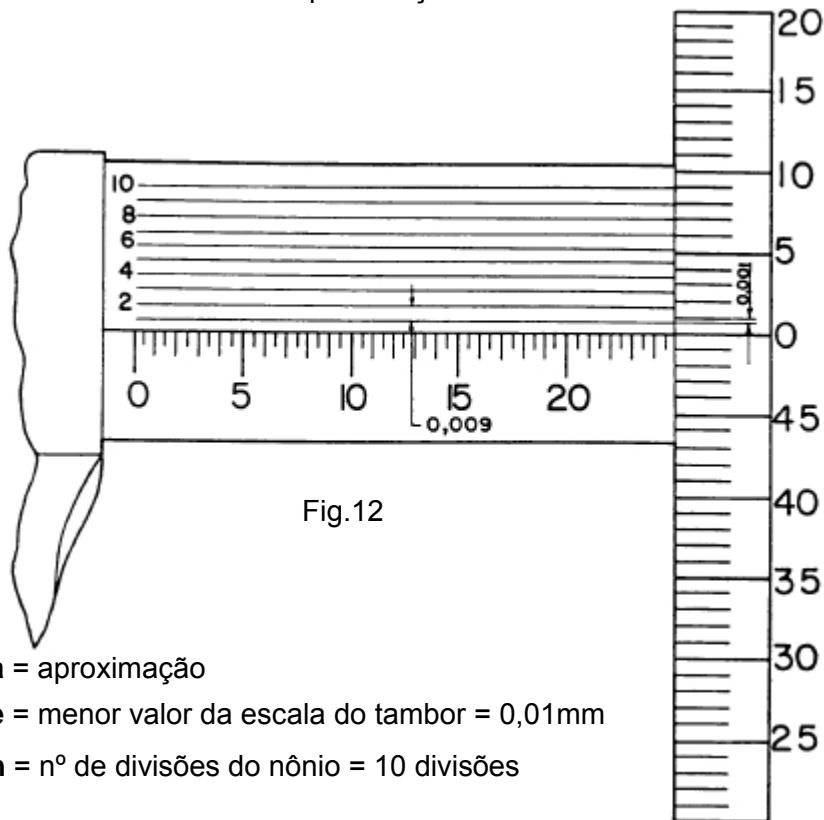
Leitura da escala da luva = 11,00mm

Leitura do tambor = 0,23mm

Leitura da medida = 11,23mm

Uso do Nônio

Ao utilizarmos micrômetros possuidores de nônio (fig.12), precisamos conhecer a aproximação do instrumento.



a = aproximação

e = menor valor da escala do tambor = 0,01mm

n = nº de divisões do nônio = 10 divisões

$$a = \frac{e}{n}$$

$$a = \frac{0,01}{10} = 0,001\text{mm}$$

Cada divisão do nônio é menor 0,001mm do que cada divisão do tambor.

Observação: Atualmente não se emprega mais a palavra "micron" nem o símbolo μ .

Usamos a palavra "micrômetro ou microns" e o símbolo μm .

Ex: **0,015mm = 15 μm** (quinze micrômetros ou microns)

Se girarmos o tambor até que o primeiro traço coincida com o do nônio, a medida será $0,001\text{mm} = 1_{\infty}\text{m}$ (fig.13), o segundo $0,002\text{mm} = 2_{\infty}\text{m}$ (fig.14), o quinto $0,005\text{mm} = 5_{\infty}\text{m}$ (fig.15).

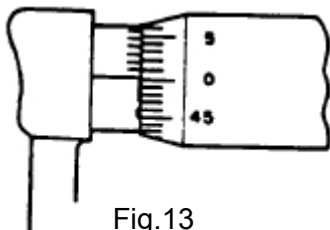


Fig.13

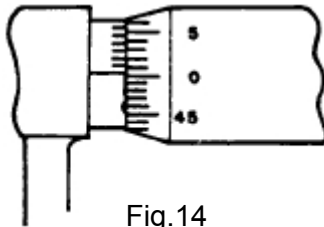


Fig.14

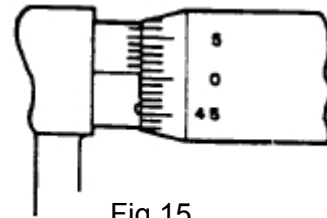


Fig.15

Leitura por Estimativa

Nos micrômetros não possuidores de nônio, fazemos a leitura por estimativa.

Sabendo-se que $0,01\text{mm} = 0,010\text{mm} (10_{\infty}\text{m})$, na figura 16, utilizando-se a estimativa, a leitura da medida será de $3,605\text{mm}$.

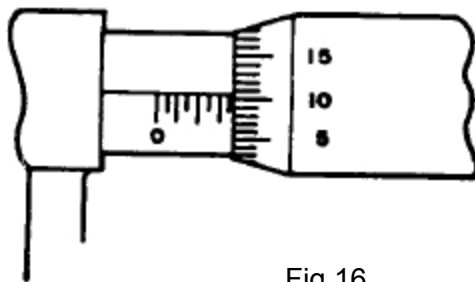
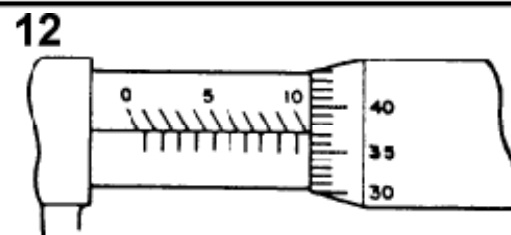
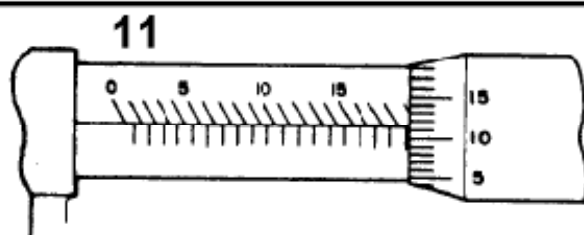
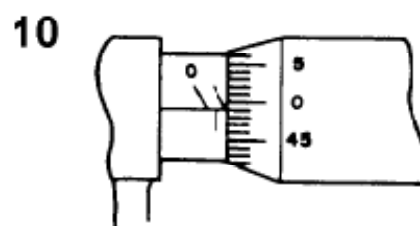
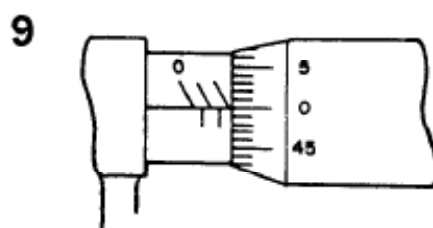
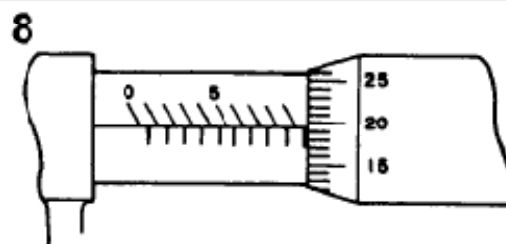
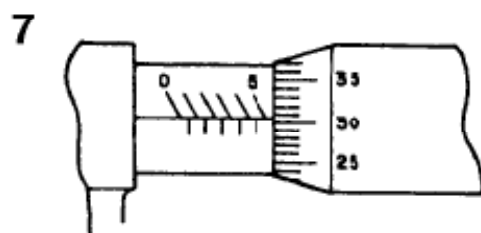
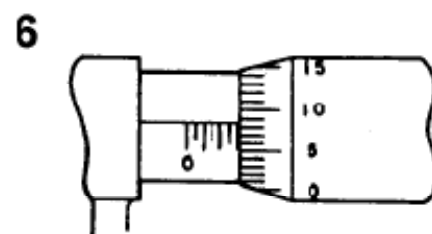
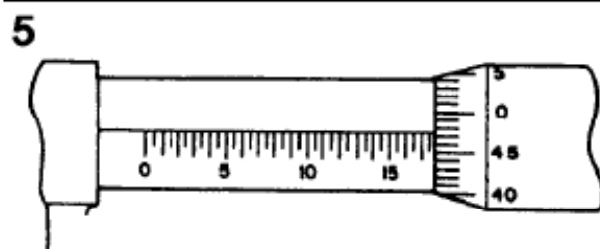
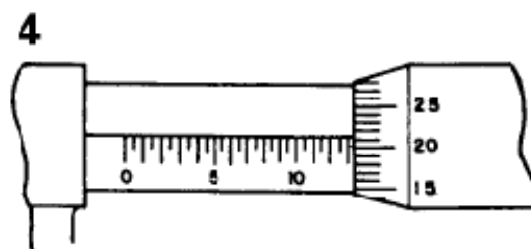
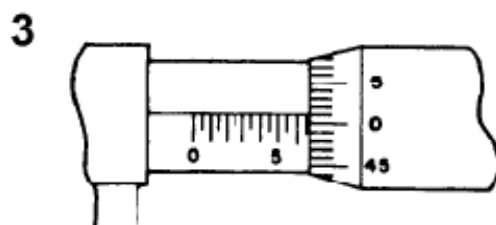
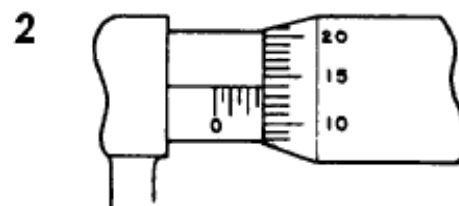
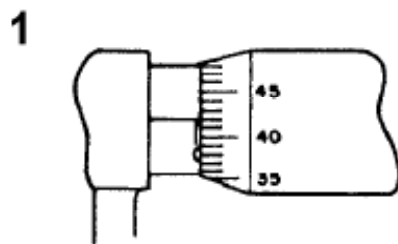


Fig.16

Exercício de Leitura
Micrômetro para Medição em Milímetro

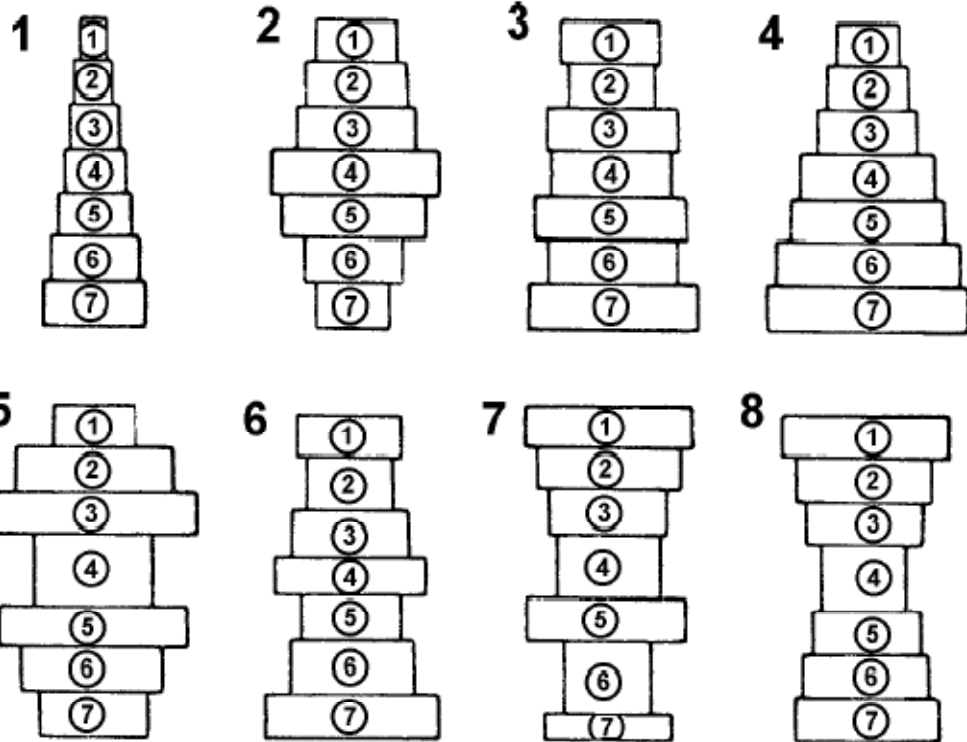


1		4		7		10	
2		5		8		11	
3		6		9		12	

INSTRUMENTO:

APROXIMAÇÃO DO INSTRUMENTO:

EXAMINANDO: Cilindro-padrão.



PADRÃO - Nº 1			PADRÃO - Nº 2			PADRÃO - Nº 3			PADRÃO - Nº 4		
MEDIDAS			MEDIDAS			MEDIDAS			MEDIDAS		
ORD. LEITURA	UNID		ORD. LEITURA	UNID		ORD. LEITURA	UNID		ORD. LEITURA	UNID	
1			1			1			1		
2			2			2			2		
3			3			3			3		
5			5			5			5		
6			6			6			6		
7			7			7			7		

PADRÃO - Nº 5			PADRÃO - Nº 6			PADRÃO - Nº 7			PADRÃO - Nº 8		
MEDIDAS			MEDIDAS			MEDIDAS			MEDIDAS		
ORD. LEITURA	UNID		ORD. LEITURA	UNID		ORD. LEITURA	UNID		ORD. LEITURA	UNID	
1			1			1			1		
2			2			2			2		
3			3			3			3		
5			5			5			5		
6			6			6			6		
7			7			7			7		

Propriedades dos Materiais

Propriedades dos materiais			
METÁLICOS		NÃO-METÁLICOS	
FERROSOS	NÃO-FERROSOS	NATURAIS	SINTÉTICOS
Aço	Alumínio	Madeira	Vidro
Ferro fundido	Cobre	Asbesto	Cerâmica
	Zinco	Couro	Plástico
	Magnésio	Borracha	
	Chumbo		
	Estanho		
	Titânio		

As propriedades dos materiais são classificadas em:

Propriedades físicas; Propriedades químicas.

Propriedades físicas:

1. propriedades mecânicas, 2. propriedades térmicas, 3. propriedades elétricas

1. propriedades mecânicas:

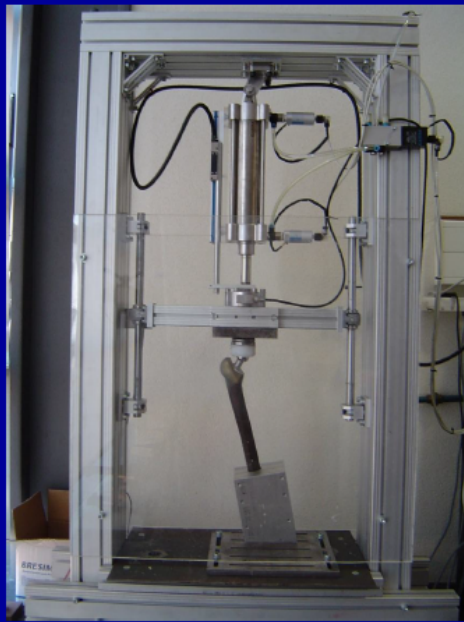
Essas propriedades determinam a maior ou menor capacidade que o material tem para transmitir ou resistir aos esforços que lhe são aplicados. Essa capacidade é necessária não só durante o processo de fabricação, mas também durante sua utilização.

Dentre as propriedades desse grupo, a mais importante é a resistência mecânica. Essa propriedade permite que o material seja capaz de resistir à ação de determinados tipos de esforços, como a tração e a compressão.

1.1. Resistência a Tração

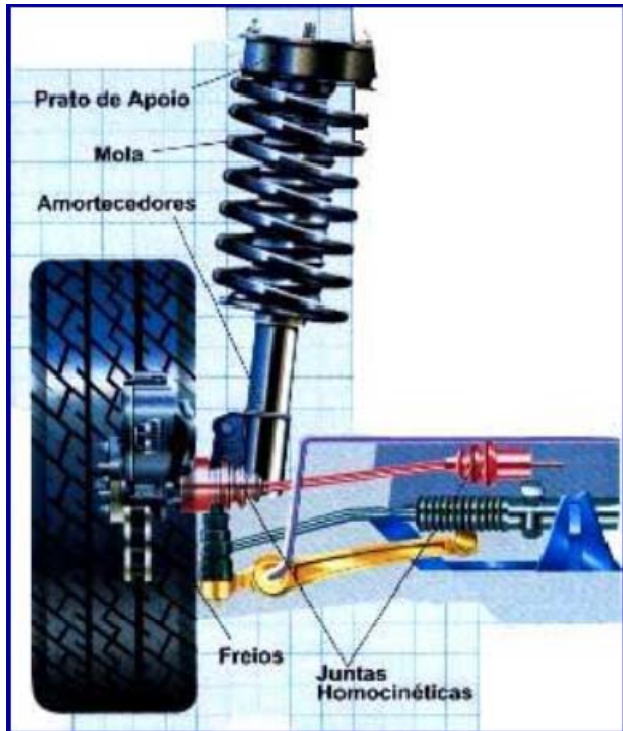


1.2. Resistência a compressão



1.3. Elasticidade

É a capacidade que o material deve ter de se deformar, quando submetido a um esforço, e de voltar à forma original quando o esforço termina.



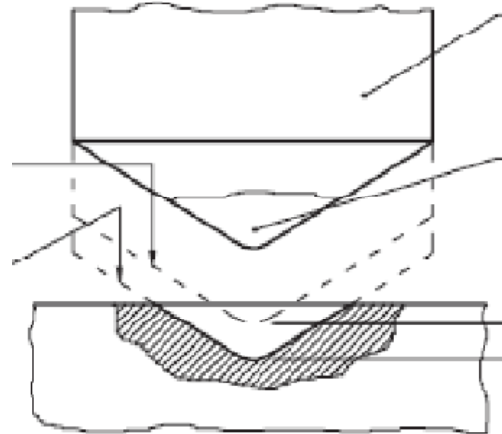
1.4. Plasticidade

Quando submetido a um esforço, o material é capaz de se deformar e manter essa forma quando o esforço desaparece.



1.5. Dureza

É a resistência do material à penetração, à deformação plástica permanente, ao desgaste.



Em geral os materiais duros são também frágeis. Por falar nisso, a fragilidade é também uma propriedade mecânica na qual o material apresenta baixa resistência aos choques.



1.7. Densidade

É a relação entre a massa e o volume que essa massa ocupa.



2. Propriedades térmicas:

Determinam o comportamento dos materiais quando são submetidos a variações de temperatura. Isso acontece tanto no processamento do material quanto na sua utilização. É um dado muito importante, por exemplo, na fabricação de ferramentas de corte, da qual você vai ouvir falar neste curso.

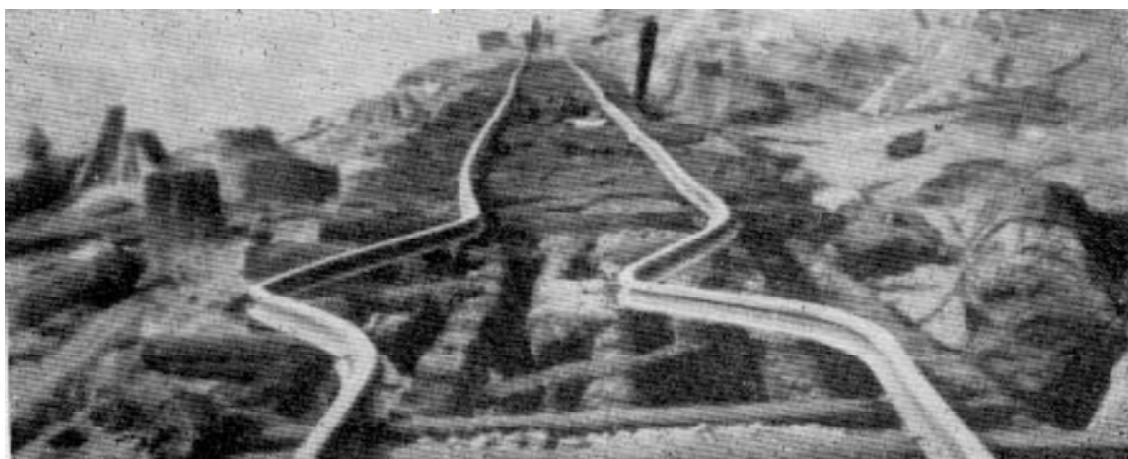
2.1. Ponto de fusão

Ele se refere à temperatura em que o material passa do estado sólido para o estado líquido.

substância	Ponto de fusão (°C)
água	0
ferro	1535
alumínio	659
ouro	1063
cobre	1 083
chumbo	327
enxofre	119

2.2. Dilatação

Essa propriedade faz com que os materiais, em geral, aumentem de tamanho quando a temperatura sobe.



2.3. Condutividade térmica

É a capacidade que determinados materiais têm de conduzir calor.

2.4. Condutividade elétrica

É a capacidade que determinados materiais têm de conduzir a corrente elétrica.

2.5. Resistividade elétrica

Resistência que o material oferece à passagem da corrente elétrica.

3.0 Propriedades químicas:

São as que se manifestam quando o material entra em contato com outros materiais ou com o ambiente.



Materiais Metálicos

Metais Ferrosos

O ferro

O ferro não é encontrado puro na natureza. Encontra-se geralmente combinado com outros elementos formando rochas as quais dá-se o nome de **MINÉRIO**.

Minério de ferro

O minério de ferro é retirado do subsolo, porém muitas vezes é encontrado exposto formando verdadeiras montanhas.

Ferro fundido

É uma liga de ferro - carbono que contém de 2 a 4,5% de carbono.

Tipos de ferro fundido

Os tipos mais comuns de ferro fundido são o ferro fundido cinzento e o ferro fundido branco.

Ferro fundido cinzento

Características:

- Fácil de ser fundido e moldado em peças. (Fig. 10)

- Fácil de ser trabalhado por ferramentas de corte. (Fig. 11)

- Absorve muito bem as vibrações, condição que torna ideal para corpos de máquinas. (Fig. 12)



Fig. 10



Fig. 11

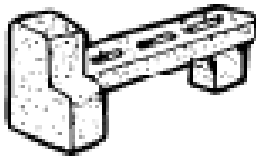


Fig. 12

- Quando quebrado sua face apresenta uma cor cinza escura, devido o carbono se encontrar combinado com o ferro, em forma de palhetas de grafite.
- Porcentagem de carbono variável entre 3,5% a 4,5%.

Ferro fundido branco

Características:

- Difícil de ser fundido.
 - Muito duro, difícil de ser usinado, só podendo ser trabalhado com ferramenta de corte especiais.
 - É usado apenas em peças que exijam muito resistência ao desgaste.
 - Quando quebrado, sua face apresenta-se brilhante, pois o carbono apresenta-se totalmente combinado com o ferro.
 - Porcentagem de carbono variável entre 2% e 3%.
- O ferro fundido cinzento, devido às suas características, têm grande aplicação na indústria. O ferro fundido branco é utilizado apenas em peças que requerem elevada dureza e resistência ao desgaste.

