

MANUAL DO ALUNO

# DISCIPLINA CONSTRUÇÕES MECÂNICAS

Módulos 1, 2 e 3

República Democrática de Timor-Leste  
Ministério da Educação



## FICHA TÉCNICA

### TÍTULO

MANUAL DO ALUNO - DISCIPLINA DE CONSTRUÇÕES MECÂNICAS

Módulo 1 a 3

### AUTOR

NUNO BOAVIDA

COLABORAÇÃO DAS EQUIPAS TÉCNICAS TIMORENSES DA DISCIPLINA

XXXXXX

COLABORAÇÃO TÉCNICA NA REVISÃO



PEDRO VIEGAS, COORDENADOR DO CURSO TÉCNICO DE MECÂNICA

DESIGN E PAGINAÇÃO

UNDESIGN - JOAO PAULO VILHENA

EVOLUA.PT

IMPRESSÃO E ACABAMENTO

XXXXXX

ISBN

XXX - XXX - X - XXXXX - X

TIRAGEM

XXXXXXX EXEMPLARES

COORDENAÇÃO GERAL DO PROJETO

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO DE TIMOR-LESTE

2015



## Índice

<b>Serralharia de Bancada</b> .....	<b>9</b>
<b>APRESENTAÇÃO MODULAR</b> .....	<b>10</b>
APRESENTAÇÃO .....	10
OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM .....	10
ÂMBITO DOS CONTEÚDOS .....	10
<b>BIBLIOGRAFIA/OUTROS RECURSOS</b> .....	<b>11</b>
<b>AJUSTAGEM DE PEÇAS</b> .....	<b>12</b>
TIPOS DE AJUSTAMENTOS .....	12
AJUSTAMENTOS EM FUNÇÃO DA CARACTERÍSTICA, MONTAGEM E APLICAÇÃO .....	15
AJUSTAMENTOS RECOMENDADOS SEGUNDO ISO .....	17
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS</b> .....	<b>21</b>
<b>MONTAGEM DE PEÇAS</b> .....	<b>22</b>
MONTAGEM E DESMONTAGEM DE ÓRGÃOS DE MÁQUINAS .....	22
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS</b> .....	<b>28</b>
<b>TRATAMENTOS DE PEÇAS</b> .....	<b>29</b>
TRATAMENTOS TÉRMICOS.....	29
TRATAMENTOS TERMOQUÍMICOS.....	33
TRATAMENTOS SUPERFICIAIS .....	34
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS</b> .....	<b>35</b>
<b>ACABAMENTOS MECÂNICOS DE PEÇAS</b> .....	<b>36</b>
TIPOS DE ACABAMENTO .....	36
PROCESSOS DE OBTENÇÃO DE ACABAMENTOS DE SUPERFÍCIES .....	38
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS</b> .....	<b>41</b>
<b>LIGAÇÕES MECÂNICAS DE PEÇAS</b> .....	<b>42</b>
TIPOS DE LIGAÇÕES MECÂNICAS DE PEÇAS.....	42
LIGAÇÕES DE PEÇAS ATRAVÉS DE PARAFUSOS, CAVILHAS E TROÇOS.....	43
LIGAÇÕES DE PEÇAS ATRAVÉS DE ENCHAVETAMENTOS .....	50
LIGAÇÕES DE VEIOS .....	50
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS</b> .....	<b>54</b>
<b>ENSAIOS MECÂNICOS</b> .....	<b>56</b>



TIPOS DE ENSAIOS MECÂNICOS .....	56
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS .....</b>	<b>70</b>
<b>MEDIÇÃO, VERIFICAÇÃO E CONTROLO .....</b>	<b>71</b>
INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO.....	71
VERIFICAÇÃO DO TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO DE PEÇAS .....	75
VERIFICAÇÃO E CONTROLO DE FUNCIONAMENTO DE ÓRGÃOS DE MÁQUINAS.....	80
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS .....</b>	<b>81</b>
<b>Fresagem.....</b>	<b>83</b>
<b>APRESENTAÇÃO MODULAR .....</b>	<b>84</b>
APRESENTAÇÃO .....	84
OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM .....	84
ÂMBITO DOS CONTEÚDOS .....	84
<b>BIBLIOGRAFIA/OUTROS RECURSOS .....</b>	<b>85</b>
<b>FRESAGEM DE GRANZEPES .....</b>	<b>86</b>
ORIENTAÇÕES METODOLÓGICAS.....	86
DESENVOLVIMENTO TEMÁTICO.....	86
FRESAGEM DE GRANZEPES.....	88
PEÇA MACHO.....	89
PEÇA FÉMEA .....	92
<b>FRESAGEM DE RANHURAS EM T .....</b>	<b>94</b>
DESENVOLVIMENTO TEMÁTICO.....	94
MÉTODO OPERATÓRIO .....	95
<b>MANDRILAGEM NA FRESADORA .....</b>	<b>97</b>
MÉTODO OPERATÓRIO .....	97
OPERAÇÃO DE FURAÇÃO E MANDRILAGEM.....	98
<b>DIVISÃO NA FRESAGEM .....</b>	<b>100</b>
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS .....</b>	<b>109</b>
<b>Torneamento.....</b>	<b>113</b>
<b>APRESENTAÇÃO MODULAR .....</b>	<b>114</b>
APRESENTAÇÃO .....	114
OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM .....	114



ÂMBITO DOS CONTEÚDOS .....	114
<b>BIBLIOGRAFIA/OUTROS RECURSOS .....</b>	<b>115</b>
<b>FERRAMENTAS DE CORTE .....</b>	<b>116</b>
SUORTES DE PASTILHA.....	116
TIPOS DE FERRAMENTAS DE CORTE .....	118
OPERAÇÕES DE TORNEAMENTO .....	121
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS .....</b>	<b>129</b>
<b>TORNEAMENTO CÓNICO .....</b>	<b>131</b>
VERIFICAÇÃO E CONTROLO .....	145
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS .....</b>	<b>154</b>
<b>ROSCAGEM .....</b>	<b>157</b>
ROSCAS .....	157
ELEMENTOS FUNDAMENTAIS DE UMA ROSCA.....	157
ABERTURA DE ROSCADO NUM TORNO .....	159
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS .....</b>	<b>167</b>
<b>TORNEAMENTO CILÍNDRICO .....</b>	<b>169</b>
TORNEAMENTO CILÍNDRICO EXTERIOR.....	169
TORNEAMENTO CILÍNDRICO INTERIOR .....	174
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS .....</b>	<b>177</b>
<b>CAIXAS E GARGANTAS .....</b>	<b>179</b>
MEDIÇÃO DE FUROS CILÍNDRICOS, REBAIXOS E RANHURAS INTERIORES.....	181
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS .....</b>	<b>183</b>







# Serralharia de Bancada

Módulo 1

# APRESENTAÇÃO MODULAR

## APRESENTAÇÃO

Pretende-se com este módulo dar aos alunos conhecimentos de materiais e ferramentas necessários ao trabalho de montagem e ajustagem e a operação de máquinas-ferramenta convencionais ou CNC.

## OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM

Coligir e selecionar os materiais e ferramentas necessários à execução de um trabalho de montagem e ajustagem quando necessário, suportado por desenho de fabrico ou de montagem ou ainda fichas de trabalho.

## ÂMBITO DOS CONTEÚDOS

- Ajuste e montagem
- Tratamento e acabamentos mecânicos
- Ligações mecânicas de peças
- Ensaios mecânicos de peças e/ou conjuntos
- Medição, verificação e controlo





# BIBLIOGRAFIA/OUTROS RECURSOS

CASILLAS, A.L., Máquinas – Formulário Técnico, Editora Mestre JOU.

SODANO, E., Manual do Fresador Mecânico, Coleção Manuais Técnicos – Editorial Presença.

SILVA, F. M. Ferreira, Tecnologia de Serralheiros – Ensino Técnico Profissional.