Aço

O aço é um dos mais importantes materiais metálicos usados na indústria mecânica. É usado na abricação de peças em geral.

Obtém-se o aço abaixando-se a porcentagem de carbono do ferro gusa. A porcentagem de carbono no aço varia entre 0,05% a 1,7%.

Principais características do aço:

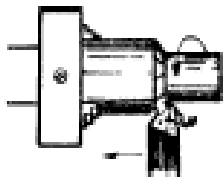


Fig. 13

Pode ser trabalhado com ferramenta de corte

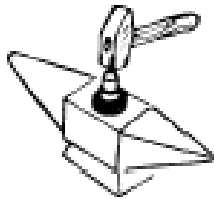


Fig. 16

Pode ser forjado



Fig. 14

Pode ser curvado



Fig. 17

Pode ser soldado



Fig. 15

Pode ser dobrado

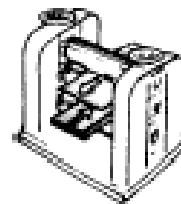


Fig. 18

Pode ser laminado

Possui grande resistência à tração

Há duas classes gerais de aços: os aços ao carbono e os aços especiais ou aços-liga.

Aço ao carbono

São os que contém além do ferro, pequenas porcentagens de carbono, manganês, silício, enxofre e fósforo.

Os elementos mais importantes do aço ao carbono são o ferro e o carbono. O manganês e silício melhoram a qualidade do aço, enquanto que o enxofre e o fósforo são elementos prejudiciais.

Ferro - É o elemento básico da liga.

Carbono - Depois do ferro é o elemento mais importante do aço.

A quantidade de carbono define a resistência do aço.

Exemplo: Um aço com 0,50% é mais resistente que um aço com 0,20% de carbono.

Além disso, os aços com porcentagem acima de 0,35% de carbono podem ser endurecidos por um processo de aquecimento e resfriamento rápido denominado têmpera.

A porcentagem aproximada de carbono de um aço pode ser reconhecida na prática pelas fagulhas que desprendem ao ser esmerilhado.

O aço com até 0,35% de carbono, desprendem fagulhas em forma de riscos (Aços de baixa porcentagem de carbono).

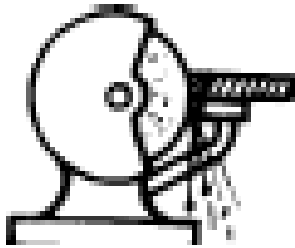


Fig. 21

Nos aços com 0,4% até 0,7% de carbono as fagulhas saem em forma de estrelinhas. (Aço de média porcentagem de carbono).



Fig. 22

Acima de 0,7% de carbono as estrelinhas saem em forma de um feixe. (Aço de alto teor de carbono). (Fig.23)

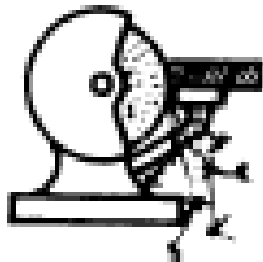


Fig. 23

Classificação segundo a ABNT

A fim de facilitar as interpretações técnicas e comerciais, a ABNT, (Associação Brasileira de Normas Técnicas) achou por bem dar números para a designação dos aços de acordo com a porcentagem de carbono.

Principais designações:

Designação	Porcentagem de carbono
Aço 1006	0,08% C
1010	0,08% a 0,13% C
1020	0,18% a 0,23% C
1030	0,28% a 0,34% C
1040	0,37% a 0,44% C
1050	0,48% a 0,55% C
1080	0,55% a 0,65% C

Segundo a ABNT, os dois primeiros algarismos designam a classe do aço. Os dois últimos algarismos designam a média do teor de carbono empregado.

Exemplo: Aço 10 20

10 - significa que é
aço ao carbono
20 - significa que a
porcentagem média
de carbono é 0,20%.

Então, o aço 1020, é um aço ao carbono cuja porcentagem de carbono varia entre 0,18% a 0,23%.

Resistência à ruptura

Algumas tabelas apresentam os aços classificados pela resistência à ruptura, indicada em quilogramas por milímetro quadrado (kg/mm²).

Exemplo: Aço 60 kg/mm²

Isso significa que um fio desse aço, que tenha uma secção de 1mm², rompe-se quando se aplica em seus extremos um esforço de tração de 60 kg.

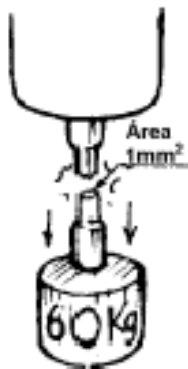


Tabela de aços ao carbono e usos gerais

- **Aço 1006 a 1010 - (Extra-macio)**
Resistência à ruptura - 35 a 45 kg/mm²
Teor de carbono - 0,05% a 0,15%
Não adquire têmpera
Grande maleabilidade, fácil de soldar-se

Usos: chapas, fios, parafusos, tubos estirados, produtos de caldeiraria, etc.

□ **Aço 1020 a 1030 - (Macio)**

Resistência à ruptura - 45 a 55 kg/mm²

Teor de carbono - 0,15% a 0,30%

Não adquire têmpera

Maleável e soldável

Usos: barras laminadas e perfiladas, peças

comuns de mecânica, etc.

□ **Aço 1030 a 1040 - (Meio macio)**

Resistência à ruptura - 55 a 65 kg/mm²

Teor de carbono - 0,30% a 0,40%

Apresenta início de têmpera

Difícil para soldar

Usos: peças especiais de máquinas e motores, ferramentas para a agricultura, etc.

□ **Aço 1040 a 1060 - (Meio duro)**

Resistência à ruptura - 65 a 75 kg/mm²

Teor de carbono - 0,40% a 0,60%

Adquire boa têmpera

Muito difícil para soldar-se

Usos: peças de grande dureza, ferramentas de corte, molas, trilhos, etc.

□ **Aço acima de 1060 - (Duro a extra-duro)**

Resistência à ruptura - 75 a 100 kg/mm²

Teor de carbono - 0,60% a 1,50%

Tempera-se facilmente

Não solda

Usos: peças de grande dureza e resistência, molas, cabos, cutelaria, etc.

Aços especiais ou aços-ligas

Devido às necessidades industriais, a pesquisa e a experiência levaram à descoberta de aços especiais, mediante a adição e a dosagem de certos elementos no aço ao carbono.

Conseguiram-se assim aços-liga com características tais como resistência à tração e à corrosão, elasticidade, dureza, etc, bem melhores que a dos aços ao carbono comuns.

Conforme as finalidades desejadas, adiciona-se ao aço-carbono um ou mais dos seguintes elementos: níquel, cromo, manganês, tungstênio, cobalto, vanádio, silício, molibdênio e alumínio.

Dessa forma, são obtidos aços de grande emprego nas indústrias, tais como:

1) Aços Níquel

1 a 10% de Níquel - Resistem bem à ruptura e ao choque, quando temperados e revenidos.

Usos - peças de automóveis, máquinas, ferramentas, etc.

10 a 20% de Níquel - Resistem bem à tração, muito duros - temperáveis em jato de ar.

20 a 50% de Níquel - Resistentes aos choques, boa resistência elétrica, etc.

Usos - válvulas de motores térmicos, resistências elétricas, cutelaria, instrumentos de medida, etc.

2) Aços Cromo

até 6% Cromo - Resistem bem à ruptura, são duros, não resistem aos choques.

Usos - esferas e rolos de rolamentos, ferramentas, projéteis, blindagens, etc.

11 a 17% de Cromo - Inoxidáveis.

Usos - aparelhos e instrumentos de medida, cutelaria, etc.

20 a 30% de Cromo - Resistem à oxidação, mesmo a altas temperaturas..

Usos - válvulas de motores a explosão, feiras, matrizes, etc.

3) Aços Cromo-Níquel

8 a 25% Cromo, 18 a 15% de Níquel - Inoxidáveis, resistentes à ação do calor, resistentes à corrosão de elementos químicos.

Usos - portas de fornos, retortas, tubulações de águas salinas e gases, eixos de bombas, válvulas e turbinas, etc.

4) Aços Manganês

7 a 20% de Manganês - Extrema dureza, grande resistência aos choques e ao desgaste.

Usos - mandíbulas de britadores, eixos de carros e vagões, agulhas, cruzamentos e curvas de trilhos, peças de dragas, etc.

5) Aços Silício

1 a 3% de Silício - Resistências à ruptura, elevado limite de elasticidade e propriedades de anular o magnetismo.

Usos - molas, chapas de induzidos de máquinas elétricas, núcleos de bobinas elétricas, etc.

6) Aços Silício-Manganês

1 silício, 1% de Manganês - Grande resistências à ruptura e elevado limite de elasticidade.

Usos - molas diversas, molas de automóveis, de carros e vagões, etc.

7) Aços Tungstênio

1 a 9% de tungstênio - Dureza, resistência à ruptura, resistência ao calor da abrasão (fricção) e propriedades magnéticas.

Usos - ferramentas de corte para altas velocidades, matrizes, fabricação de ímãs, etc.

8) **Aços Cobalto**

Propriedades magnéticas, dureza, resistência à ruptura e alta resistência à abrasão, (fricção).

Usos - ímãs permanentes, chapas de induzidos, etc.

Não é usual o aço cobalto simples.

9) **Aços Rápidos**

8 a 20% de tungstênio, 1 a 5% de vanádio, até 8% de molibdênio, 3 a 4% de cromo - Excepcional dureza em virtude da formação de carboneto, resistência de corte, mesmo com a ferramenta aquecida ao rubro pela alta velocidade. A ferramenta de aço rápido que inclui cobalto, consegue usinar até o aço-manganês de grande dureza.

Usos - ferramentas de corte de todos os tipos para altas velocidades, cilindros de laminadores, matrizes, fieiras, punções, etc.

10) **Aços Alumínio-Cromo**

0,85 a 1,20% de alumínio, 0,9 a 1,80% de cromo - Possibilita grande dureza superficial por tratamento de nitrelação - (termo-químico).

Usos - camisas de cilindro removíveis de motores a explosão e de combustão interna, virabrequins, eixos, calibres de medidas de dimensões fixas, etc.

Aços Inoxidáveis

Os aços inoxidáveis caracterizam-se por uma resistência à corrosão superior à dos outros aços. Sua denominação não é totalmente correta, porque na realidade os próprios aços ditos inoxidáveis são passíveis de oxidação em determinadas circunstâncias.

A expressão, contudo, é mantida por tradição.

Quanto à composição química, os aços inoxidáveis caracterizam-se por um teor mínimo de cromo da ordem de 12%.

Inicialmente porém vamos definir o que se entende por corrosão e a seguir esclarecer o porque de um aço ser resistente à corrosão.

Para explicar o que é corrosão vamos usar a definição da

“Comissão Federal para Proteção do Metal” (Alemanha):

“Corrosão é a destruição de um corpo sólido a partir da superfície por processos químicos e/ou eletroquímicos”.

O processo mais freqüente que provoca esta destruição é o ataque do metal pelo oxigênio da atmosfera. Porém o aço pode ser atacado e destruído por outras substâncias, tais como ácidos, álcalis e outras soluções químicas.

Este ataque puramente químico, pode ser favorecido por processos eletroquímicos.

Já vimos que o elemento de liga principal que garante a resistência à corrosão é o cromo.

Para apresentarem suas características de resistência à corrosão, os aços inoxidáveis devem manter-se permanentemente em presença de oxigênio ou de uma substância oxidante que tornam insensível a superfície dos aços aos ataques corrosivos de substâncias oxidantes e diz-se então que o aço está passivado.

Quando o meio em que está exposto o aço inoxidável não contiver oxigênio, a superfície não pode ser passivada. Nestas condições a superfície é considerada ativada e o comportamento do aço quanto à corrosão dependerá só da sua posição na série galvânica dos metais em relação ao meio corrosivo.

Os aços inoxidáveis devem resistir à corrosão de soluções aquosas, gases / quentes ou líquidos de alto ponto de ebulição até a temperatura de cerca 650°C. Acima desta temperatura já entramos no campo

dos Aços Resistentes ao Calor.

Classificação

A classificação mais usual e prática dos aços inoxidáveis é a baseada na microestrutura que eles apresentam em temperatura ambiente, a saber:

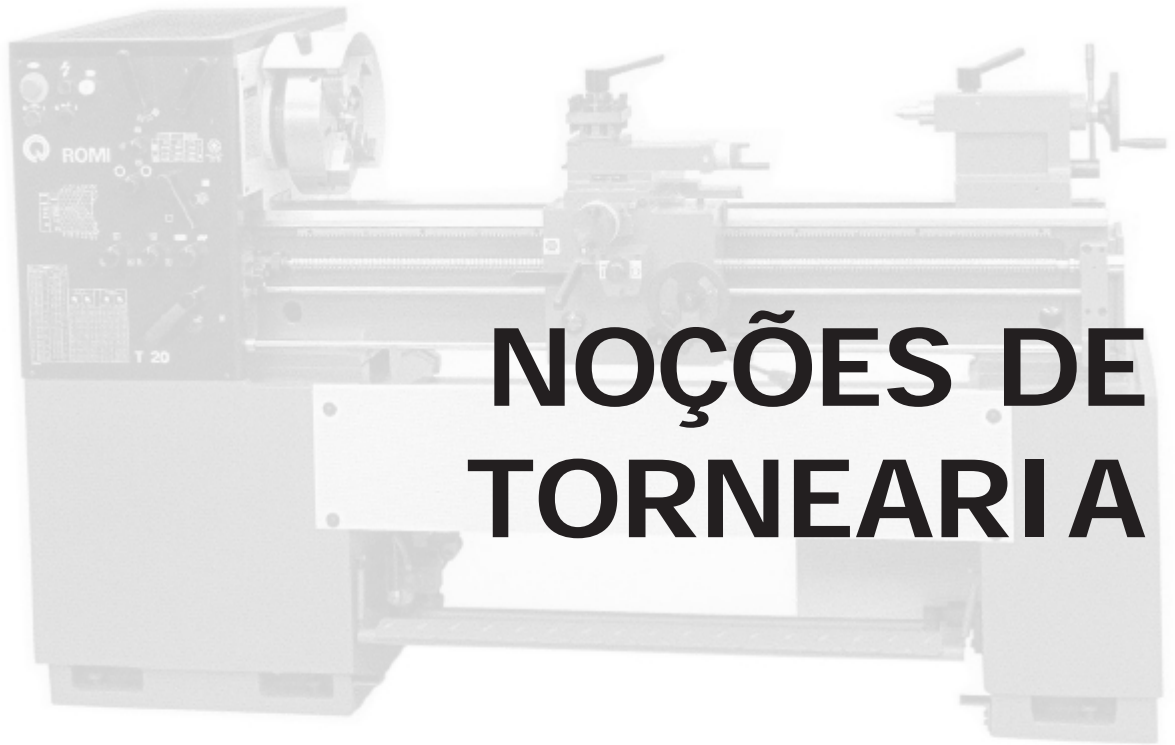
Aços inoxidáveis ferríticos (não temperáveis)

Aços inoxidáveis martensíticos (temperáveis)

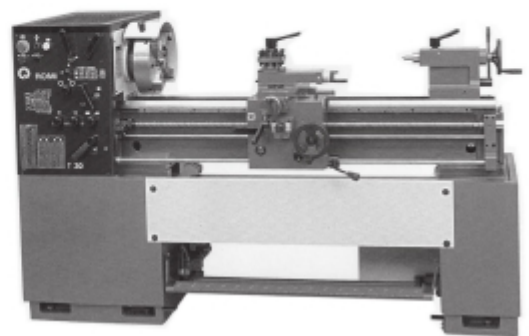
Aços inoxidáveis austeníticos

Os aços dos dois primeiros grupos são ligados com cromo e eventualmente com até 2,5% de níquel podendo conter ainda molibdênio até cerca de 1,5%.

Os aços do terceiro grupo são ligados com cromo e níquel podendo contar ainda molibdênio e em alguns casos titânio ou nióbio e tântalo.



NOÇÕES DE TORNEARIA



Apresentação

A dinâmica social dos tempos de globalização exige dos profissionais atualização constante. Mesmo as áreas tecnológicas de ponta ficam obsoletas em ciclos cada vez mais curtos, trazendo desafios renovados a cada dia e tendo como consequência para a educação a necessidade de encontrar novas e rápidas respostas.

Nesse cenário, impõe-se a educação continuada, exigindo que os profissionais busquem atualização constante durante toda a sua vida – e os docentes e alunos do SENAI/RJ incluem-se nessas novas demandas sociais.

É preciso, pois, promover, tanto para os docentes como para os alunos da educação profissional, as condições que propiciem o desenvolvimento de novas formas de ensinar e aprender, favorecendo o trabalho de equipe, a pesquisa, a iniciativa e a criatividade, entre outros aspectos, ampliando suas possibilidades de atuar com autonomia, de forma competente.

A unidade curricular Noções de Tornearia objetiva levá-lo a usar peças de baixa complexidade em tornos mecânicos convencionais, utilizando acessórios, ferramentas e instrumentos adequados.

A unidade foi estruturada de forma a conduzi-lo ao entendimento do processo de torneamento, dos tipos e ângulos das ferramentas, principais parâmetros de corte e principalmente, o delineamento e a prática na oficina.

Então vamos em frente!!!

Uma palavra inicial

Meio ambiente...

Saúde e segurança no trabalho...

O que é que nós temos a ver com isso?

Antes de iniciarmos o estudo deste material, há dois pontos que merecem destaque: a relação entre o processo produtivo e o meio ambiente; e a questão da saúde e segurança no trabalho.

As indústrias e os negócios são a base da economia moderna. Produzem os bens e serviços necessários e dão acesso a emprego e renda; mas, para atender a essas necessidades, precisam usar recursos e matérias-primas. Os impactos no meio ambiente muito freqüentemente decorrem do tipo de indústria existente no local, do que ela produz e, principalmente, de como

produz.

É preciso entender que todas as atividades humanas transformam o ambiente. Estamos sempre retirando materiais da natureza, transformando-os e depois jogando o que “sobra” de volta ao ambiente natural. Ao retirar do meio ambiente os materiais necessários para produzir bens, altera-se o equilíbrio dos ecossistemas e arrisca-se ao esgotamento de diversos recursos naturais que não são renováveis ou, quando o são, têm sua renovação prejudicada pela velocidade da extração, superior à capacidade da natureza para se recompor. É necessário fazer planos de curto e longo prazo para diminuir os impactos que o processo produtivo causa na natureza. Além disso, as indústrias precisam se preocupar com a recomposição da paisagem e ter em mente a saúde dos seus trabalhadores e da população que vive ao redor delas.

Com o crescimento da industrialização e a sua concentração em determinadas áreas, o problema da poluição aumentou e se intensificou. A questão da poluição do ar e da água é bastante complexa, pois as emissões poluentes se espalham de um ponto fixo para uma grande região, dependendo dos ventos, do curso da água e das demais condições ambientais, tornando difícil localizar, com precisão, a origem do problema. No entanto, é importante repetir que, quando as indústrias depositam no solo os resíduos, quando lançam efluentes sem tratamento em rios, lagoas e demais corpos hídricos, causam danos ao meio ambiente.

O uso indiscriminado dos recursos naturais e a contínua acumulação de lixo mostram a falha básica de nosso sistema produtivo: ele opera em linha reta. Extraem-se as matérias-primas através de processos de produção desperdiçadores e que produzem subprodutos tóxicos. Fabricam-se produtos de utilidade limitada que, finalmente, viram lixo, o qual se acumula nos aterros. Produzir, consumir e dispensar bens desta forma, obviamente, não é sustentável.

Enquanto os resíduos naturais (que não podem, propriamente, ser chamados de “lixo”) são absorvidos e reaproveitados pela natureza, a maioria dos resíduos deixados pelas indústrias não tem aproveitamento para qualquer espécie de organismo vivo e, para alguns, pode até ser fatal. O meio ambiente pode absorver resíduos, redistribuí-los e transformá-los. Mas, da mesma forma que a Terra possui uma capacidade limitada de produzir recursos renováveis, sua capacidade de receber resíduos também é restrita, e a de receber resíduos tóxicos praticamente não existe.

Ganha força, atualmente, a idéia de que as empresas devem ter procedimentos éticos que considerem a preservação do ambiente como uma parte de sua missão. Isto quer dizer que se devem adotar práticas que incluam tal preocupação, introduzindo processos que reduzam o uso de matérias-primas e energia, diminuam os resíduos e impeçam a poluição.

Cada indústria tem suas próprias características. Mas já sabemos que a conservação de recursos é importante. Deve haver crescente preocupação com a qualidade, durabilidade, possibilidade de conserto e vida útil dos produtos. As empresas precisam não só continuar reduzindo a poluição como também buscar novas formas de economizar energia, melhorar os efluentes, reduzir a poluição, o lixo, o uso de matérias-primas. Reciclar e conservar energia são atitudes essenciais no mundo contemporâneo.

É difícil ter uma visão única que seja útil para todas as empresas. Cada uma enfrenta desafios diferentes e pode se beneficiar de sua própria visão de futuro. Ao olhar para o futuro, nós (o público, as empresas, as cidades e as nações) podemos decidir quais alternativas são mais

desejáveis e trabalhar com elas.

Infelizmente, tanto os indivíduos quanto as instituições só mudarão as suas práticas quando acreditarem que seu novo comportamento lhes trará benefícios – sejam estes financeiros, para sua reputação ou para sua segurança.

Devemos ainda observar que a mudança nos hábitos não é uma coisa que possa ser imposta. Deve ser uma escolha de pessoas bem-informadas a favor de bens e serviços sustentáveis. A tarefa é criar condições que melhorem a capacidade de as pessoas escolherem, usarem e disporem de bens e serviços de forma sustentável.

Além dos impactos causados na natureza, diversos são os malefícios à saúde humana provocados pela poluição do ar, dos rios e mares, assim como são inerentes aos processos produtivos alguns riscos à saúde e segurança do trabalhador. Atualmente, acidente do trabalho é uma questão que preocupa os empregadores, empregados e governantes, e as conseqüências acabam afetando a todos.

De um lado, é necessário que os trabalhadores adotem um comportamento seguro no trabalho, usando os equipamentos de proteção individual e coletiva; de outro, cabe aos empregadores prover a empresa com esses equipamentos, orientar quanto ao seu uso, fiscalizar as condições da cadeia produtiva e a adequação dos equipamentos de proteção. A redução do número de acidentes só será possível à medida que cada um – trabalhador, patrão e governo – assuma, em todas as situações, atitudes preventivas, capazes de resguardar a segurança de todos.

Deve-se considerar, também, que cada indústria possui um sistema produtivo próprio, e, portanto, é necessário analisá-lo em sua especificidade para determinar seu impacto sobre o meio ambiente, sobre a saúde e os riscos que o sistema oferece à segurança dos trabalhadores, propondo alternativas que possam levar à melhoria de condições de vida para todos.

Da conscientização, partimos para a ação: cresce, cada vez mais, o número de países, empresas e indivíduos que, já estando conscientizados acerca dessas questões, vêm desenvolvendo ações que contribuem para proteger o meio ambiente e cuidar da nossa saúde. Mas isso ainda não é suficiente... faz-se preciso ampliar tais ações, e a educação é um valioso recurso que pode e deve ser usado em tal direção. Assim, iniciamos este material conversando com você sobre meio ambiente, saúde e segurança no trabalho, lembrando que, no seu exercício profissional diário, você deve agir de forma harmoniosa com o ambiente, zelando também pela segurança e saúde de todos no trabalho.

Tente responder à pergunta que inicia este texto: meio ambiente, saúde e segurança no trabalho – o que é que eu tenho a ver com isso? Depois, é partir para a ação. Cada um de nós é responsável. Vamos fazer a nossa parte?

O processo mecânico de usinagem: torneamento

Nesta seção...

A importância do torneamento no contexto dos processos mecânicos de usinagem

Movimentos principais

Tipos de tornos

Equipamentos e acessórios

Tipos de ferramentas para torneiar

Materiais das ferramentas

Geometria de corte da ferramenta

1

A importância do torneamento no contexto dos processos mecânicos de Usinagem

Quando estudamos a história do homem, percebemos que os princípios de todos os processos de fabricação são muito antigos. Eles são aplicados desde que o homem começou a fabricar suas ferramentas e utensílios, por mais rudimentares que eles fossem.

Um bom exemplo é o processo mecânico de usinagem de torneamento. Ele se baseia em um dos princípios de fabricação dos mais antigos, usado pelo homem desde a mais remota antiguidade, quando servia para a fabricação de vasilhas de cerâmicas. Esse princípio baseia-se na rotação da peça sobre seu próprio eixo para a produção de superfícies cilíndricas ou cônicas.

Apesar de muito antigo, pode-se dizer que este princípio só foi efetivamente usado para o trabalho de metais no começo do século passado. A partir de então, tornou-se um dos processos mais completos de fabricação mecânica, uma vez que permite conseguir a maioria dos perfis cilíndricos e cônicos necessários aos produtos da indústria mecânica.



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

Então, vamos em frente.

Noções de Tornearia - O processo mecânico de usinagem: torneamento

O torneamento, como todos os demais trabalhos executados com máquinas-ferramentas, 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.

Cavaco. Material que é removido da peça pela ferramenta, quando ela está em ação. Tem formatos e tamanhos diferentes, conforme o trabalho e o material utilizado.

Máquina-ferramenta é uma máquina que utiliza ferramentas para realizar o corte. É comumente conhecida como máquina operatriz.

Observe a figura 1: a ferramenta penetra na peça que possui somente um tipo de movimento: o rotativo, ou de giro uniforme ao redor do eixo A que permite o corte contínuo e regular do material. A força necessária para retirar o cavaco é feita sobre a peça, enquanto a ferramenta, firmemente presa ao porta-ferramenta, contrabalança à reação dessa força.

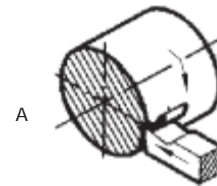


Fig. 1
torneamento

Para executar o torneamento, são necessários três movimentos relativos (Figura 2) entre a peça e a ferramenta. São eles:

- 1. Movimento de corte:** é o movimento principal que permite cortar o material. O movimento é rotativo e realizado pela peça.
- 2. Movimento de avanço:** é o movimento que desloca a ferramenta ao longo da superfície da peça.
- 3. Movimento de penetração:** é o movimento que determina a profundidade de corte ao se empurrar a ferramenta em direção ao interior da peça e assim regular a profundidade do passe e a espessura do cavaco.

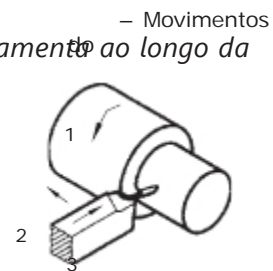


Fig. 2 – Movimentos empregados no torneamento

Vamos, então, estudar melhor tais movimentos.

Movimentos principais

As formas que a peça recebe são provenientes dos movimentos coordenados e relativos entre peças e ferramenta.

Como dissemos antes, em toda máquina-ferramenta há três movimentos distintos:

- Movimento de corte (ou principal).
- Movimento de avanço.
- Movimento de aproximação e penetração.

Movimento de corte (ou principal)

O movimento de corte ou principal é realizado pela própria peça no processo de torneamento, através de seu movimento giratório.

A velocidade do movimento de corte ou principal chama-se velocidade de corte (V_c) e ela é dada ou medida normalmente em m/min.



São vários os fatores que influem na velocidade do corte:

- 1. Material da peça*
 - *material duro – baixa V_c*
 - *material mole – alta V_c*
- 2. Material da ferramenta*
 - *muito resistente – alta V_c*
 - *pouco resistente – baixa V_c*
- 3. Acabamento superficial desejado*
- 4. Tempo de vida da ferramenta*
- 5. Refrigeração*
- 6. Condições da máquina e de fixação*

Movimento de avanço

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

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

Movimento de aproximação e penetração

O movimento de aproximação e penetração serve para ajustar a profundidade (P) de corte, e, juntamente com o movimento de avanço (A), para determinar a secção do cavaco a ser retirado, como, no exemplo da figura 3. Esse movimento pode ser realizado manual ou automaticamente e depende da potência da máquina, assim como da qualidade exigida da superfície a ser usinada.

Veja, na figura 3, uma representação desses três movimentos, acompanhando o sentido das setas V_c (para indicar o movimento de corte), a (para indicar o movimento de avanço) e p (para indicar o movimento de penetração).

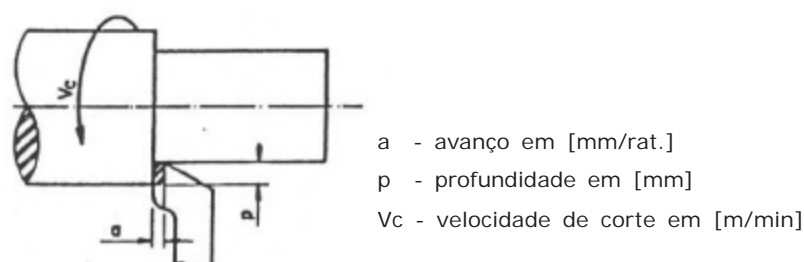


Fig. 3 – Representação dos movimentos principais



O ajuste da profundidade de corte (P) normalmente é medido por meio de uma escala graduada conectada ao fuso (anel graduado).

Em máquinas modernas, esses movimentos são hidráulicos e/ou eletro-hidráulicos. Em máquinas com comando numérico, todos esses movimentos são comandados por elementos eletrônicos.

Agora que você conheceu os principais movimentos no processo de torneamento, vamos melhor exemplificar as forças neles envolvidas.

Secção do cavaco

A secção (área) do cavaco (S) no processo de usinagem é calculada em função da profundidade (P) e do avanço (A) (Figura 4).

$$S = A.P \quad \text{em mm}^2$$

S = secção (área) do cavaco (mm²)

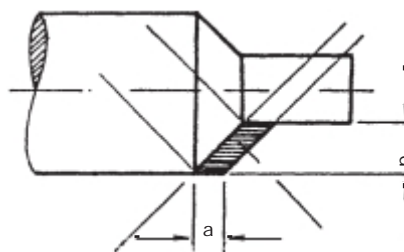


Fig. 4 – Secção de cavaco

Composição das forças de corte

Durante a formação de cavacos, forças geradas pelo corte atuam tanto na ferramenta quanto na peça.

Tais forças devem ser equilibradas, em direção e sentido, pela peça e pelos dispositivos de fixação da máquina. A figura 5 ilustra a representação espacial dessas forças que podem ser aplicadas a outros processos de usinagem.

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

F_a = Força de avanço.

F_p = Força causada pela penetração.

F_r = Força resultante de $F_p + F_a$

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

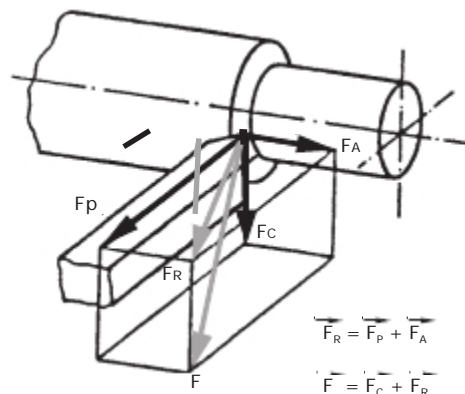


Fig. 5 – Composição das forças

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

$$F_c = S \cdot K_s$$

F_c = força de corte [N]

S = área da secção do cavaco [mm²]

K_s = força específica de corte do material [N/mm²]

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

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



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

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

Mais a frente, estudaremos os principais parâmetros de corte. Nesse momento, será detalhado o cálculo da secção de corte e as forças envolvidas no processo.

A máquina-ferramenta que estamos discutindo neste material denomina-se torno. Daí falamos em processo de torneamento



A origem da palavra torno é latina: tornus. Este termo designava a máquina para toronar marfim, madeira etc., originando o sentido de "forma arredondada", "movimento circular". É esta a idéia presente em expressões como: em torno de (ao redor de) e letra bem torneada (= bem feita).

Vejamos, então, os tipos de torno e suas aplicações.

Tipos de torno

Dependendo da peça a ser usinada, das operações requeridas nesse processo e do tipo de peça, se específica ou seriada, escolhe-se o torno mais adequado. Apresentamos, a seguir, os principais tipos de tornos e os princípios a eles relacionados. Mostraremos, primeiramente, o torno universal, suas partes e seu funcionamento, que são básicos para a compreensão dos demais tipos de tornos.



Torno é uma máquina-ferramenta no qual geralmente são usadas ferramentas monocortantes.

Torno mecânico universal

Embora possua grande versatilidade, este tipo de torno não oferece grandes possibilidades de fabricação em série, devido à dificuldade que apresenta com as mudanças ou troca de ferramentas. Ele pode executar operações que normalmente são feitas por outras máquinas como a furadeira, a fresadora e a retificadora, com adaptações relativamente simples.

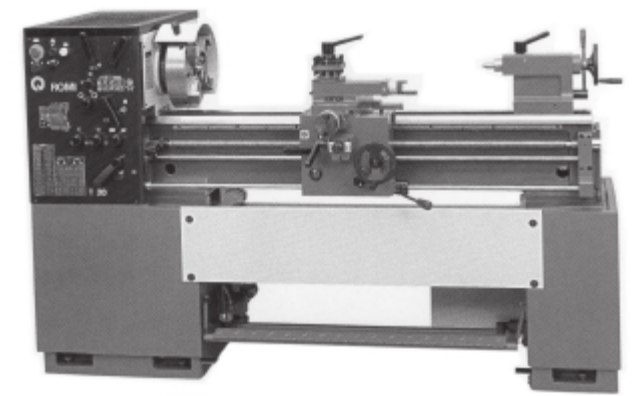


Fig. 6

O torno universal (Figura 6) é o tipo mais simples que existe. Estudando seu funcionamento, é possível entender o funcionamento de todos os outros, por mais sofisticados que sejam. Esse torno possui eixo e barramento horizontal e tem capacidade de realizar todas as operações: faceamento; torneamento externo e interno; broqueamento; furação; corte.

Assim, basicamente, todos os tornos, respeitadas suas variações de dispositivos ou dimensões exigidas em cada caso, apresentam as seguintes partes principais; no que se denomina corpo de máquina: barramento (Figura 7), cabeçote fixo ou árvore (Figura 8) e móvel, caixas de mudança de velocidade.

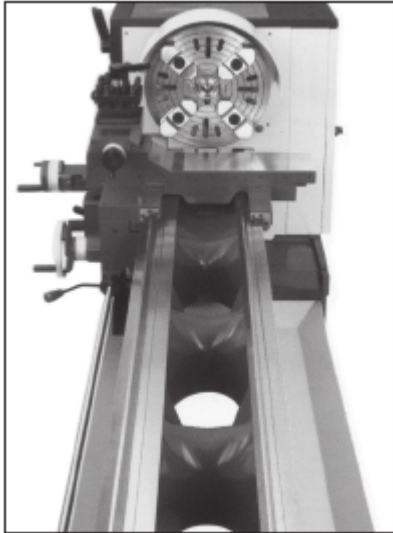


Fig. 7

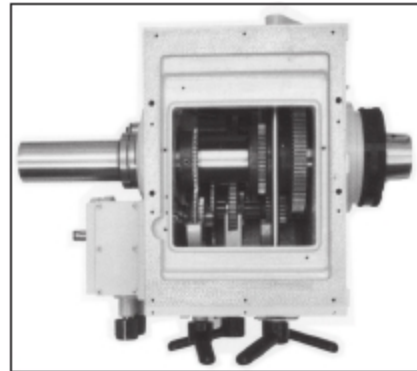


Fig. 8

As partes que compõem o corpo da máquina e as demais que fazem parte do torno são as responsáveis pelo desenvolvimento dos seguintes sistemas:

- **Sistema de transmissão de movimento do eixo:** motor, polia, engrenagens, redutores.
- **Sistema de deslocamento da ferramenta e de movimentação da peça em diferentes velocidades:** engrenagens, caixa de câmbio, inversores de marcha, fusos, vara etc.
- **Sistema de fixação da ferramenta** (Figura 9): torre, carro porta-ferramenta, carro transversal, carro principal ou longitudinal.
- **Sistema de fixação da peça:** placas e cabeçote móvel.
- **Sistema de comandos dos movimentos e das velocidades:** manivelas e alavancas.
- **Sistema de frenagem** (Figura 10)

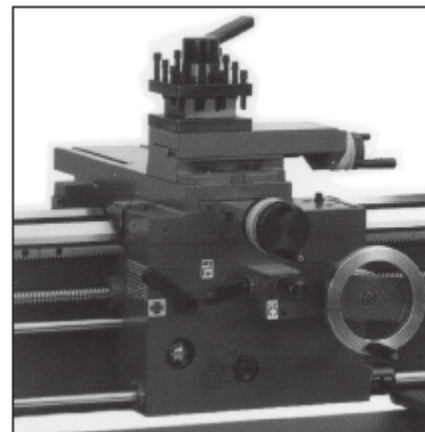


Fig. 9

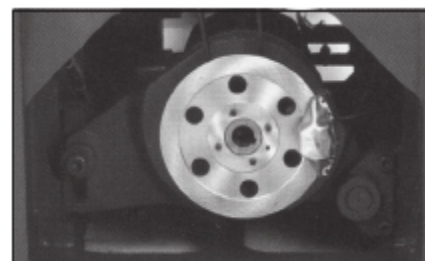


Fig. 10

Detalhando algumas partes do torno

A figura 11 detalha as principais partes de um torno mecânico horizontal.

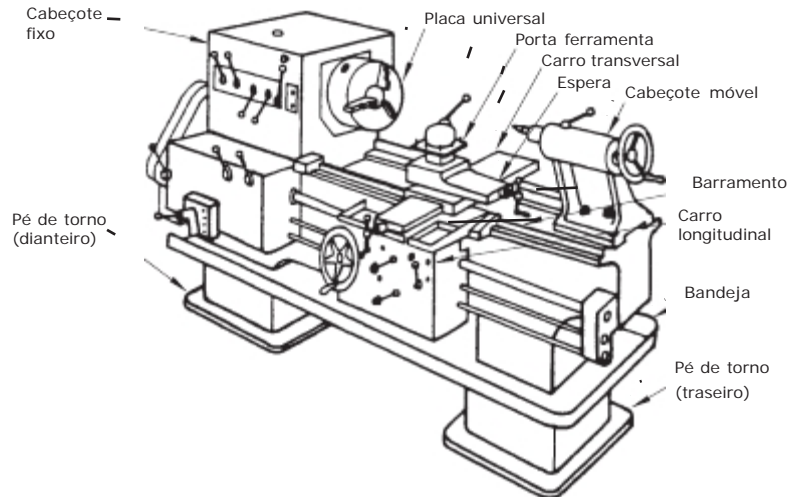


Fig. 11 – Torno horizontal

Placa universal

Serve para fixar as peças cilíndricas ou com número de lados múltiplo de três.

O ajuste ou perfeito encaixe da peça na placa universal é feito com uma chave encaixada no parafuso de aperto da placa (Figura 12).

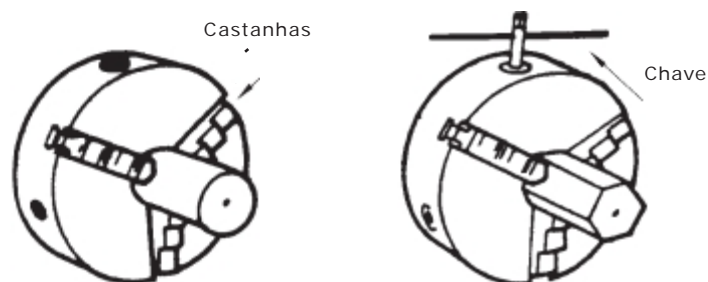
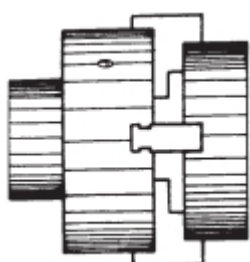
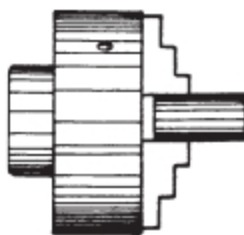


Fig. 12

As placas universais possuem dois tipos de castanhas. Veja-as na figura 13.



Castanha invertida
(para prender peças
de grande diâmetro)



Castanha comum
(para prender peças
de diâmetro menor)



*Castanha. É a
parte da placa
usada para fixar a peça
a ser trabalhada.*

Fig. 13 – Tipos de castanhas

As castanhas são numeradas e devem ser montadas na placa pela ordem de numeração correspondente (Figura 14).



Fig. 14

Porta-ferramenta

É a parte na qual onde se fixa a ferramenta de corte (Figura 15).

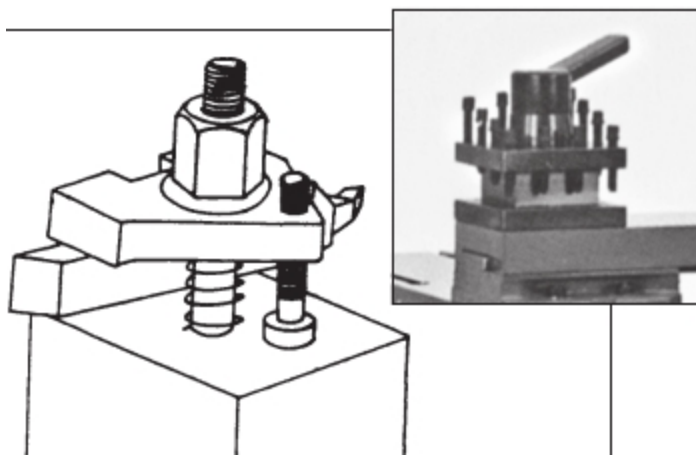


Fig. 15

Cabeçote Móvel

Esta parte serve para prender a contraponta, a broca de haste cônica, os mandris etc. O cabeçote móvel deve trabalhar alinhado com a placa. O alinhamento é feito com um parafuso em sua base. Veja estes itens nas figuras 16 e 17.

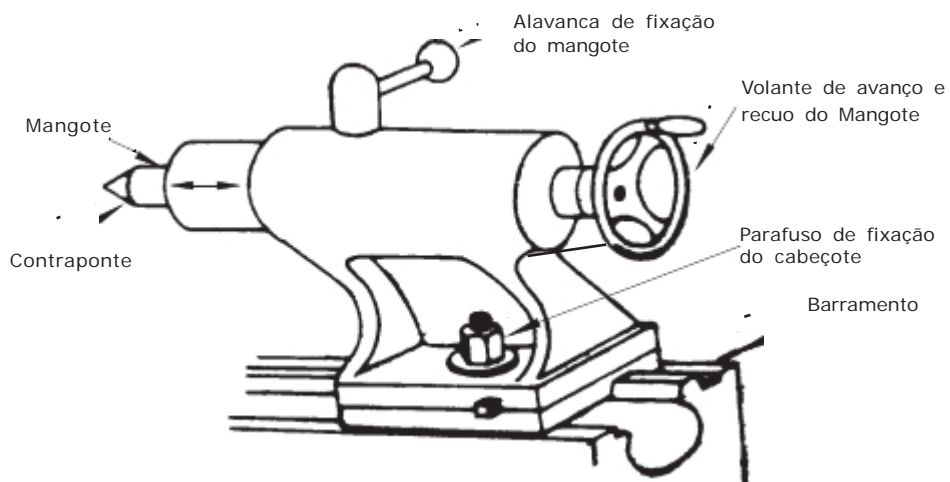


Fig. 16

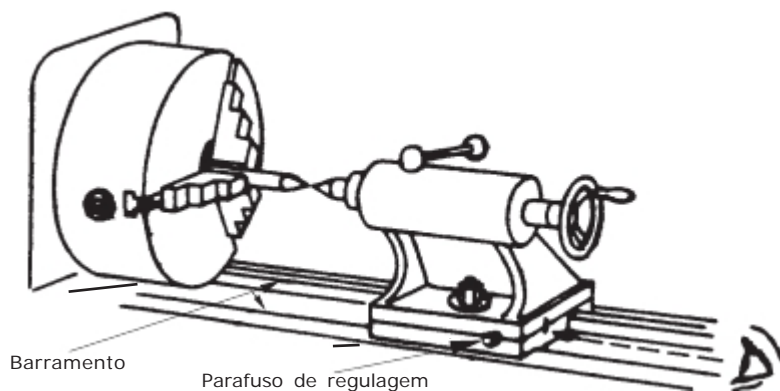


Fig. 17

Barramento

Suporta as partes principais do torno e está situado sobre os pés da máquina-ferramenta. O carro longitudinal e o cabeçote móvel se deslocam sobre ele. O barramento serve de referência para indicar os movimentos longitudinal e transversal (Figura 18).

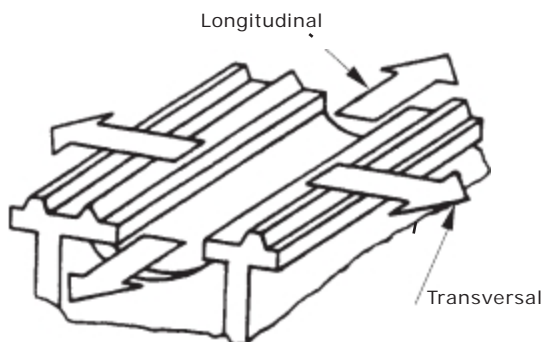


Fig. 18

Cabeçote fixo

Esta parte possui, no seu interior, conjuntos de engrenagens que servem para a mudança de velocidade e o avanço automático do carro longitudinal.