Ajustagem e Montagem de Peças, Unidade Pedagógica UP0014, CENFIM – Centro de Formação da Indústria Metalúrgica e Metalomecânica.

Tratamentos e Acabamentos Mecânicos, Unidade Pedagógica UP0015, CENFIM – Centro de Formação da Indústria Metalúrgica e Metalomecânica.

Ligações Mecânicas de Peças, Unidade Pedagógica UP0016, CENFIM – Centro de Formação da Indústria Metalúrgica e Metalomecânica.

Ensaio Mecânicos de Peças ou conjuntos, Unidade Pedagógica UP0017, CENFIM – Centro de Formação da Indústria Metalúrgica e Metalomecânica.

Medição, Verificação e Controlo, Unidade Pedagógica UP0018, CENFIM – Centro de Formação da Indústria Metalúrgica e Metalomecânica.



# AJUSTAGEM DE PEÇAS

Entende-se por **ajustamento** a união de duas peças, veio e furo (macho e fêmea) com a mesma cota nominal ou de referência.

Cota Nominal (CN) – É a cota de referência com que se designa a grandeza de um diâmetro.

## TIPOS DE AJUSTAMENTOS

Sempre que se pretenda, à partida, que conjuntos de pares de peças ajustem, umas nas outras, dever-se-á indicar, além das cotas nominais, as tolerâncias e os desvios, que vão conduzir ao tipo de ajustamento pretendido.

Conforme a posição da tolerância nas peças assim poderemos considerar o tipo de ajustamento.

Podemos considerar três tipos de ajustamentos:

- **Ajustamento com folga:** É aquele em que a diferença entre a cota mínima do furo e a cota máxima do veio é positiva (ou nula);

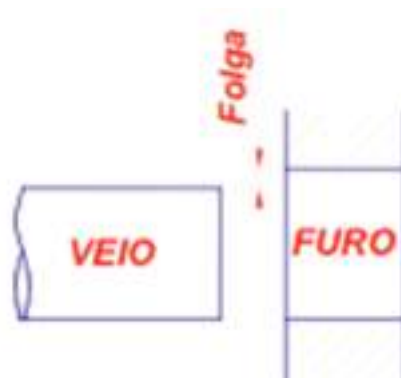


Figura 1 – Ajustamento com folga.

- **Ajustamento com aperto:** é aquele em que a diferença entre a cota máxima furo e a cota mínima do veio é negativa (ou nula);

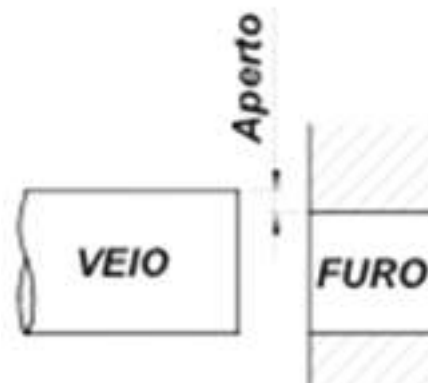


Figura 2 – Ajustamento com aperto.



- **Ajustamento incerto:** É aquele em que a diferença entre a cota máxima do furo e a cota mínima do veio é positiva e em que a diferença entre a cota mínima do furo e a cota máxima do veio é negativa.

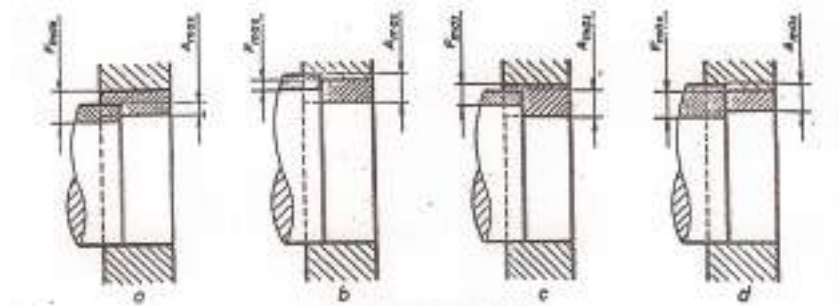


Figura 3 – Ajustamento incerto.