A mudança da velocidade é feita pelas alavancas externas. O cabeçote fixo recebe movimento de um motor elétrico, através da transmissão do movimento, feito por polias e correias.

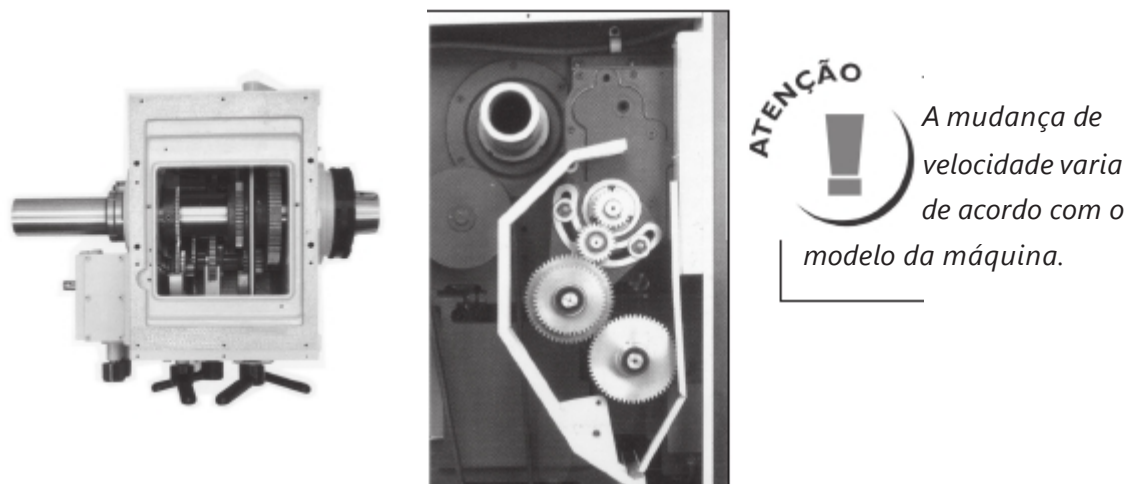


Fig. 19

Carro longitudinal

Esta parte trabalha ao longo do barramento (Figura 20). Seu movimento pode ser feito manualmente, por meio do volante, ou automaticamente.

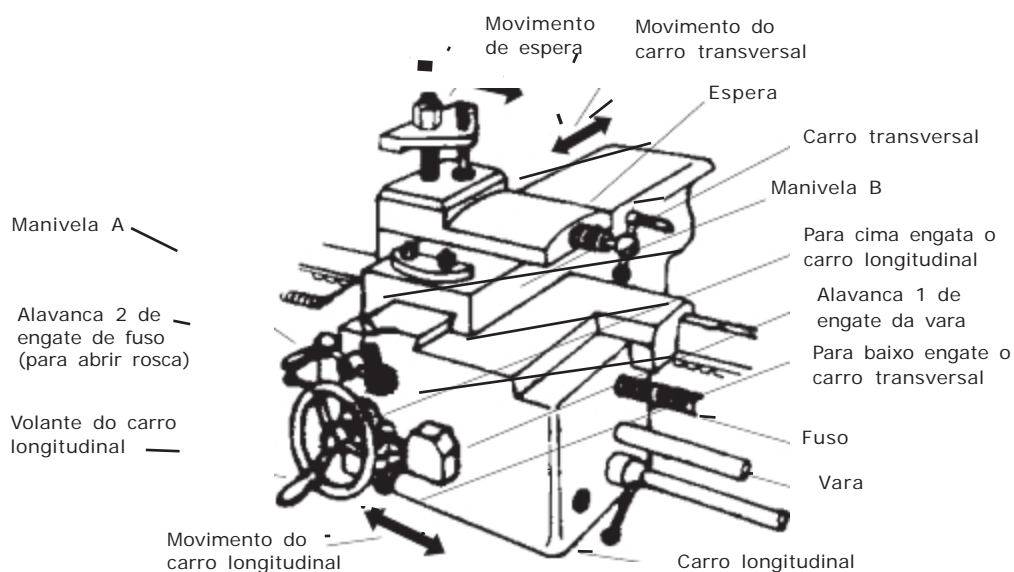


Fig. 20

Fuso

Tem por função controlar o movimento do carro longitudinal. É usado para abertura de rosca.

Vara

Esta parte movimenta o carro longitudinal e transversal para desbastar a peça.

Carro transversal

Trabalha transversalmente ao barramento, sobre o carro longitudinal. Seu movimento pode ser manual, por meio de manivela "A", ou automático, engatando-se a alavanca 1 (para baixo). Estas partes são visíveis na figura 20. É usado para dar profundidade de corte no torneamento longitudinal ou para facear.

Espera

Trabalha sobre o carro transversal. Sobre ela está o porta-ferramenta. Seu movimento é feito por meio da manivela "B" (ver Figura 20). É usada para dar profundidade de corte, manualmente, principalmente no faceamento de peças, ou para o torneamento cônico de peças pequenas, através da inclinação da espera.



A espera não deverá ser recuada além do seu barramento (Figura 21).

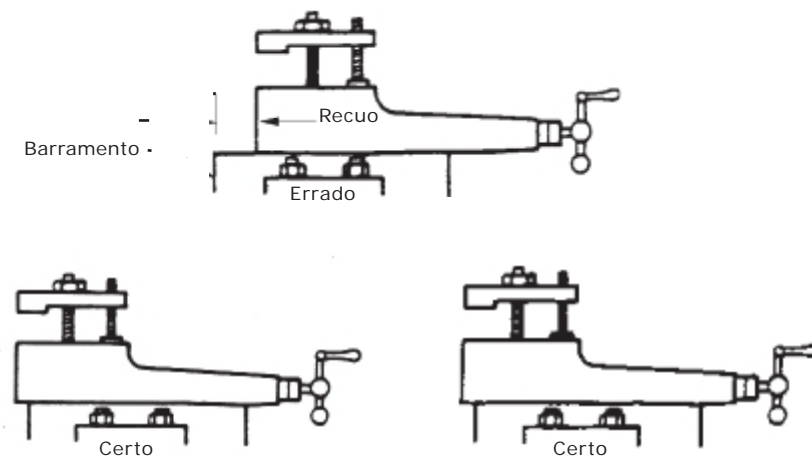


Fig. 21

Suporte de ferramenta

Esta parte é destinada a prender ferramentas de corte (Figura 22).

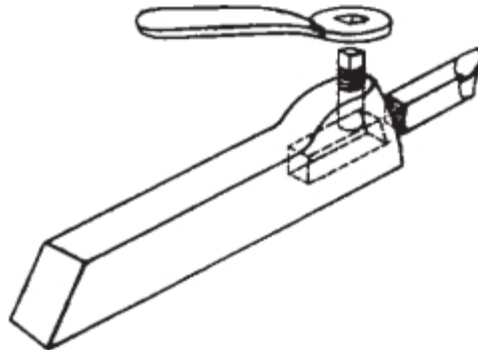


Fig. 22

Anel graduado

Esta parte tem como função controlar o movimento dos carros. Para remover certa espessura de material, ou seja, "dar um passe", o torneiro necessita fazer avançar a ferramenta contra a peça, na medida determinada. A fim de que o trabalho se execute de modo preciso, a medida da espessura a ser removida deve ser fixada e garantida por um mecanismo que, além de produzir o avanço, permita o exato e cuidadoso controle desse avanço.

O torno mecânico possui, em dois lugares diferentes, mecanismos que atendem a tais condições:

- 1º) No carro transversal, cujo deslocamento é sempre perpendicular ao eixo da peça ou à linha de centros do torno (Figura 23);
- 2º) Na espera, onde se situa o porta-ferramenta; ela pode ser inclinada a qualquer ângulo, pois sua base é rotativa e dispõe de graduação angular.

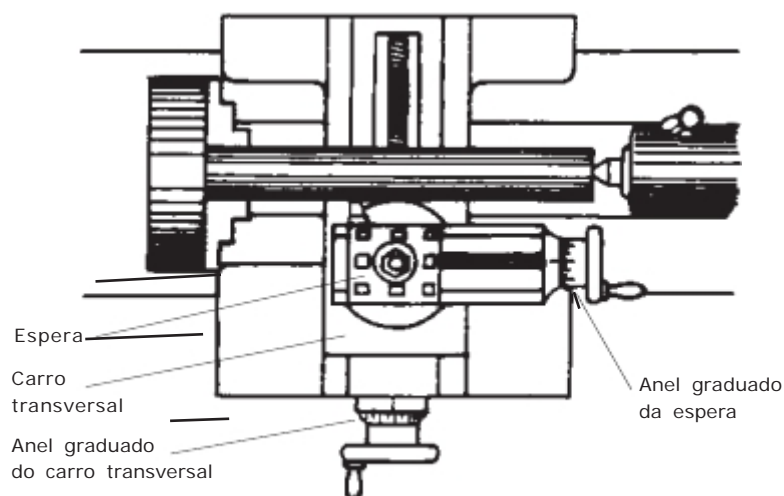


Fig. 23

Os dois mecanismos possibilitam o avanço de ferramenta por meio de um sistema parafuso-porca. O parafuso gira entre buchas fixas, pela rotação de um volante ou de uma manivela. Com o giro do parafuso, a porca (que é presa à base do carro) desloca-se e arrasta o carro, fazendo-o avançar ou recuar, conforme o sentido do parafuso.

O controle dos avanços, em ambos os carros, se faz por meio de graduações circulares existentes em torno de buchas ou anéis cilíndricos, solidários com os eixos dos parafusos de movimento, e junto aos volantes ou às manivelas.

Os anéis graduados, também chamados “colares micrométricos”, são os dispositivos circulares que determinam e controlam as medidas em que se devem avançar os carros, mesmo que os avanços tenham de ser muitos pequenos.



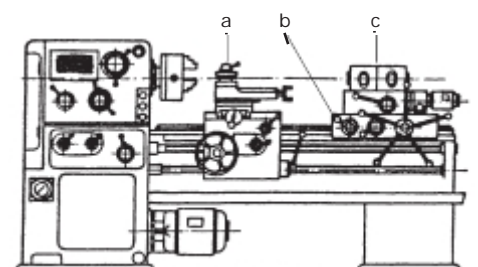
Alguns tornos mecânicos possuem colares micrométricos no volante do carro longitudinal, facilitando o controle de deslocamento longitudinal.

Agora que você conhece as principais partes do torno mecânico universal, que são comuns a todos os tornos, passaremos a novos tipos de tornos mecânicos, nos quais o diferencial é a capacidade de produção (se é automático ou não); o tipo de comando (manual, hidráulico, eletrônico, por computador etc.).

Nesse grupo se enquadram os tornos revólver, copiadores, automáticos ou por comando numérico computadorizado.

Torno revólver

A característica fundamental do torno revólver é o emprego de várias ferramentas, convenientemente dispostas e preparadas, para executar as operações de forma ordenada e sucessiva. (Figura 24)



- a - torre anterior
- b - carro revólver
- c - torre revólver

Fig. 24 – Torno revólver

As ferramentas adicionais são fixadas em um dispositivo chamado torre revólver (Figura 25). Essas ferramentas devem ser montadas da forma sequencial e racionalizada para que se alcance o objetivo visado.

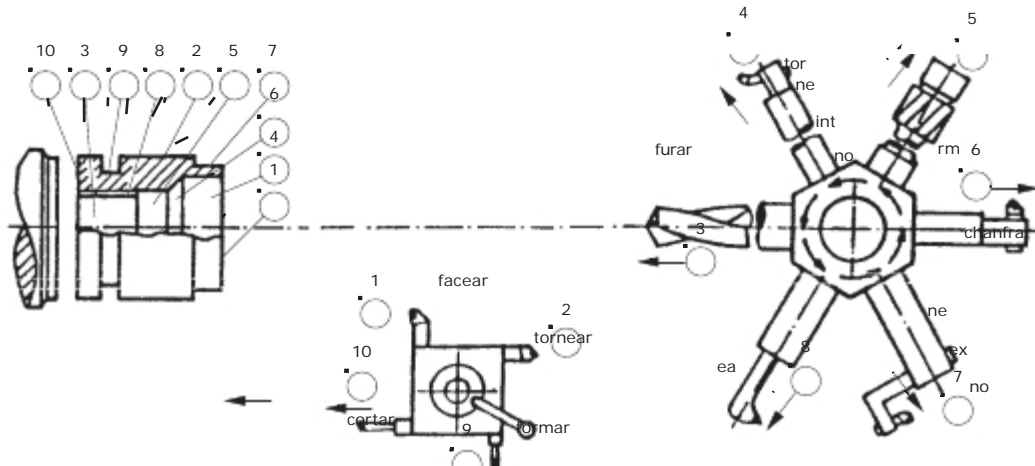


Fig. 25 – Torre revólver

A torre normalmente é hexagonal, podendo receber até seis ferramentas; porém, se for necessário uma variedade maior, a troca de equipamentos se processa de forma rápida.

Torno de placa ou platô

O torno de placa ou platô é amplamente utilizado nas empresas que executam trabalhos de mecânica e caldeiraria pesada. É adotada para torneamento de peças de grande diâmetro, como polias, volantes, flanges etc. (Figura 26).

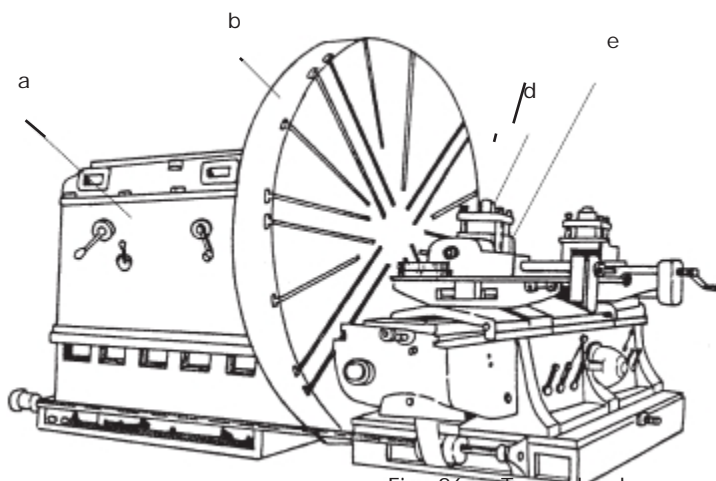


Fig. 26 – Torno de placa ou platô

- a - cabeçote
- b - placa
- c - sela
- d - porta-ferramenta
- e - carros

Torno vertical

Esse tipo de torno possui o eixo de rotação vertical e é empregado no torneamento de peças de grandes dimensões, como volantes, polias, rodas dentadas etc. que, devido ao peso, podem ser montadas mais facilmente sobre uma plataforma horizontal do que sobre uma plataforma vertical (Figura 27).

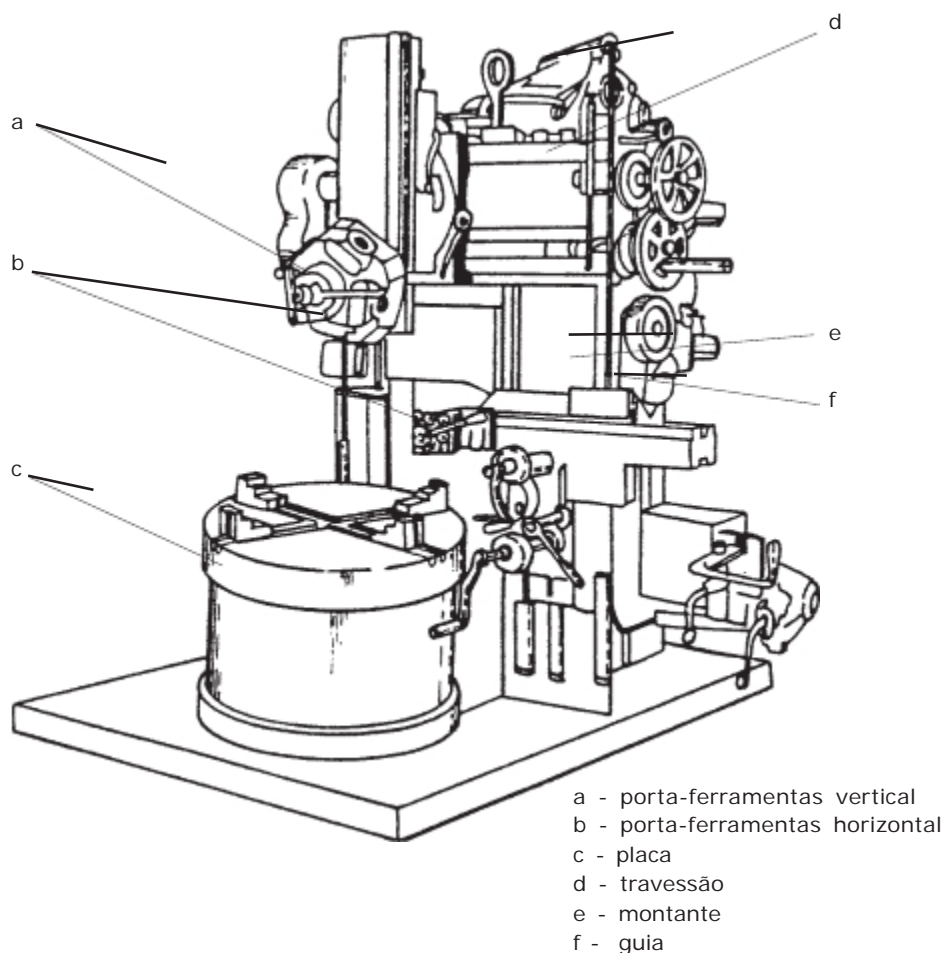


Fig. 27 – Torno vertical

Torno copiador

Neste torno, os movimentos que definem a geometria da peça são comandados por mecanismos que copiam o contorno de um modelo ou chapelona.

No copiador hidráulico, um apalpador, em contato com o modelo, transmite o movimento através de um amplificador hidráulico que movimenta o carro porta-ferramentas (Figura 28).

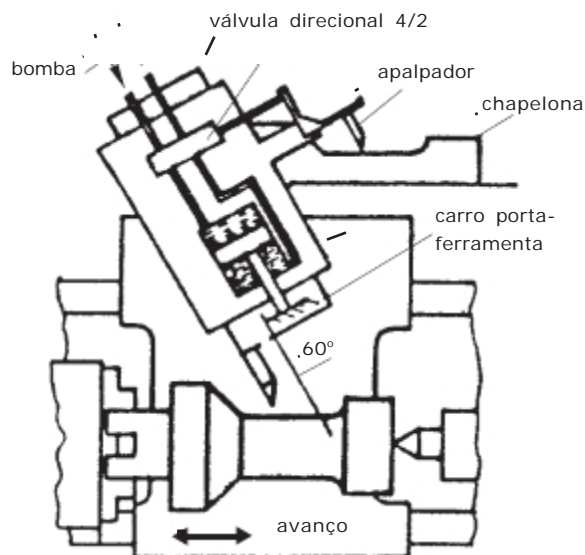


Fig. 28 – Detalhe do torno copiador

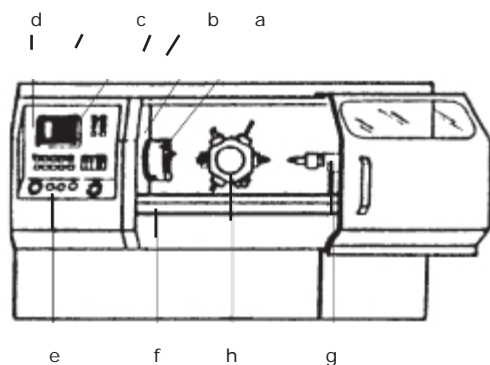
O torno copiador tem grande aplicabilidade e não deve ser utilizado em produções de peças pequenas, por ser antieconômico.

Torno CNC

Os tornos automáticos, muito utilizados na fabricação de grandes séries de peças, são comandados por meio de cames, excêntricos e fim de curso. O seu alto tempo de preparação e ajuste, para início de nova série de peças, faz com que ele não seja viável para médios e pequenos lotes, daí o surgimento das máquinas CNC (comando numérico computadorizado) (Figuras 29 e 30).



Cames, excêntricos e fim de curso, são peças que fazem parte do sistema de controle dos movimentos rotativos e retilíneos da máquina.



- a - placa
- b - cabeçote principal
- c - vídeo display
- d - programação
- e - painel de operação
- f - barramento
- g - cabeçote móvel
- h - torre porta-ferramenta

Fig. 29 – Torno CNC



Fig. 30

Fig. 30



A tecnologia avança a passos largos. Hoje, já são comercializados tornos CNC com múltiplas funções, que podem ser usados tanto como tornos convencionais ou como torno CNC tradicional (Figura 31).



Fig. 31

Há uma série de equipamentos que são adotados para uso com o torno. Vejamos alguns deles.

Equipamentos e acessórios

Apresentaremos o detalhamento dos equipamentos e acessórios que são considerados os principais.

Contraponto (fixo) e ponto rotativo

Utilizados nas operações de torneamento que requerem fixação entre pontos de torno (Figura 32). O ponto rotativo é fixado no cabeçote móvel, assim como o contraponto. A diferença é que o contraponto fixo é usado para torneamento em baixas rotações e com lubrificantes. Atualmente nos trabalhos de usinagem é mais usado o ponto rotativo.

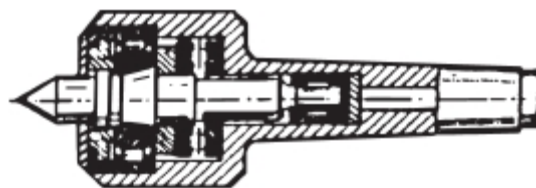


Fig. 32 – Ponto rotativo

Placa universal

Apesar de ser uma parte do torno, a placa universal é um equipamento muito comum e importante nos trabalhos de torneamento, sendo a mais utilizada das placas. Daí, a elencamos aqui entre os equipamentos. Possui três castanhas que efetuam o aperto da peça simultaneamente e sua conseqüente centralização. Pode efetuar fixação em diâmetros internos e externos (Figura 33).