### Ajustamento com Folga

Suponhamos um veio e um furo com as cotas toleranciadas conforme a figura seguinte.

VEIO  $\varnothing 30_{-0,1}^0$

FURO  $\varnothing 30_{+0,1}^{+0,3}$

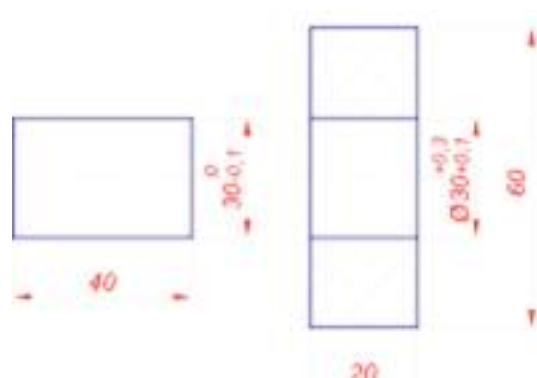
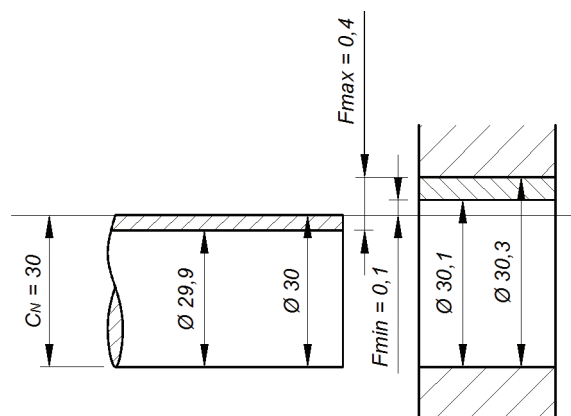


Figura 4 – Ajustamento com folga.

Verifica-se pela figura 2 que a dimensão máxima do VEIO é sempre inferior à dimensão mínima do FURO, pelo que se trata dum ajustamento com **FOLGA**.

Figura 5 – Folga.



Folga máxima:  $F_{máx} = C_{máx}F - C_{mín}V = 30,3 - 29,9 = 0,4 = 400 \mu$

Folga mínima:  $F_{mín} = C_{mín}F - C_{máx}V = 30,1 - 30 = 0,1 = 100\mu$

## Ajustamento com Aperto

Suponhamos um veio e um furo com as cotas toleranciadas.

$$\text{VEIO } \varnothing 30_{+0,2}^{+0,3} \qquad \text{FURO } \varnothing 30_{-0,2}^0$$

Verifica-se pela figura 6 que a dimensão mínima do VEIO é sempre superior à dimensão máxima do FURO, pelo que se trata dum ajustamento com APERTO.

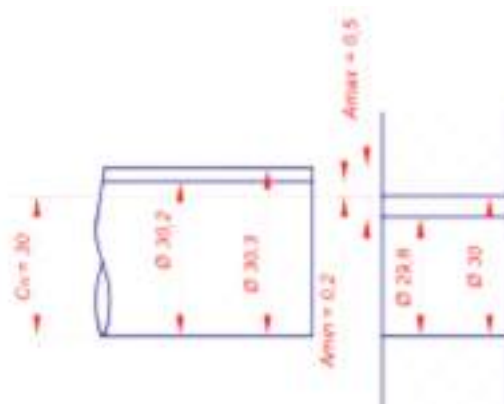


Figura 6 – Aperto.

Aperto máximo:  $A_{máx} = C_{máx}V - C_{mín}F = 30,3 - 29,8 = 0,5 = 500 \mu$

Aperto mínimo:  $A_{mín} = C_{mín}V - C_{máx}F = 30,2 - 30 = 0,2 = 200 \mu$

## Ajustamento Incerto

Suponhamos um veio e um furo com as cotas toleranciadas:

$$\text{VEIO } \varnothing 30_0^{+0,3} \qquad \text{FURO } \varnothing 30_{-0,1}^{+0,2}$$

Através da representação da figura 7 verificamos que não obedece às regras do ajustamento com folga e com aperto. Este tipo de ajustamento pode ser executado com folga ou com aperto, dependendo das dimensões finais de execução. Existe, no entanto, sempre uma folga e aperto máximo, que vão condicionar o ajustamento.