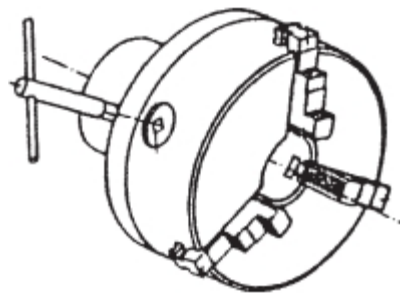


Fig. 33 – Placa universal

Placa de arraste

Este equipamento é usado no torneamento de peças fixadas entre pontas, em que se pretende manter a maior concentricidade no comprimento total torneado (Figura 34).

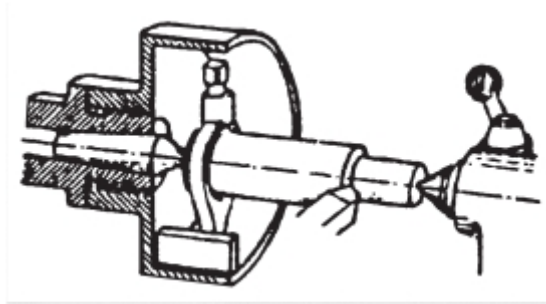


Fig. 34 – Placa de arraste

Placa de quatro castanhas

Utilizada na fixação de peças de perfis irregulares, pois suas castanhas de aperto podem ser acionadas separadamente, oferecendo condições de centragem da região que se pretende usinar (Figura 35).

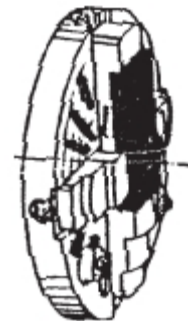


Fig. 35 – Placa de quatro castanhas

Placa plana

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

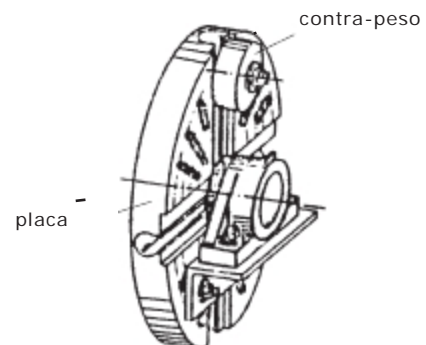


Fig. 36 – Placa plana

Luneta fixa

Este acessório tem grande utilidade quando pretendemos tornear eixos longos de pequenos diâmetros, pois atua como mancal, evitando que a peça saia de centro ou vibre com a ação da ferramenta (Figura 37).

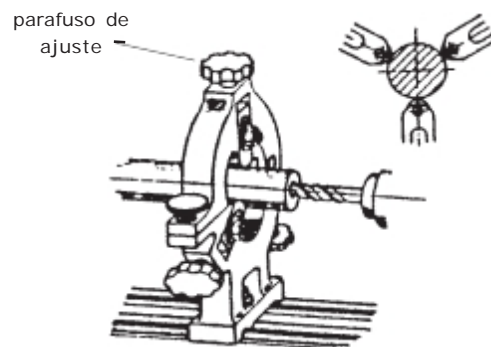


Fig. 37 – Luneta fixa

Luneta móvel

A luneta móvel é utilizada em eixos de pequenos diâmetros, os quais são sujeitos a flexões e vibrações na usinagem (Figura 38). Ela também funciona como mancal e deve ser montada sempre junto da ferramenta, para evitar vibrações e flexões, pois tais movimentos anulam as forças de penetração da ferramenta.

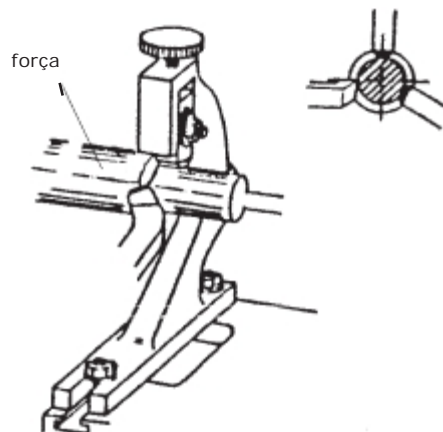


Fig. 38 – Luneta móvel

Mandril pinça

Este acessório de fixação é amplamente utilizado quando se pretende torneiar eixos de diâmetros pequenos, por oferecer grande precisão na concentricidade. Ele permite rápidas trocas de peças e é comumente encontrado em tornos automáticos (Figura 39).

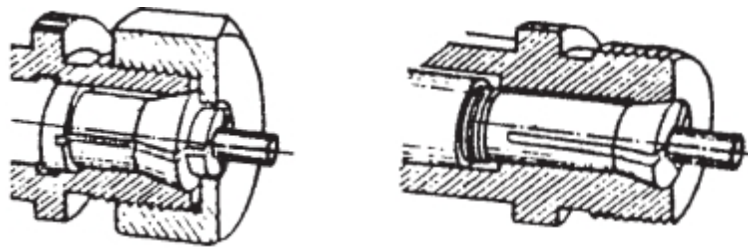


Fig. 39 – Mandril pinça

Mandril expansivo

É utilizado na fixação de peças que terão seu diâmetro externo totalmente torneado, visando manter uniformidade na superfície (Figura 40).

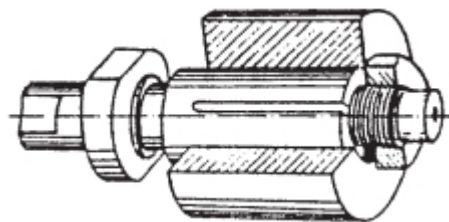


Fig. 40 - Mandril expansivo

Mandril paralelo de aperto com porca

É utilizado na fixação de uma ou várias peças por vez (Figura 41).

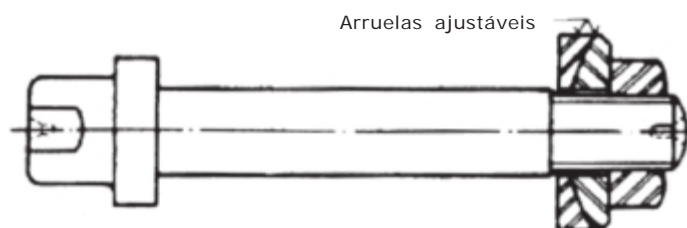


Fig. 41

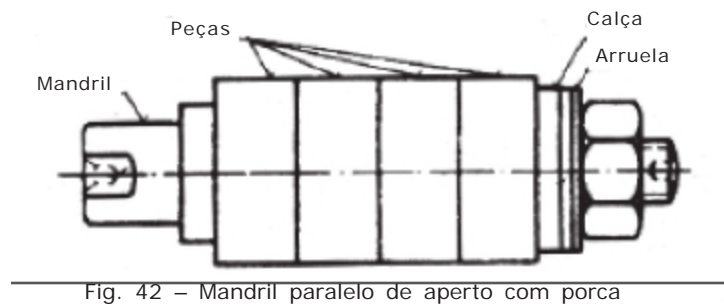


Fig. 42 – Mandril paralelo de aperto com porca

Mandril porta-broca

É utilizado para fixar brocas no trabalho de furação. Ele é fixado, geralmente, no cabeçote móvel.

Até este ponto, você teve contato com os diferentes tipos de torno e as suas partes e acessórios principais.

Passaremos a outro tópico importante: as ferramentas utilizadas no torno para se efetuar o torneamento.

Tipos de ferramentas para torneiar

As ferramentas utilizadas no processo de torneamento podem ser classificadas em dois grandes grupos: usadas no torneamento externo e no torneamento interno.

Torneamento externo

Há diversos tipos de ferramentas para torneiar externamente. As suas formas, os ângulos, os tipos de operações que executam e o sentido do corte são os fatores que as caracterizam e as diferenciam entre si.



É considerado sentido à direita quando a ferramenta se deslocar em direção à árvore (cabecote fixo) (Figura 43).

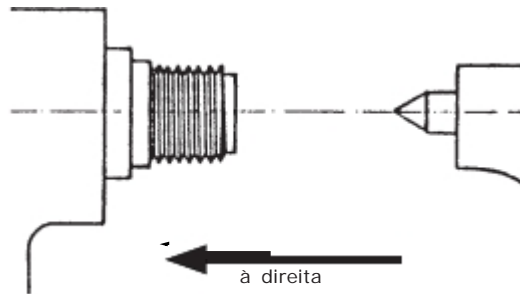
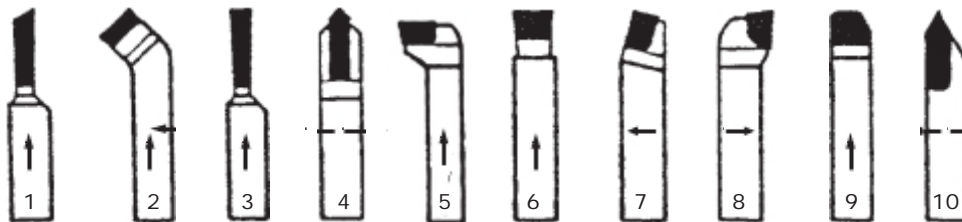
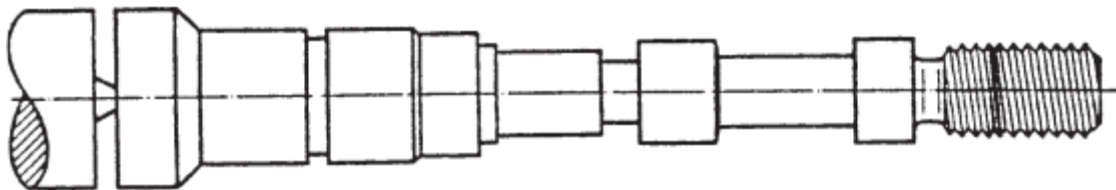


Fig. 43 – Sentido de corte

A figura 44 ilustra algumas ferramentas para torneamento externo, com setas indicando o sentido do movimento.



- | | |
|------------------------|----------------------------------|
| 1. Cortar | 6. Sangrar à direita |
| 2. Cilindrar à direita | 7. Desbastar à direita |
| 3. Sangrar | 8. Cilindrar e facear à esquerda |
| 4. Alisar | 9. Formar |
| 5. Facear à direita | 10. roscar |

Fig. 44 – Peças para torneamento externo

Torneamento interno

As ferramentas utilizadas para torneiar internamente podem ser de corpo único, com pontas montadas ou com insertos. Podemos adotá-las nas operações de desbaste ou de acabamento, variando os ângulos de corte e a forma da ponta (Figura 45). Elas recebem o nome de bedame.

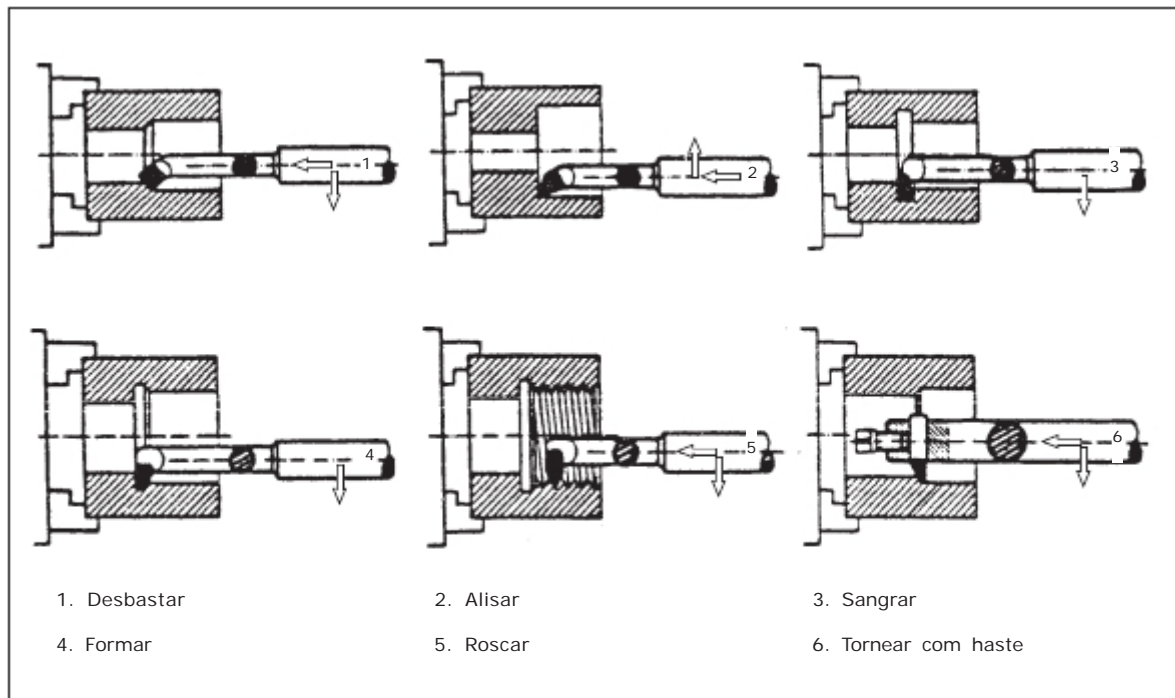


Fig. 45 – Ângulos do bedame

Materiais das ferramentas

Os materiais dos quais as ferramentas de corte são feitas são os responsáveis pelo seu desempenho e conferem-lhes características físicas e propriedades mecânicas.

Os materiais mais comuns são: aço-carbono, aço rápido, metal duro, cerâmica.

Aço-carbono

O aço-carbono possui teores que variam de 0,7 a 1,5% de carbono e é usado em ferramentas para usinagens manuais ou em máquinas-ferramenta.

Trata-se de um material utilizado para pequenas quantidades de peças, não sendo adequado para altas produções. É pouco resistente a temperaturas de corte superiores à 250°C, daí a desvantagem de usarmos baixas velocidades de corte.

Aço rápido

O aço rápido possui, além do carbono, outros elementos de liga, tais como: tungstênio, cobalto, cromo, vanádio, molibdênio, boro etc., que são os responsáveis pela excelente propriedade de resistência ao desgaste.

Os elementos desta liga, além de conferirem maior resistência ao desgaste, aumentam a resistência de corte a quente (550°C) e possibilitam maior velocidade de corte.

Tipos de aço rápido:

Comum: 3%W, 1%Va

Superior: 6%W, 5%Mo, 2%Va

Extra-superior: 12%W, 4%Mo, 3%Va e Co até 10%

Extra-rápido: 18W2Cr, 2Va e 5%Co



Como exemplo de ferramentas feitas em aço rápido, podemos destacar brocas, alargadores, ferramenta de torno, fresas de topo, fresas circulares etc.

Metal duro

O metal duro é comumente chamado carboneto metálico e compõe as ferramentas de corte mais utilizadas na usinagem dos materiais na mecânica (Figura 46).

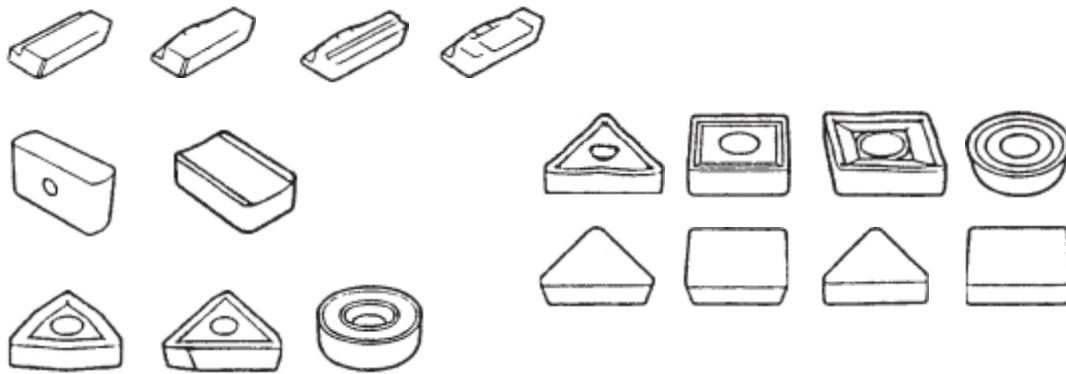
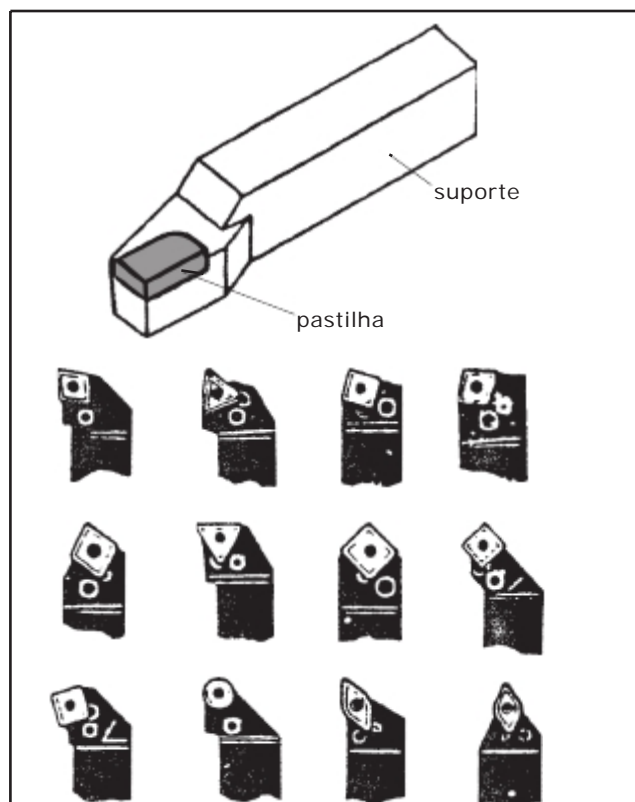


Fig. 46 – Pastilhas de metal duro

Os elementos mais importantes de sua composição são o tungstênio, o tântalo, o titânio e o molibdênio, além do cobalto e do níquel como aglutinantes. O carboneto metálico possui grande resistência ao desgaste, e apresenta as seguintes vantagens:

- Alta resistência ao corte a quente, mantendo uma dureza de 70HRC até 800°C.
- Alta velocidade de corte (± 50 a 300m/min), isto é, até 10 vezes mais que a velocidade do aço rápido. Isso favorece um maior volume de cavaco por usinagem.
- Maior vida útil para a ferramenta, exigindo, porém, máquinas e suportes mais robustos para evitar vibrações, que são críticas para os metais duros.
- As pastilhas de metal duro podem ser de dois tipos: aquelas fixadas com solda (Figura 47) e aquelas que são intercambiáveis.

Aglutinante – material ou elemento que dá liga em uma mistura.



Suportes compastilhas intercambiáveis

Fig. 47 – Fixação de pastilhas



A intercambialidade elimina os tempos de parada da máquina para afiação.

Há muitos tipos de modelos de suportes existentes no mercado; também são vários os sistemas de fixação da pastilha no suporte. A escolha está vinculada à operação e aos ângulos de corte desejados, pois estes são resultantes da combinação entre os ângulos da pastilha e a inclinação de seu assento no suporte (Figura 48).

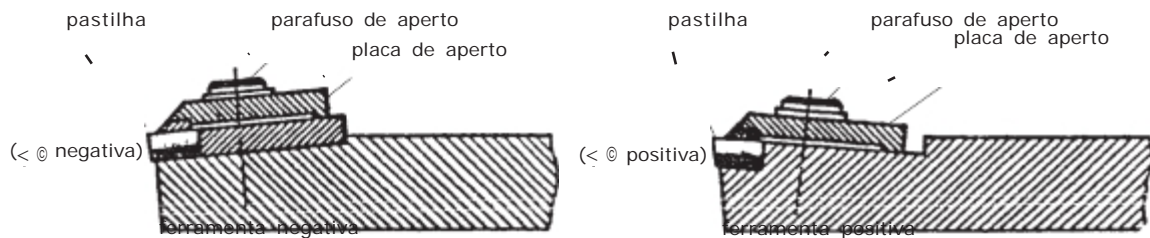


Fig. 48 – Definição de ângulos de corte



A escolha da pastilha em função da aplicação é feita através de consulta a tabelas específicas.

Cerâmica

As ferramentas de cerâmica são constituídas de pastilhas sinterizadas com aproximadamente 98% a 100% de óxido de alumínio.

Possuem dureza maior que a de metal duro, e possuem uma velocidade de corte de 5 a 10 vezes maior (Figura 49).

O seu gume de corte pode resistir ao desgaste em uma temperatura de até 1.200°C, o que favorece a aplicação na usinagem de materiais como ferro fundido, ligas de aço etc.

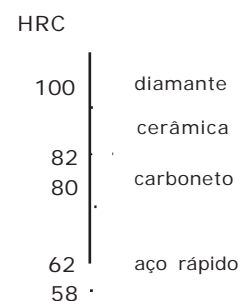


Fig. 49 – Escala de dureza

As pastilhas de cerâmica também podem ser intercambiáveis, porém, em função da sua alta dureza, possuem pouca tenacidade e necessitam de suportes robustos que evitem vibrações (Figura 50) e máquinas operatrizes que ofereçam boas condições de rigidez.

O volume de cavaco por tempo é muito superior ao do metal duro, em função de suas altas velocidades de corte.



Tenacidade é a qualidade do material que é tenaz, ou seja, resiste à ruptura, apresentando deformação permanente, em virtude da consistência do material que compõe o seu interior.

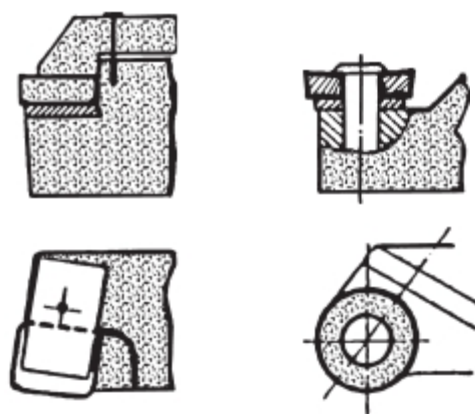


Fig. 50 – Suportes

Nos próximos tópicos vamos avançar na questão do corte e dos ângulos das ferramentas.

Geometria de corte da ferramenta

O estudo das condições de formação de calor e sua transmissão, em função de diferentes fatores de corte, permite que se determinem as dimensões e as formas mais convenientes das ferramentas, além de um melhor regime de trabalho e durabilidade da aresta de corte da ferramenta.

No que se refere à geometria de corte da ferramenta, a definição depende de onde se encontra a aresta de corte principal: se está à esquerda ou à direita, conforme figura 51.

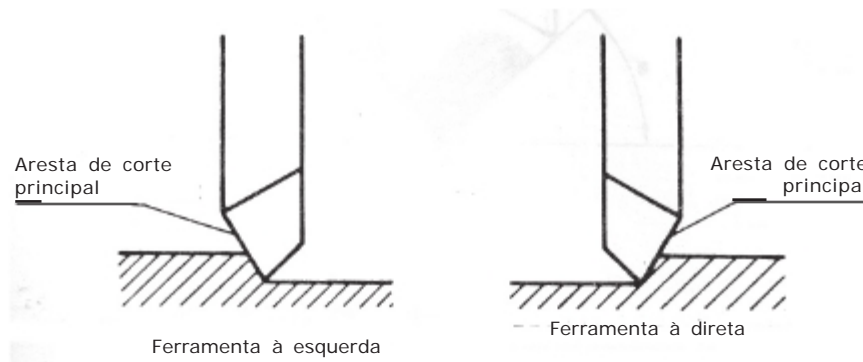


Fig. 51 – Ferramenta esquerda e direita

A geometria de corte da ferramenta é influenciada, na usinagem, pelas variáveis a seguir:

- ângulo de corte
- forma da ferramenta

A segunda variável já foi vista ao longo do material até aqui. Passemos, então, à primeira.

Ângulo da ferramenta de torneiar

Os ângulos e superfícies da geometria de corte das ferramentas são de grande importância e constituem elementos fundamentais no rendimento e durabilidade dos equipamentos.

A figura 52 apresenta os ângulos representados espacialmente e a figura 53 apresenta os ângulos no plano.

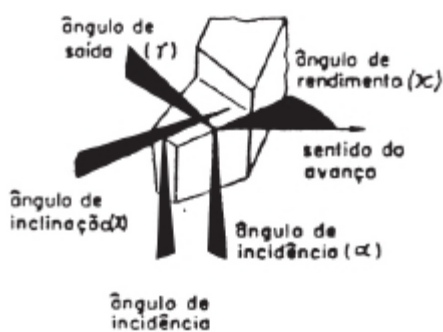


Fig. 52 – Ângulos no espaço

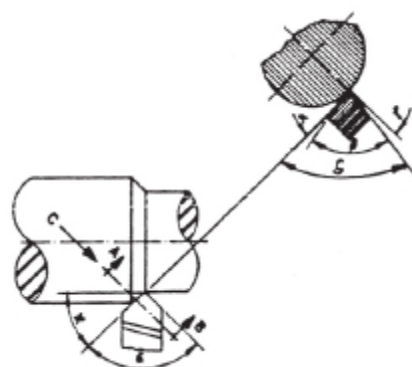


Fig. 53 – Ângulos no plano

Os ângulos da ferramenta de torneiar são os seguintes:

- Ângulo de incidência (ϕ), compreendido entre a peça e a ferramenta. Varia de 5 a 12°.
- Ângulo de cunha (θ) formado pelas faces de incidência e de saída, deve ser determinado em função do material.

Materiais moles $\theta=40$ a 50° (alumínio)

Materiais tenazes $\theta=55$ a 75° (aço)

Materiais duros $\theta=75$ a 85°

- Ângulo de saída (ψ) formado pelas faces de ataque e pelo plano da superfície de saída, é determinado em função do material.

Materiais moles $\psi=15$ a 40°

Materiais tenazes $\psi=14$ °

Materiais duros $\psi=0$ a 8°

- Ângulo de corte (τ), que varia em função do material da peça, resultando: $\tau = \phi + \theta$

- Ângulo de ponta (Σ) formado pelas arestas cortantes. Conforme o avanço, temos:

Avanço até 1mm/volta ângulo de $\Sigma = 90$ °

Avanço maior que 1mm/volta ângulo $\Sigma > 90$ °

- Ângulo de rendimento (λ) é formado pela aresta cortante e a superfície da peça trabalhada. Ao se determinar o ângulo λ de uma ferramenta de corte para torneiar, deve-se levar em consideração as forças de corte que dele dependem. Vejamos como.

Ângulo $\lambda > 45$ °

Pequena parte da aresta cortante tem contato com o material, resultando no seu rápido desgaste (Figura 54).

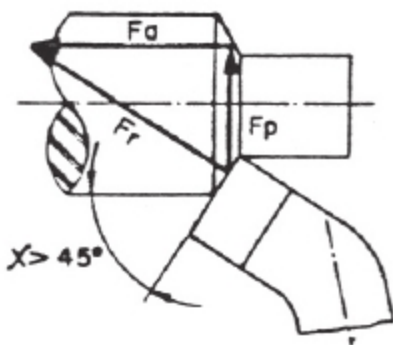


Fig. 54 - Ângulo $\lambda > 45$ °

Esse ângulo é usado no torneamento de peças compridas e de diâmetros pequenos, porque proporciona pouco esforço radial (F_p).

Ângulo $\phi = 45^\circ$

A fixação ideal da ferramenta para cilindrar uma peça é posicionar o corpo da ferramenta a 90° em relação ao eixo de simetria da peça e com ângulo de rendimento $\phi = 45^\circ$, salvo em casos especiais (Figura 55).

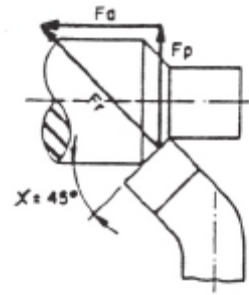


Fig. 55 - Ângulo $\phi = 45^\circ$

Ângulo $\phi < 45^\circ$

Neste caso, a aresta de corte tem bastante contato com o material (Figura 56). Por isso, o seu desgaste é menor, mas ocasiona grande esforço radial (F_p).

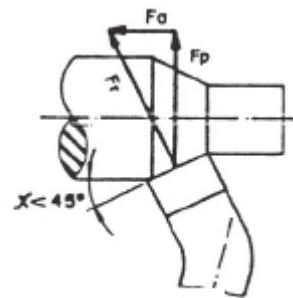


Fig. 56 - Ângulo $\phi < 45^\circ$

- ângulo de inclinação de aresta constante (λ) tem por finalidade controlar a direção de escoamento do cavaco e o consumo de potência, além de proteger a ponta das ferramentas de corte e aumentar seu tempo de vida útil (Figura 57). O ângulo de inclinação pode variar de $\lambda = -10^\circ$ a $\lambda = +10^\circ$.

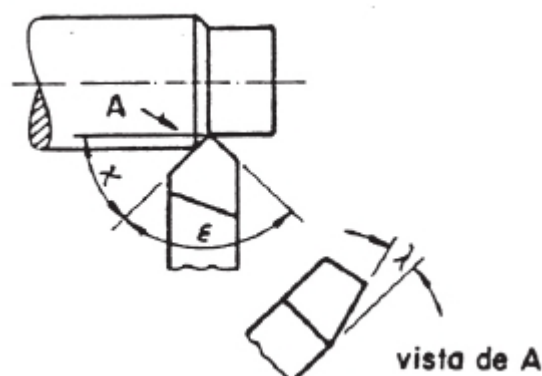


Fig. 57 - Ângulo de inclinação

O ângulo de inclinação pode ser negativo, positivo e neutro.

Ângulo negativo

Quando a ponta de ferramenta for a parte mais baixa em relação à aresta de corte. É usado nos trabalhos de desbaste e em cortes interrompidos (peças quadradas, com rasgos ou com ressaltos) em materiais duros (Figura 58).

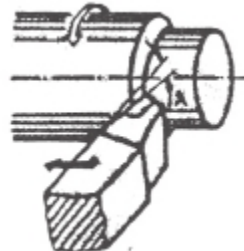


Fig. 58 - Ângulo de negativo

Ângulo positivo

Dizemos que \angle é positivo quando a ponta da ferramenta em relação à aresta de corte for a parte mais alta. É usada na usinagem de materiais macios, de baixa dureza (Figura 59).

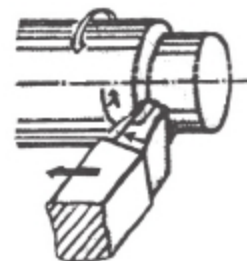


Fig. 59 - Ângulo positivo

Ângulo neutro

Dizemos que \angle é neutro quando a ponta da ferramenta está na mesma altura da aresta de corte. É usado na usinagem de matérias duros e exige menor potencia do que \angle positivo ou negativo (Figura 60).

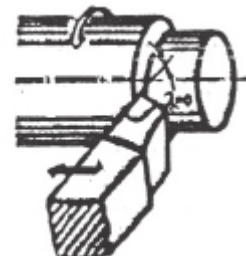


Fig. 60 - Ângulo neutro

Ângulo em função do material

O fenômeno de corte é realizado pelo ataque da cunha da ferramenta. Nele o rendimento depende dos valores dos ângulos da cunha, pois é esta que corrompe as forças de coesão do material da peça. Experimentalmente, determinaram-se os valores desses ângulos para cada tipo de material da peça.

A tabela 1 nos fornece os valores para os materiais mais comuns.

Tabela 1 - Ângulos recomendados em função do material

Material	Ângulos			
	⟨	®	©	
Aço 1020 até 45N/mm ²	8	55	27	0 a -4
Aço 1045 até 70N/mm ²	8	62	20	0 a -4
Aço 1060 acima de 70N/mm ²	8	68	14	-4
Aço ferramenta 0,9%C	6 a 8	72 a 78	14 a 18	-4
Aço inox	8 a 10	62 a 68	14 a 18	-4
FoFo brinell até 250HB	8	76 a 82	0 a 6	0 a -4
FoFo maleável ferrítico brinell até 150HB	8	64 a 68	14 a 18	0 a -4
FoFo maleável perlítico brinell 160HB a até 240HB	8	72	10	0 a -4
Cobre, latão, bronze (macio)	8	55	27	+4
Latão e bronze (quebradiço)	8	79 a 82	0 a 3	+4
Bronze para bucha	8	75	7	0 a +4
Alumínio	10 a 12	30 a 35	45 a 48	+4
Duralumínio	8 a 10	35 a 45	37 a 45	0 a +4
Duraplástico				
Celeron, baquelite	10	80 a 90	5	+4
Ebonite	15	75	0	+4
Fibra	10	55	25	+4
Termoplásticos				
PVC	10	75	5	+4
Acrílico	10	80 a 90	0	0
Teflon	8	82	0	+4
Nylon	12	75	3	+4



Para saber mais sobre ferramentas de corte para usinagem, consulte a ABNT TB-388:1990

Terminada esta unidade, você já tem condições de conceber o tipo de trabalho realizado na usinagem de torneamento e os equipamentos envolvidos.

Vamos, a seguir, a outro ponto importante: a questão da geração de calor no processo de usinagem e como resolvê-la.

Ação de lubrificação e refrigeração na usinagem

Nesta seção...

A importância da refrigeração no processo de usinagem

2

A importância da refrigeração no processo de usinagem

A usinagem de um metal produz sempre calor, que resulta do atrito entre ferramenta, cavaco e peça.

As principais fontes de calor no processo de formação de cavaco são decorrentes (Figura 1):

- a) da formação plástica do cavaco na região de cisalhamento;
- b) do atrito do cavaco com a superfície de saída da ferramenta;
- c) do atrito da peça com a superfície de incidência da ferramenta.

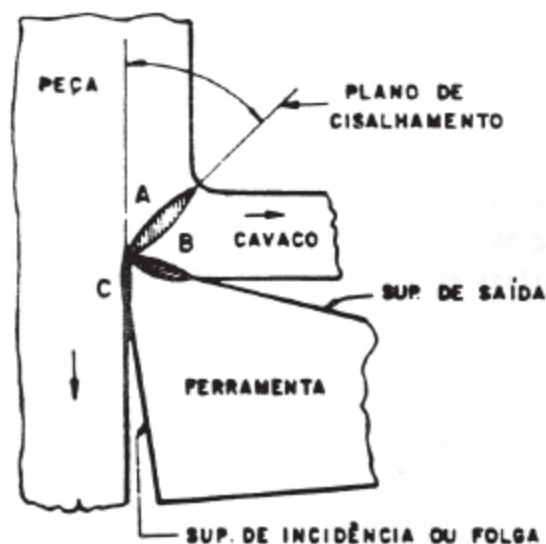


Fig. 1 – Fontes de calor na formação do cavaco

Como as deformações e as forças de atrito se distribuem irregularmente, o calor produzido também se distribui de forma irregular, como representado na figura 2.

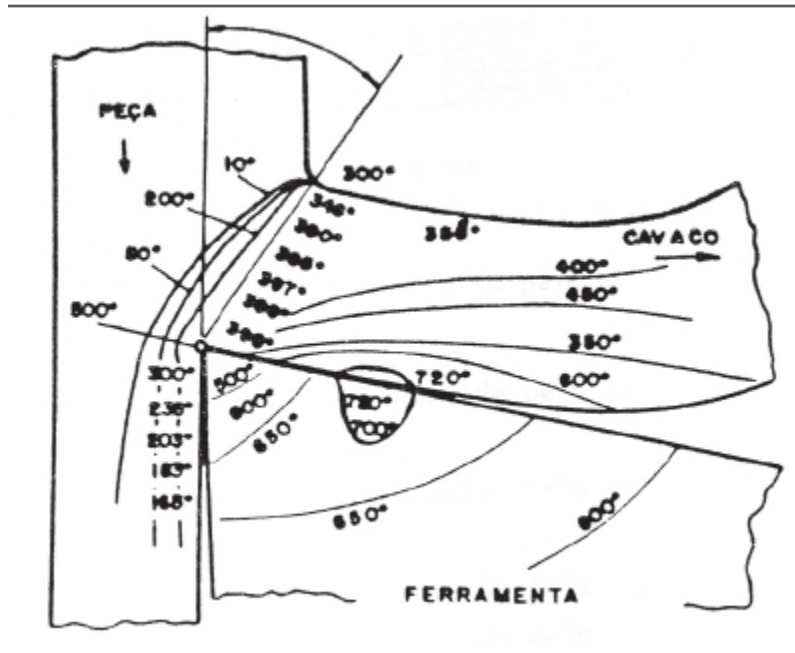


Fig. 2 – Representação da distribuição do calor

A quantidade de calor produzida por essas fontes energéticas é dissipada através do cavaco, da peça, da ferramenta e do ambiente.

O calor assim produzido apresenta dois inconvenientes:

- aumenta a temperatura da parte da ferramenta, o que pode alterar suas propriedades;
- aumenta a temperatura da peça, provocando dilatação, erros de medida, deformações etc.

Para evitar esses inconvenientes, utilizam-se, nas oficinas mecânicas, os fluidos de corte.

Fluido de corte

Fluido de corte é um líquido composto por várias substâncias que têm a função de introduzir uma melhoria no processo de usinagem dos metais.

A melhoria poderá ser de caráter funcional ou de caráter econômico.

Melhorias de caráter funcional são aquelas que facilitam o processo de usinagem, conferindo-lhe melhor desempenho. São elas:

- redução do coeficiente de atrito entre a ferramenta e o cavaco;
- refrigeração da ferramenta;
- refrigeração da peça em usinagem;
- melhor acabamento superficial da peça em usinagem;
- refrigeração da máquina-ferramenta.

Melhorias de caráter econômico são aquelas que levam a um processo de usinagem mais econômico:

- redução do consumo de energia de corte;
- redução do custo da ferramenta na operação (maior vida útil);
- proteção contra a corrosão da peça em usinagem.

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

Funções dos fluidos de corte

Os fluidos de corte têm três funções essenciais num processo de usinagem. Lubrificante, refrigerante e anti-soldante.

Função lubrificante – durante o corte, o óleo forma uma película entre a ferramenta e o material, impedindo quase que totalmente o contato direto entre eles (Figura 3).

Função refrigerante – como o calor passa de uma substância mais quente para outra mais fria, ele é absorvido pelo fluido. Por essa razão, o óleo deve fluir constantemente sobre o corte (Figura 4).

Se o fluido for usado na quantidade e velocidade adequadas, o calor será eliminado quase que imediatamente e as temperaturas da ferramenta e da peça serão mantidas em níveis razoáveis.

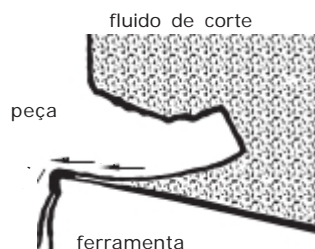


Fig. 3 – Ação lubrificante

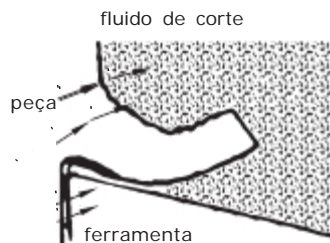


Fig. 4 – Ação refrigerante

Função anti-soldante – algum contato, de metal com metal, sempre existe em áreas reduzidas. Em vista da alta temperatura nestas áreas, as partículas de metal podem soldar-se à peça ou ferramenta, prejudicando o seu corte.



Para evitar a solda, enxofre, cloro ou outros produtos químicos podem ser adicionados ao fluido.

Tipos de fluidos de corte

As denominações dadas às funções de fluido de corte designam, também, os tipos de fluido. Daí eles serem classificados em fluidos refrigerantes, fluido lubrificante e fluidos refrigerantes lubrificantes.

Como fluidos refrigerantes usam-se, de preferência:

- ar insuflado ou ar comprimido, mais usado nos trabalhos de rebolos;
- água pura ou misturada com sabão comum, mais usada na afiação de ferramentas, nas esmerilhadoras.



Rebolo é uma ferramenta usada no processo de retificação



Não é recomendável o uso de água na função de refrigerante nas máquinas-ferramentas por causa da oxidação das peças.

Como fluidos lubrificantes, os mais usados são os óleos. São aplicados, geralmente, quando se deseja dar passes pesados e profundos, em que a ação da ferramenta contra a peça produz calor.

Como fluido refrigerante lubrificante, o mais utilizado é uma mistura de aspecto leitoso contendo água (como refrigerante) e de 5 a 10% de óleo solúvel (como lubrificante). Esses fluidos são, ao mesmo tempo, lubrificantes e refrigerantes, agindo, porém, muito mais como refrigerantes, em vista de conterem grande proporção de água. São usados de preferência em trabalhos leves.

A tabela 1 contém os fluidos de corte recomendados de acordo com o trabalho a ser executado.

Tabela 1 – Fluidos de corte

MATERIAIS	DUREZA BRINELL	FLUIDOS
	AÇOS	
Aço para cementação	100-140	Óleo solúvel 5% ou óleo de corte
Aço para construção sem liga	100-225	
Aço para construção com liga	220-265	
Aço fundido	250	
Aço para ferramenta sem liga	180-210	
Aço para ferramenta com liga	220-240	
Aço para máquinas automáticas	140-180	
Aço para mola	290	Óleo de corte
Aço inoxidável	150-200	Óleo de corte sulfurado
FUNDIDOS		
Ferro fundido	125-290	A seco ou óleo solúvel 2,5%
Ferro nodular	100-125	Óleo de corte ou solúvel 5%
NÃO-FERROSOS		
Cobre com 1% de chumbo Liga: cobre 70% + níquel 30%		A seco ou óleo solúvel 2,5%
Latão para máquinas automáticas		
Latão comum		
Bronze ao chumbo		
Bronze fosforoso		
Bronze comum		
Alumínio puro Silumino (alumínio duro) Duralumínio Outras ligas de alumínio		Óleo de corte com 50% de querosene
Magnésio e ligas		A seco

Vamos, na próxima unidade, aprofundar questões relacionadas ao trabalho com a peça, ou seja, ao processo de torneamento, envolvendo diferentes cálculos relacionados ao corte.

Parâmetros de corte

Principais parâmetros de corte para
o processo de torneamento

Tempo de fabricação

3

Principais parâmetros de corte para o processo de torneamento

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

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

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

Quadro 1 – Parâmetros de corte

Na maioria dos livros que tratam do assunto "usinagem", o símbolo para a força de corte é F_c e para a potência de corte é N_c . Adotamos, porém, a simbologia acima para efeito didático.

Vejamos, então, cada parâmetro de corte separadamente e sua respectiva utilização nas operações de torneamento.

Avanço (A)

O avanço, por definição, é a velocidade de deslocamento de uma ferramenta em cada volta de 360° de uma peça (avanço em mm/rotação), conforme figura 01, ou por unidade de tempo (avanço em mm/minuto), conforme figura 02.

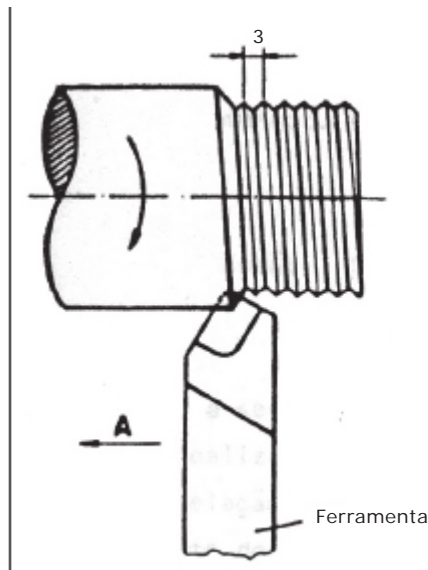


Fig. 1 - Avanço em mm/rotação
A = 3mm/rot. (A cada volta de 360° da peça, a ferramenta se desloca 3mm)

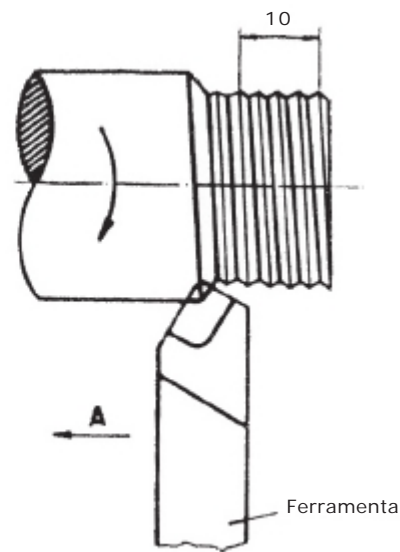


Fig. 2 - Avanço em mm/min
A = 10mm/min. (A cada minuto de usinagem, a ferramenta se desloca 10mm)



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

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

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

Ilustrativamente, apresentaremos alguns valores na tabela 1, que foi confeccionada em laboratório, após vários testes realizados, e leva em consideração o grau de rugosidade em relação ao avanço e raio da ponta da ferramenta, facilitando o estabelecimento do avanço adequado nas operações de torneamento.