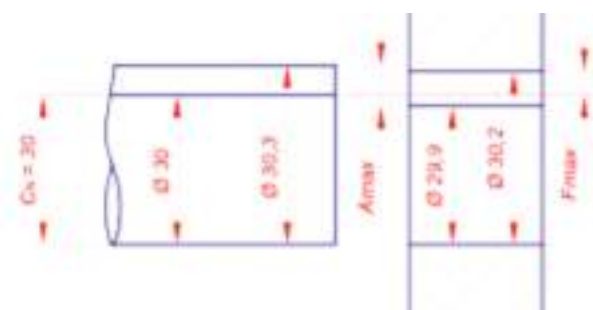


Figura 7 – Ajustamento incerto.

Folga máxima:  $F_{m\acute{a}x} = C_{m\acute{a}xF} - C_{m\acute{m}nV} = 30,2 - 30 = 0,2 = 200 \mu$

Aperto máximo:  $A_{m\acute{a}x} = C_{m\acute{a}xV} - C_{m\acute{m}nF} = 30,3 - 29,9 = 0,4 = 400 \mu$

## AJUSTAMENTOS EM FUNÇÃO DA CARACTERÍSTICA, MONTAGEM E APLICAÇÃO

A seleção dos ajustamentos depende sempre da natureza e condições de funcionamento da junção considerada, assim poderemos classificar os ajustamentos do seguinte modo:

- **Ajustamento livre**
  - Características: grande folga, permite dilatações, fracos alinhamentos e vãos longos
  - Montagem: muito fácil à mão
  - Aplicações: em parafusos, eixos em suportes múltiplos, rodas livres de transmissões por correias e chumaceiras intermédias
  
- **Ajustamento rotativo**
  - Características: para movimentos rápidos, com lubrificação
  - Montagem: fácil à mão
  - Aplicações: em casquilhos, veios dos êmbolos, transmissões de discos e chumaceiras principais
  
- **Ajustamento deslizante**
  - Características: para movimentos guiados com precisão
  - Montagem: à mão
  - Aplicações: para guias



- **Ajustamento deslizante justo**
  - Características: para deslizamento manual ou acoplamentos.
  - Montagem: à mão sob pressão
  - Aplicações: em chavetas móveis, eixos de contrapontos, rodas dentadas móveis e uniões
- **Ajustamento ligeiramente preso (desmontáveis)**
  - Características: para acoplamentos que necessitam de fixação contra rotações
  - Montagem: com maço de madeira
  - Aplicações: em volantes de mão, rolamentos de esferas exteriores, tambores e chavetas normais
- **Ajustamento fortemente preso (desmontáveis)**
  - Características: para acoplamentos que necessitam de fixação contra deslizamento e rotações
  - Montagem: com martelo
  - Aplicações: em tambores de correia, engrenagens, rolamentos de esferas interiores e uniões
- **Ajustamento apertado a frio (não desmontáveis)**
  - Características: para acoplamentos que necessitam de fixação contra deslizamento e rotações
  - Montagem: com prensa a frio
  - Aplicações: em casquilhos de bronze, camisa em cubos, pinhões em veios motores
- **Ajustamento apertado forte (não desmontáveis)**
  - Características: para acoplamentos que podem transmitir esforços.
  - Montagem: com prensa a quente (com dilatação prévia)
  - Aplicações: em rotores de motores elétricos