Tabela 1- Grau de rugosidade x avanço x raio da ponta da ferramenta

RAIO DA CURVATURA DA PONTA DA FERRAMENTA (mm)	Acabamento fino			CLASSES DE OPERAÇÕES			SISTEMA DE LEITURA Aparelho Senal		
							Ra (CLA)	MICRONS - mm	MICRONS - INCHES
0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	12,5	25	
1,6	2,5	4	6,3	10	16	25	40	63	100
1,6	3,2	6,3	12,5	25	50	100	1500	2500	4000
0,3	100	160	250	400	630	1000	1500	2500	4000
0,5	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50	75	125	200
0,10	0,03	0,05	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28
0,15	0,05	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,35
0,20	0,05	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,35
0,25	0,05	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,35
0,40	0,05	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,35
0,50	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,35	0,45
0,60	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,35	0,45
0,80	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,35	0,45
1,00	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,35	0,45	0,56
1,20	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,35	0,45	0,56
1,50	0,14	0,18	0,22	0,28	0,35	0,45	0,56	0,72	0,90
2,00	0,14	0,18	0,22	0,28	0,35	0,45	0,56	0,72	0,90
2,40	0,14	0,18	0,22	0,28	0,35	0,45	0,56	0,72	0,90
4,50	0,18	0,22	0,28	0,35	0,45	0,56	0,72	0,90	1,10

AVANÇO em mm / ROTAÇÃO

FÓRMULAS

Rugosidade em (H-R-Rt) α cm

$$R = \frac{S_2}{4}$$

Avanço em mm

$$S = \sqrt{4R}$$

em mm

Reino de fabricação

Profundidade de corte (P)

Trata-se da grandeza numérica que define a penetração da ferramenta para a realização de uma determinada operação, possibilitando a remoção de certa quantidade de cavaco (Figura 3).

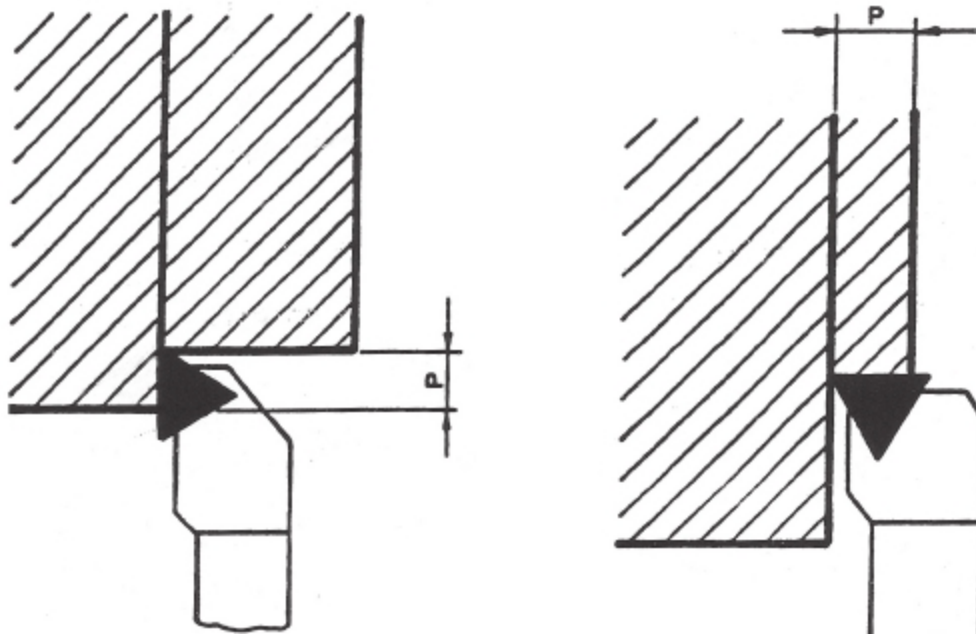


Fig. 3 - Profundidade de corte (P)

Área de corte (S)

Constitui a área calculada da secção do cavaco que será retirada, definida como o produto da profundidade de corte (P) com o avanço (A) (Figura 4).

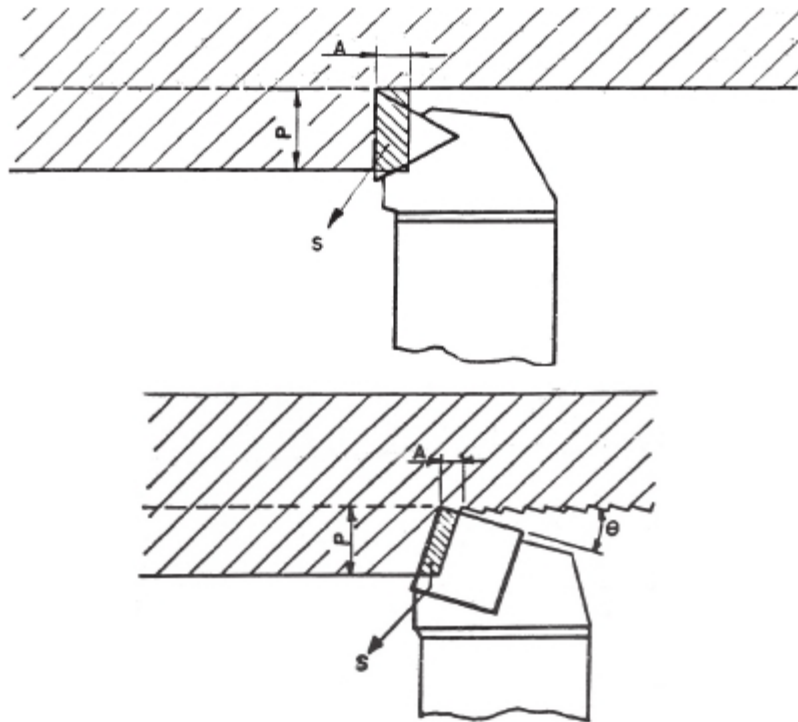


Fig. 4 – Área de corte (S)

Onde:

P = mm

A = mm/rot.

Então:

$$S = P \times A$$

Tabela de tensão de ruptura (Tr)

É a máxima tensão (força) aplicada em um determinado material, antes do seu completo rompimento, tensão esta que é medida em laboratório, com aparelhos especiais. A unidade de tensão de ruptura é o kg/mm².

Apresentamos, a seguir, a tabela 2 com os principais materiais comumente utilizados em usinagem e suas respectivas tensões de ruptura. Ela serve para consultas constantes em nosso estudo.

Tabela 2- Tabela de tensão de ruptura (Tr)

Material que será usinado	Tensão de Ruptura (kg/mm²)
Alumínio-bronze (fundido)	46 a 56
Alumínio	42
Bronze-manganês	42-49
Bronze-fósforo	35
Inconel	42
Metal (Monel) (Fundido)	53
Nicrome	46
Ferro Fundido Especial	28 a 46
Ferro Maleável (Fundido)	39
Aço sem liga	49
Aço-liga fundido	63-41
Aço-carbono:	
SAE 1010 (laminado ou forjado)	40
SAE 1020 (laminado ou forjado)	46
SAE 1030 (laminado ou forjado)	53
SAE 1040 (laminado ou forjado)	60
SAE 1060 (laminado ou forjado)	74
SAE 1095 (laminado ou forjado)	102
Aço-carbono de corte fácil:	
SAE 1112 (laminado ou forjado)	50
SAE 1120 (laminado ou forjado)	49
Aço-manganês:	
SAE 1315 (laminado ou forjado)	51
SAE 1340 (laminado ou forjado)	77
SAE 1350 (laminado ou forjado)	84
Aço-níquel:	
SAE 2315 (laminado ou forjado)	60
SAE 2330 (laminado ou forjado)	67
SAE 2340 (laminado ou forjado)	77
SAE 2350 (laminado ou forjado)	92
Aço-cromo-níquel:	
SAE 3115 (laminado ou forjado)	53
SAE 3135 (laminado ou forjado)	74
SAE 3145 (laminado ou forjado)	81
SAE 3240 (laminado ou forjado)	102
Aço-molibdênio:	
SAE (laminado ou forjado)	54
SAE 4140 (laminado ou forjado)	92
SAE 4340 (laminado ou forjado)	194
SAE 4615 (laminado ou forjado)	58
SAE 4640 (laminado ou forjado)	84
Aço-cromo:	
SAE 5120 (laminado ou forjado)	70
SAE 5140 (laminado ou forjado)	81
SAE 52100 (laminado ou forjado)	106
Aço-cromo-vanádio:	
SAE 6115 (laminado ou forjado)	58
SAE 6140 (laminado ou forjado)	93
Aço-silício-manganês:	
SAE 9255 (laminado ou forjado)	94
Aço inoxidável	84-159

Pressão específica de corte (Ks)

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

Na prática, utilizam-se tabelas e diagramas que simplificam o cálculo desse parâmetro de corte. Apresentamos, a seguir, uma tabela, na figura 5, para a obtenção direta da pressão específica de corte (Ks), em função da resistência (tensão de ruptura) dos principais materiais e dos avanços empregados comumente nas operações de torneamento, bem como para ângulo de posição da ferramenta de 90°. Para diferentes ângulos de posição da ferramenta, não há necessidade de correção do valor de Ks, pois as diferenças não são significativas.

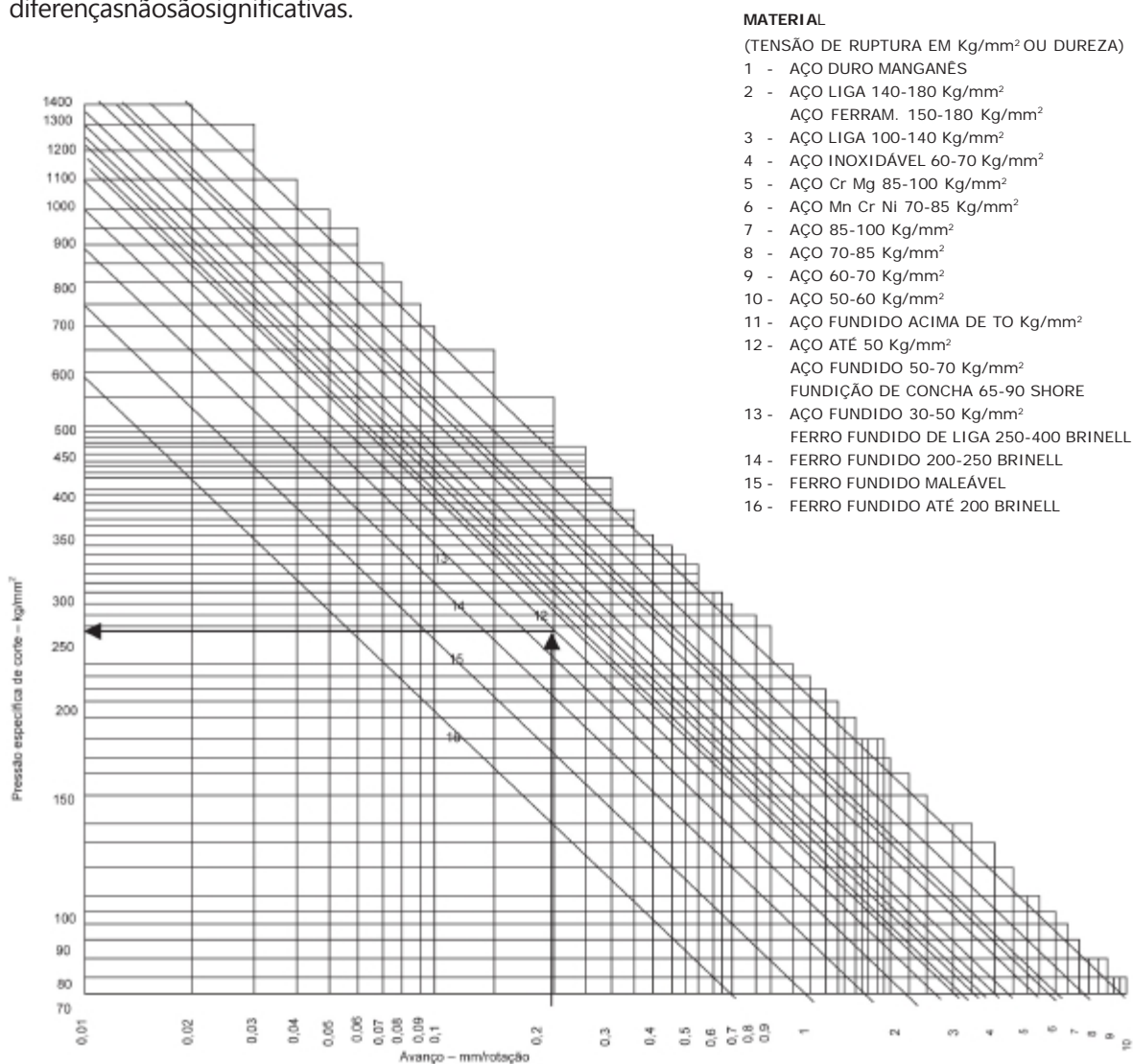


Fig. 5 - Diagrama de obtenção pressão específica de corte (Ks)

Como utilizar a tabela

- a) Definir o material que se quer usar.
- b) Definir o avanço em mm/rot para a usinagem.
- c) Definir tensão de ruptura (Tr) do material a ser usinado, utilizando tabela específica. (Tabela 2)
- d) Aplicar o valor da tensão de ruptura achado, na relação de material na tabela da pressão específica de corte (Ks) (Figura 5), determinado-se assim uma das 16 retas do gráfico.
- e) Procurar o avanço empregado em mm/rot. no eixo das abscissas.
- f) Traçar uma linha até interceptar a reta determinada no item (d) e passar uma perpendicular até o eixo das ordenadas, determinado-se assim o Ks em Kg/mm^2 .

Exemplo:

Usinar uma peça cujo material é aço SAE 1020, forjado, com um avanço de 0,2 mm/rot. Vamos até à tabela da tensão de ruptura e localizamos o material e sua respectiva Tr .

Aço-carbono:

SAE 1010 (laminado ou forjado)	40
SAE 1020 (laminado ou forjado)	46
SAE 1030 (laminado ou forjado)	53
SAE 1040 (laminado ou forjado)	60
SAE 1060 (laminado ou forjado)	74
SAE 1095 (laminado ou forjado)	102

Para aços SAE 1020, forjado $\square Tr = 46 \text{ kg/mm}^2$

Com o valor de $Tr = 46 \text{ kg/mm}^2$ (resistência), vamos até a tabela de Ks e determinamos a reta do material empregado.

Para isso, devemos verificar na legenda o número da reta indicada para o material com $Tr = 46 \text{ Kg/mm}^2$.

Material

(Tensão de ruptura em Kg/mm^2 ou dureza)

1 – AÇO DURO-MANGANÊS

2 – AÇO-LIGA 140-180 kg/mm^2

AÇO-FERRAM. 150-180 kg/mm^2

3 – AÇO-LIGA 100-140 kg/mm^2

- 4 – AÇO-INOXIDÁVEL 60-70 kg/mm²
- 5 – AÇO-Cr. –Mo. 95-100 kg/mm²
- 6 – AÇO-Mn. – Cr. 70-85 kg/mm²
- 7 – AÇO 85-100 kg/mm²
- 8 – AÇO 70-85 kg/mm²
- 9 – AÇO 60-70 kg/mm²
- 10 – AÇO 50-60 kg/mm²
- 11 – AÇO FUNDIDO ACIMA DE 70 kg/mm²
- 12 – AÇO ATÉ 50 kg/mm²**
- AÇO FUNDIDO 50-70 kg/mm²
- FUNDIDO DE CONCHA 65-90 SHORE
- 13 – AÇO FUNDIDO 30-50 kg/mm²
- FERRO FUNDIDO DE LIGA 250-400 BRINELL
- 14 – FERRO FUNDIDO 200-250 BRINELL
- 15 – FERRO FUNDIDO MALEÁVEL
- 16 – FERRO FUNDIDO ATÉ 200 BRINELL

Então, para aços até 50 kg/mm², temos a reta número 12. O avanço já foi dado = 0,2mm/rot.

Finalmente entramos com esses valores no gráfico de K_s. A partir da abscissa (eixo denominado Avanço – mm/rotação) traçamos uma reta vertical até atingirmos a reta diagonal com número 12 (obtido anteriormente). Nesse ponto de intersecção, seguir com uma reta horizontal e paralela ao eixo das abscissas até tocar um ponto no eixo das coordenadas (Pressão específica de corte). A reta tocou no valor 250, o que significa que temos um K_s = 250 Kg/mm².

Força de corte (F_c)

A força de corte F_c (também conhecida por força principal de corte) é, por definição, a projeção da força de usinagem sobre a direção de corte, conforme a figura 6.

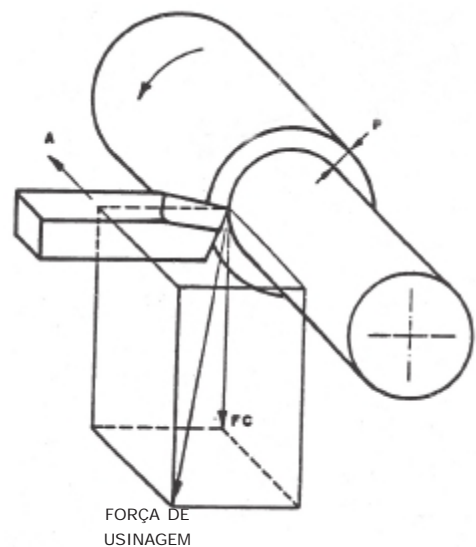


Fig. 6 – Força de corte

Esse parâmetro resulta do produto da pressão específica de corte (K_s) com a área de corte (S). A unidade é dada em kgf. Então:

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

$$F_c = K_s \times P \times A \quad (\text{pois } S = P \times A)$$

Lembrando:

P = profundidade de corte (mm)

A = avanço (mm/rot.)

Velocidade de corte (V_c)

Por definição, a velocidade de corte (V_c) é a velocidade circunferencial ou de rotação da peça. Dizemos, então, que em cada rotação da peça a ser torneada, o seu perímetro passa uma vez pela aresta cortante da ferramenta, conforme a figura 7.

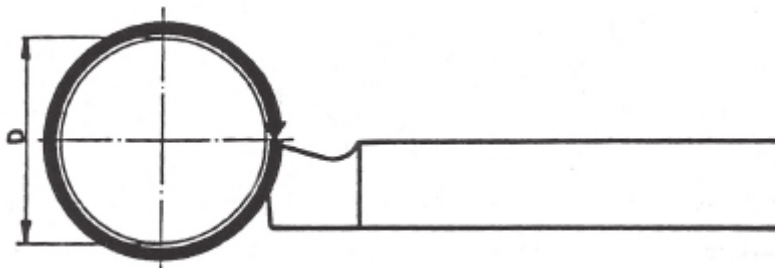


Fig. 7 – Representação do movimento circunferencial

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

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

Onde:

Vc = velocidade de corte (metros/minuto)

π = constante = 3,1416

D = diâmetro (mm)

N = rotação do eixo-árvore (rpm)

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

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

Exemplo:

Utilizando-se uma Vc = 160m/min, qual é a rotação do eixo-árvore para a usinagem de uma peça de 60mm de diâmetro?

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

$$N \approx 849 \text{ rpm}$$

Tabelas de velocidades de corte destinadas à usinagem seriada de grandes lotes são tabelas completas que levam em conta todos os fatores que permitem trabalhar com parâmetros muito perto dos valores ideais. Podemos contar também com tabelas que levam em conta apenas o fator mais representativo, ou o mais crítico, possibilitando a determinação dos valores de usinagem de maneira mais simples e rápida (Tabela 3).

Tabela 3 - Velocidades de corte (Vc) para torno (em metros por minuto)

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

Visando facilitar o trabalho, costuma-se utilizar tabelas relacionando velocidade de corte e diâmetro de material, para a determinação da rotação ideal. Vejamos um tipo na tabela 4.

Tabela 4 – Rotações por minuto (rpm)

V m/min	Diâmetro do material em milímetros											
	6	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120
6	318	191	96	64	48	38	32	27	24	21	19	16
9	477	287	144	96	72	57	48	41	36	32	29	24
12	636	382	191	127	96	76	64	54	48	42	38	32
15	794	477	238	159	119	96	80	68	60	53	48	40
19	1 108	605	303	202	152	121	101	86	76	67	60	50
21	1 114	669	335	223	168	134	112	95	84	74	67	56
24	1 272	764	382	255	191	152	128	109	96	85	76	64
28	1 483	892	446	297	223	178	149	127	112	99	89	75
30	1 588	954	477	318	238	190	159	136	119	106	95	80
36	1 908	1 146	573	382	286	230	191	164	143	127	115	96
40	2 120	1 272	636	424	318	254	212	182	159	141	127	106
45	2 382	1 431	716	477	358	286	239	205	179	159	143	120
50	2 650	1 590	795	530	398	318	265	227	199	177	159	133
54	2 860	1 720	860	573	430	344	287	245	215	191	172	144
60	3 176	1 908	954	636	477	382	318	272	239	212	191	159
65	3 440	1 070	1 035	690	518	414	345	296	259	230	207	173
72	4 600	2 292	1 146	764	573	458	382	327	287	255	229	191
85	4 475	2 710	1 355	903	679	542	452	386	339	301	271	226
120	6 352	3 816	1 908	1 272	945	764	636	544	477	424	382	318
243	12 900	7 750	3 875	2 583	1 938	1 550	1 292	1 105	969	861	775	646

Vamos a um exemplo prático, considerando desbaste e acabamento, tomando as tabelas 3 e 4 e as fórmulas já apresentadas.

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

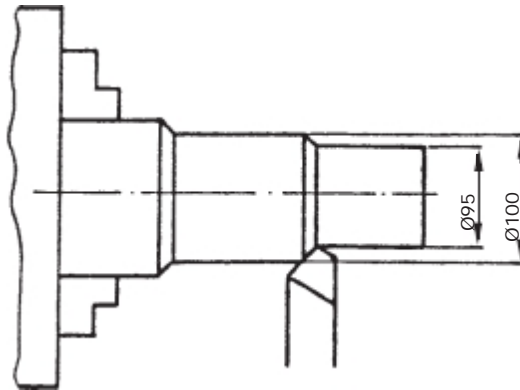


Fig. 8 – Desbaste e acabamento

Reúnem-se todos os dados necessários:

• Para desbaste { \varnothing de desbaste
Vc de desbaste

• Para acabamento { \varnothing de acabamento
Vc de acabamento

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

Solução para desbaste

$$D = 100 \text{ mm} \quad (\text{Valor obtido na figura 8})$$

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

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

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

Soluções para acabamento

$$D = 95 \text{ mm} \quad (\text{Valor obtido na figura 8})$$

$$V_c = 30 \frac{\text{m}}{\text{min}} \quad (\text{Valor obtido na tabela 3})$$

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

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

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

Potência de corte (Pc)

Potência de corte é a grandeza despendida no eixo-árvore para a realização de uma determinada usinagem. É um parâmetro de corte que nos auxilia a estabelecer o quanto podemos exigir de uma máquina-ferramenta para um máximo rendimento, sem prejuízo dos componentes dessa máquina, obtendo-se assim uma perfeita usinabilidade.

É diretamente proporcional à velocidade de corte (Vc) e à força de corte (Fc).

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

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

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

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



O rendimento (η)

Geralmente, em máquinas novas, tem-se um rendimento entre 70% e 80% (0,7 a 0,8). Em máquinas usadas, um rendimento entre 50% e 60% (0,5 a 0,6).

O rendimento é uma grandeza que leva em consideração as perdas de potência da máquina por atrito, transmissão, etc.

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

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

O HP é também uma unidade de potência, e podemos considerar que $1 \text{ HP} = 1 \text{ CV}$.

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

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

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

Dados:

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

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

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

$$1 \text{ CV} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 0,736 \text{ kw}$$

$$X \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 35 \text{ kw}$$

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

Agora, aplicamos todos os valores à fórmula.

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

$P = 13,78$

$P = 13 \text{ mm}$

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

Observação

A fórmula apresentada, na prática, é a mais utilizada, pois sempre é fornecida a potência nominal da máquina.

Tempo de fabricação

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

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

Senão, vejamos: preparar e desmontar a máquina se faz uma única vez por tarefa; já o corte se repete tantas vezes quantas forem as peças.

Fixar, medir, posicionar resultam em tempo de manobra, operações necessárias, mas sem dar progresso na conformação da peça. Também podemos ter desperdícios de tempo ocasionados por quebra de ferramentas, falta de energia etc.

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

Tempo de corte (Tc)

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

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

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

Cálculo do tempo de corte (Tc)

Inicialmente, antes de vermos o tempo de corte propriamente dito, vamos recordar como se processa o cálculo do tempo em física.

O tempo (t) necessário para que um objeto realize um movimento é o quociente de uma distância S (comprimento) por uma velocidade V.

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

Exemplo

Um comprimento de 60mm deve ser percorrido por uma ferramenta com a velocidade (avanço) de 20mm/min.

Qual o tempo necessário para percorrer essa distância?

Solução

$$\text{Fórmula geral} \quad t = \frac{S}{V}$$

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

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

Normalmente, o avanço (a) é caracterizado por milímetros de deslocamento por volta. Através da fórmula do tempo, vemos que velocidade de avanço (Va) pode ser determinada pelo produto do avanço (mm) e da rotação (rpm).

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

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

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

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

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

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

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

Torneamento longitudinal

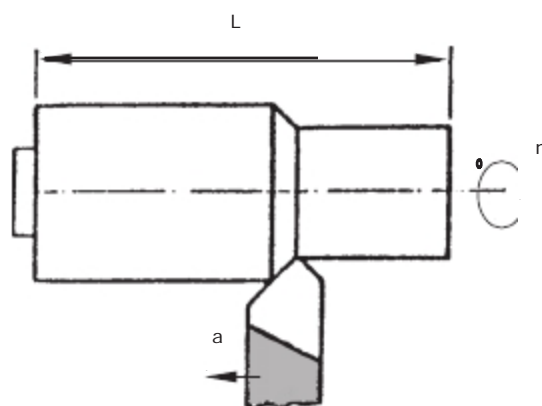


Fig. 9 – Torneamento longitudinal

Exemplo

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

Rotações da máquina:

24 – 33,5 – 48 – 67 – 96 – 132/min

Calcule

- a) rpm
- b) Tempo de corte T_c

Solução

1º passo: calcular $N = \text{rpm}$

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

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

$$N = 48$$

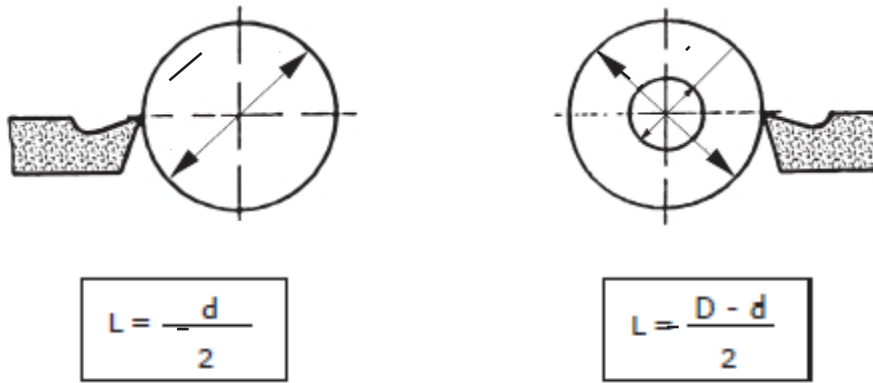
2º passo: calcular o Tempo de corte

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

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

Torneamento transversal

O cálculo de T_c neste tipo de torneamento é o mesmo que para o torneamento longitudinal, sendo que o comprimento L é calculado em função do diâmetro da peça (Figura 10).



10 – Torneamento transversal

Agora que terminamos a apresentação dos diversos elementos e procedimentos envolvidos no torneamento, vamos à prática.

Delineamento e aplicação prática

Nesta seção...

Caso prático

Seqüência lógica para usinagem do eixo

Seqüência lógica para usinagem da luva

4

Caso prático

Chegou a hora de colocar a “mão na massa”, com a prática em oficina. Para tanto, vamos ao desafio: tornear o conjunto apresentado na figura 1, o desenho de conjunto 197-operador, que se apresenta de forma mais detalhada na figura 2.

O conjunto é formado por duas peças: eixo e luva.

A prática envolverá diversas operações de torneamento, destacando:

Fixação de peça na placa Universal

Faceamento

Furo de centro

Fixação de peça entre placa e ponta

Fixação de peça entre pontas

Torneamento de canal

Tornear superfície cônica externa

Abrir rosca externa

Furação

Broqueamento

Calibrar furo com alargador

Tornear peça presa em mandril

As operações estão desenvolvidas em seqüências lógicas: 15 seqüências lógicas para o torneamento do eixo e 9 para o da luva.

Tais seqüências são um delineamento detalhado, desenvolvido para cada peça do conjunto (eixo e luva).

Interprete os desenhos técnicos mecânicos nas figuras 1 e 2 e vamos em frente.

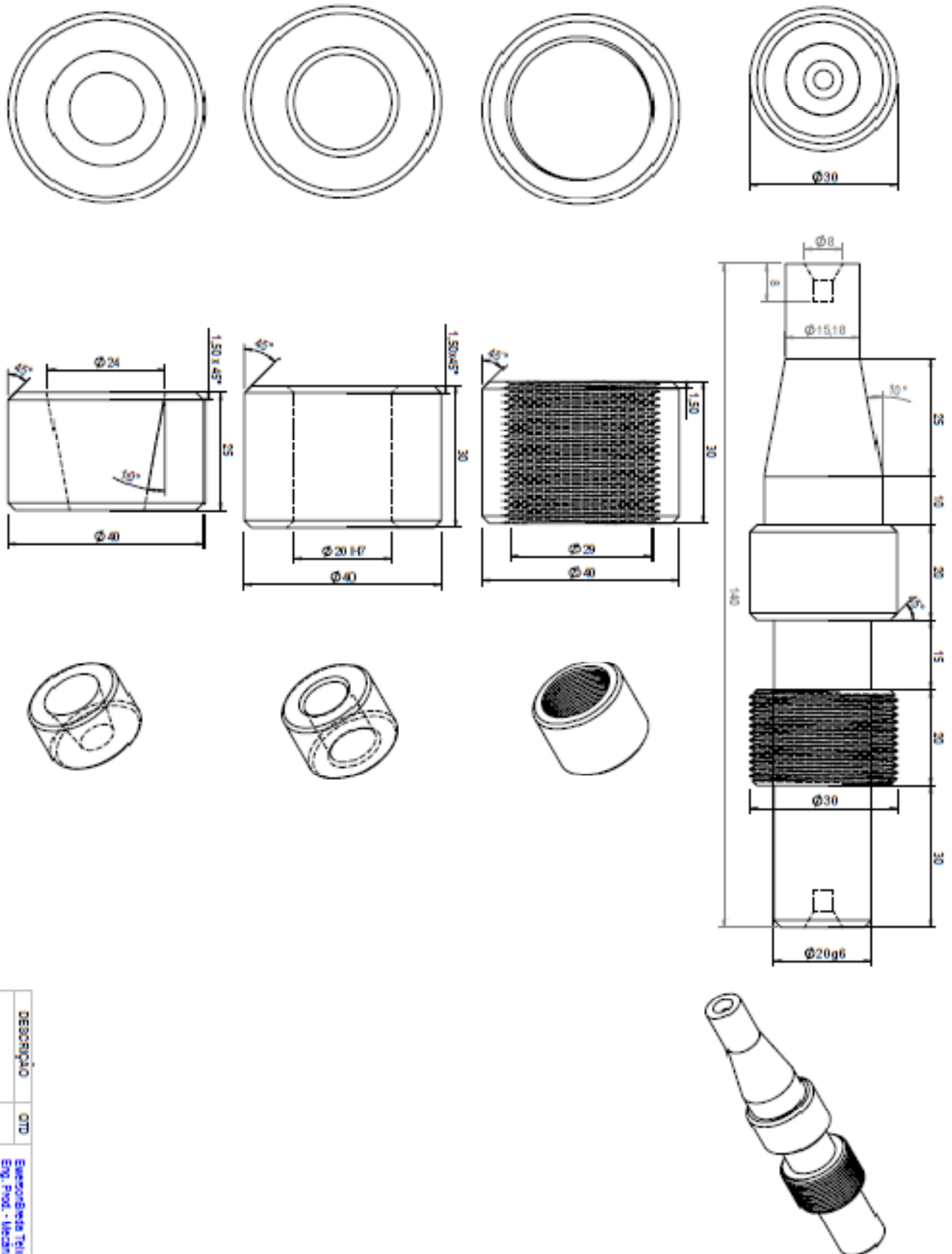


Analizando as peças, conclui-se que elas serão montadas com ajustes determinados. Assim sugerimos que se inicie a usinagem pela peça n° 01 eixo, visando facilitar o ajuste do furo da peça n° 02 no momento de sua usinagem. Logo, poderemos testar o ajuste, ainda com a luva montada no torno.

Eixo e luvas

Materiais 1 peça Trefilado aço ABNT 1020 ϕ 1 1/4" x 145mm

3 peças Trefilado aço ABNT 1020 ϕ 1 1/4" x 35mm





DESCRIÇÃO	QTD
Eixo e luvas	
Eng. Proj. - Mecânica	
CREA-SP-50340/0177	
Registro Nacional: 20.03.05.028	

CONSULTADO Cassilas temos a tabela abaixo de ajustes para furo H7

Diâmetro 18 a30 temos a tolerância para furo H7 $\begin{matrix} + 0,021^* \\ 0,000 \end{matrix}$ e eixo g6 $\begin{matrix} - 0,007 \\ - 0,020^* \end{matrix}$ para o ajuste pedido no desenho Fig 2

*** CIFRAS MARCADAS CON ASTERISCO NO PASA**

DIAMETROS NOMINALES mm.	AGUJERO H7  No pasa · Pasa	EJES  PASA					
		j 6	h 6	g 6	f 7	e 8	d 9
1 a 3	$\begin{matrix} + 0,009^* \\ 0,000 \end{matrix}$	$\begin{matrix} + 0,006 \\ - 0,001^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0,000 \\ - 0,007^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,003 \\ - 0,010^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,007 \\ - 0,016^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,014 \\ - 0,028^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,020 \\ - 0,045^* \end{matrix}$
Más de 3 a 6	$\begin{matrix} + 0,012^* \\ 0,000 \end{matrix}$	$\begin{matrix} + 0,007 \\ - 0,001^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0,000 \\ - 0,008^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,004 \\ - 0,012^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,010 \\ - 0,022^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,020 \\ - 0,038^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,030 \\ - 0,060^* \end{matrix}$
Más de 6 a 10	$\begin{matrix} + 0,015^* \\ 0,000 \end{matrix}$	$\begin{matrix} + 0,007 \\ - 0,002^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0,000 \\ - 0,009^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,005 \\ - 0,014^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,013 \\ - 0,028^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,025 \\ - 0,047^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0,040 \\ - 0,076^* \end{matrix}$
Más de 10 a 18	$\begin{matrix} + 0,018^* \\ 0,000 \end{matrix}$	$\begin{matrix} + 0,008 \\ - 0,003^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0,000 \\ - 0,011^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,006 \\ - 0,017^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,016 \\ - 0,034^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,032 \\ - 0,059^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,050 \\ - 0,093^* \end{matrix}$
Más de 18 a 30	$\begin{matrix} + 0,021^* \\ 0,000 \end{matrix}$	$\begin{matrix} + 0,009 \\ - 0,004^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0,000 \\ - 0,013^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,007 \\ - 0,020^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,020 \\ - 0,041^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,040 \\ - 0,073^* \end{matrix}$	$\begin{matrix} - 0,065 \\ - 0,117^* \end{matrix}$

Rosca Whitwort 55°				Rosca BSP (Gás) 55°				Rosca Americana UNC 60°				Rosca Métrica Din 13 60°					
Ø Par	Paso Pol.	Ø Primitivo		Ø Par	Paso Pol.	Ø Primitivo		Ø Par	Paso Pol.	Ø Primitivo 2A		Ø Primitivo 3A		Ø Par	Paso mm	Ø Primitivo	
		Min (mm)	Máx (mm)			Min (mm)	Máx (mm)			Min (mm)	Máx (mm)	Min (mm)	Máx (mm)			Máx (mm)	Min (mm)
1/8	40	2,695	2,769	1/8	28	9,040	9,147	Nr 1	64	1,532	1,582	1,560	1,598	M1	0,25	0,785	0,838
3/16	24	3,995	4,084	1/4	19	12,176	12,301	Nr 2	56	1,821	1,875	1,849	1,890	M 1,1	0,25	0,885	0,938
1/4	20	5,424	5,537	3/8	19	15,679	15,806	Nr 3	48	2,096	2,154	2,129	2,172	M 1,2	0,25	0,985	1,138
5/16	18	6,915	7,034	1/2	14	19,651	19,793	Nr 4	40	2,350	2,413	2,385	2,433	M 1,4	0,3	1,149	1,205
3/8	16	8,382	8,509	5/8	14	21,607	21,749	Nr 5	40	2,677	2,743	2,715	2,764	M 1,6	0,35	1,291	1,354
7/16	14	9,816	9,951	3/4	14	25,137	25,279	Nr 6	32	2,898	2,969	2,936	2,990	M 1,8	0,35	1,491	1,554
1/2	12	11,199	11,345	7/8	14	28,897	29,039	Nr 8	32	3,553	3,627	3,594	3,650	M 2	0,4	1,654	1,721
9/16	12	12,787	12,933	1"	11	31,590	31,770	Nr 10	24	4,028	4,112	4,074	4,138	M 2,2	0,45	1,817	1,888
5/8	11	14,244	14,397	1/8"	11	36,238	36,418	Nr 12	24	4,686	4,773	4,732	4,798	M 2,5	0,45	2,117	2,188
11/16	11	15,837	15,984	1"1/4"	11	40,251	40,431	1/4"	20	5,403	5,497	5,453	5,524	M 3	0,5	2,580	2,655
3/4	10	17,264	17,424	1"3/8"	11	42,664	42,844	5/16"	18	6,888	6,990	6,944	7,021	M 3,5	0,6	3,004	3,089
7/8	9	20,250	20,419	1"1/2"	11	46,144	46,324	3/8"	16	8,349	8,461	8,410	8,494	M 4	0,7	3,433	3,523
1"	8	23,189	23,368	1"3/4"	11	52,087	52,267	7/16"	14	9,779	9,898	9,845	9,934	M 4,5	0,75	3,901	3,991
1"1/8"	7	26,062	26,253	2"	11	57,955	58,135	1/2"	13	11,265	11,392	11,336	11,430	M 5	0,8	4,361	4,456
1"1/4"	7	29,237	29,428	2"1/4"	11	64,014	64,231	9/16"	12	12,741	12,873	12,814	12,913	M 6	1	5,212	5,324
1"3/8"	6	32,008	32,215	2"1/2"	11	73,488	73,705	5/8"	11	14,196	14,336	14,272	14,376	M 7	1	6,212	6,324
1"1/2"	6	35,184	35,391	2"3/4"	11	79,838	80,055	3/4"	10	17,203	17,353	17,287	17,399	M 8	1,25	7,042	7,160
1"5/8"	5	37,797	38,024	3"	11	86,188	86,405	7/8"	9	20,183	20,343	20,272	20,391	M 9	1,25	8,042	8,160
1"3/4"	5	40,972	41,199	3"1/4"	11	92,284	92,501	1"	8	23,114	23,287	23,208	23,338	M 10	1,5	8,862	8,994
1"7/8"	4 1/2	43,773	44,012	3"1/2"	11	98,634	98,851	1"1/8"	7	25,979	26,162	26,081	26,218	M 11	1,5	9,862	9,994
2"	4 1/2	46,948	47,387	3"3/4"	11	104,984	105,201	1"1/4"	7	29,149	29,337	29,253	29,393	M 12	1,75	10,679	10,829
2"1/4"	4	52,833	53,086	4"	11	111,334	111,551	1"3/8"	6	31,910	32,113	32,022	32,174	M 14	2	12,503	12,663
2"1/2"	4	59,183	59,436	4"1/2"	11	124,034	124,251	1"1/2"	6	35,082	35,288	35,194	35,349	M 16	2	14,503	14,663
2"3/4"	3 1/2	64,934	65,205	5"	11	136,734	136,951	1"3/4"	5	40,856	41,082	40,980	41,151	M 18	2,5	16,164	16,334
3"	3 1/2	71,285	71,556	5"1/2"	11	149,434	149,651	2"	4 1/2	46,820	47,061	46,954	47,135	M 20	2,5	18,164	18,334
3"1/4"	3 1/4	77,267	77,548	6"	11	162,134	162,351	2"1/4"	4 1/2	53,165	53,411	53,299	53,485	M 22	2,5	20,164	20,334
3"1/2"	3 1/4	83,618	83,899					2"1/2"	4	59,032	59,296	59,296	59,177	M 24	3	21,803	22,003
3"3/4"	3	89,540	89,832					2"3/4"	4	65,377	65,644	65,524	65,725	M 27	3	24,803	25,003
4"	3	95,890	96,182					3"	4	71,722	71,994	71,872	72,075	M 30	3,5	27,462	27,674
4"1/4"	2 7/8	101,998	102,297					3"1/4"	4	78,064	78,341	78,217	78,425	M 33	3,5	30,462	30,674
4"1/2"	2 7/8	108,348	108,647					3"1/2"	4	84,412	84,691	84,564	84,775	M 36	4	33,118	33,342
4"3/4"	2 3/4	114,435	114,740					3"3/4"	4	90,754	91,039	90,912	91,125	M 39	4	36,118	36,342
5"	2 3/4	120,785	121,090					4"	4	97,102	97,389	97,259	97,475	M 42	4,5	38,778	39,014
5"1/4"	2 5/8	126,846	127,159											M 45	4,5	41,778	42,014
5"1/2"	2 5/8	133,196	133,509											M 48	5	44,431	44,681
5"3/4"	2 1/2	139,229	139,549											M 52	5	48,431	48,681
6"	2 1/2	145,580	145,900											M 56	5,5	52,088	52,353
														M 60	5,5	56,088	56,353
														M 64	6	59,743	60,023
														M 68	6	63,743	64,023

Rosca Cônica NPT				Rosca Americana UNF 60°				TABELA DE CONVERSÃO DE DUREZAS						
Ø Par	Passo mm	Ø Primitivo		Ø Par	Passo Pol	Ø Primitivo		Rockwell C (HRC)	Brinell H.B.	Vickers H.V.	Rockwell			Shore
		Min	Max			Máx	Min				A HRA	B HRB	D HRD	
1/16	27	6,888	7,302	Nº 0	80	1,260	1,306	0	152	160	-----	81.7	-----	24
1/8	27	9,238	9,652	Nº 1	72	1,562	1,610	2	158	166	-----	83.5	-----	25
1/4	18	12,126	12,763	Nº 2	64	1,862	1,913	4	165	173	-----	87.1	-----	26
3/8	18	15,545	16,192	Nº 3	56	2,146	2,202	6	171	180	-----	89.5	-----	27
1/2	14	19,264	20,111	Nº 4	48	2,423	2,484	8	179	188	-----	90.7	-----	28
3/4	14	24,579	25,445	Nº 5	44	2,718	2,781	10	187	196	-----	92.3	-----	29
1"	11 ½	30,826	31,910	Nº 6	40	3,007	3,073	12	194	204	-----	93.9	-----	31
1" 1/4	11 ½	39,551	40,673	Nº 8	36	3,617	3,688	14	203	213	-----	95.5	-----	32
1" 1/2	11 ½	45,621	46,769	Nº 10	32	4,211	4,288	16	212	222	-----	96.7	-----	33
2"	11 ½	57,633	58,834	Nº 12	28	4,790	4,872	18	219	230	-----	97.8	-----	31
2" 1/2	8	69,076	70,882	¼	28	5,652	5,735	20	226	238	60.5	98.5	40.1	35
3"	8	84,852	86,757	5/16	24	7,127	7,221	21	231	243	61.0	99	40.9	36
				3/8	24	8,712	8,809	22	237	248	61.5	100	41.6	36
				7/16	20	10,147	10,254	23	243	254	62.0	101	42.1	37
				½	20	11,730	11,841	24	247	260	62.4	101,5	43.1	38
				9/16	18	13,221	13,335	25	263	266	62.8	102,5	43.8	38
				5/8	18	14,803	14,922	26	258	272	63.3	103	44.6	40
				¾	16	17,857	17,981	27	264	279	63.8	104	45.2	41
				7/8	14	20,869	21,006	28	271	286	64.3	104,5	46.1	41
				1"	12	23,830	23,980	29	279	294	64.7	105,5	47.0	42
				1" 1/8	12	27,003	27,155	30	286	302	65.3	106	47.7	43
				1" ¼	12	30,173	30,330	31	294	310	65.8	107	48.4	44
				1" 3/8	12	33,343	33,503	32	301	318	66.3	107,5	49.2	46
				1" ½	12	36,515	36,678	33	311	327	66.8	108	50.0	47
				1" ¾	12	42,865	43,028	34	319	336	67.4	108,5	50.8	48
								35	327	345	67.9	109	51.5	49
								36	336	354	68.4	-----	52.3	50
								37	344	363	68.9	-----	53.1	51
								38	353	372	69.4	-----	53.8	52
								39	362	382	69.9	-----	54.6	54
								40	371	392	70.4	-----	55.4	55
								41	381	402	70.9	-----	56.2	56
								42	390	412	71.5	-----	56.9	57
								43	400	423	72.0	-----	57.7	58

Referencias Bibliográficas

Senai Rio de Janeiro - Mecânica Leitura e interpretação de desenho técnico

Senai Espirito Santo - Mecânica Metrologia

Senai Rio de Janeiro - Noções de Tornearia

A. L. Casillas - Máquinas

Prof. Marcio Gomes - Tecnologia Mecânica