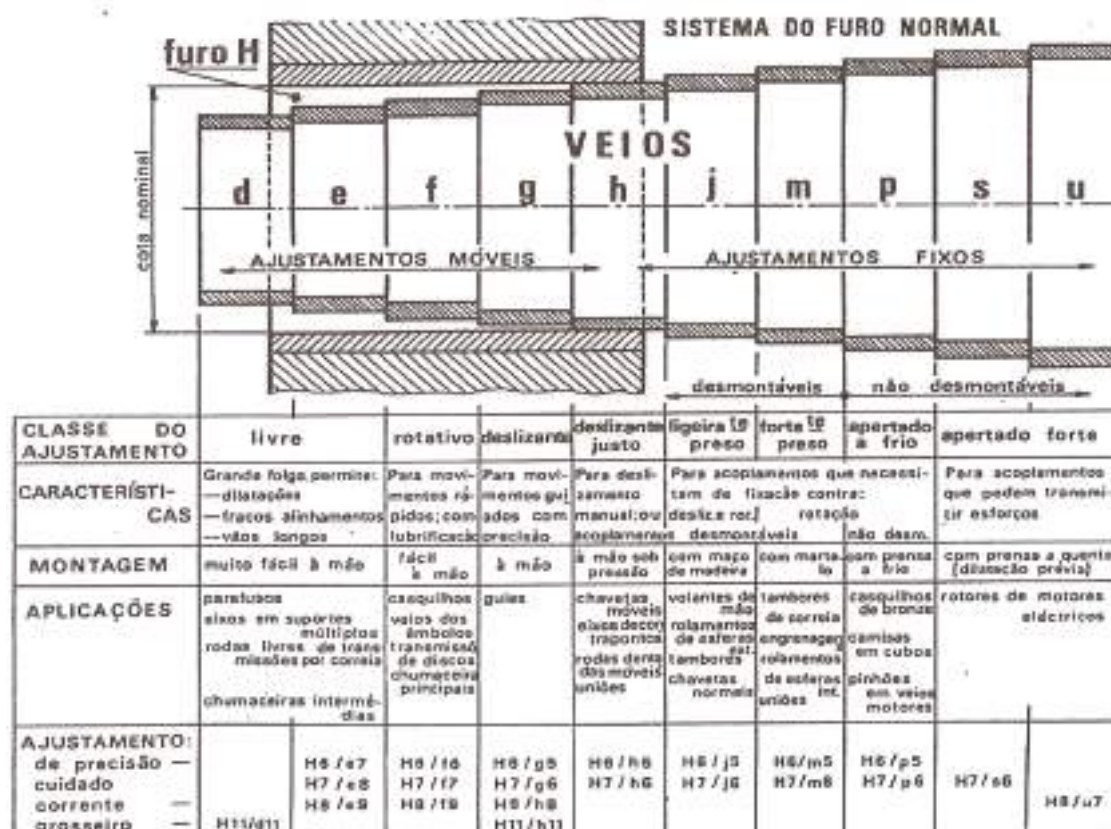


Figura 8 – Ajustamentos recomendados.

## AJUSTAMENTOS RECOMENDADOS SEGUNDO ISO

A livre combinação, seleção e normalização dos ajustamentos será sempre interesse de cada oficina ou fábrica que, com base em experiências anteriores, deverá fixar e adotar, sempre que possível, um número reduzido de ajustamentos (ditos ajustamentos recomendados) com a consequente racionalização de ferramentas e calibres necessárias à sua consecução e verificação.

A norma ISO1829:1975 estabelece o conceito de ajustamento recomendado e as regras gerais a observar na seleção e realização dos ajustamentos.

Estabelece também os quadros de valores das folgas e apertos máximos, mínimos e médios, correspondentes a cada um dos ajustamentos recomendados.

Os ajustamentos recomendados, surgem em construção mecânica distribuídos em dois grupos, o do sistema de furo normal e o do sistema de veio normal.



*Sistema do Furo Normal*

Neste sistema os ajustamentos são caracterizados por ser sempre **H**, o furo que neles intervém (desvio inferior nulo).



Figura 9 – Sistema de furo normal.

*Sistema do Veio Normal*

Neste sistema o veio que intervém nos ajustamentos é sempre o **h** (desvio superior nulo).

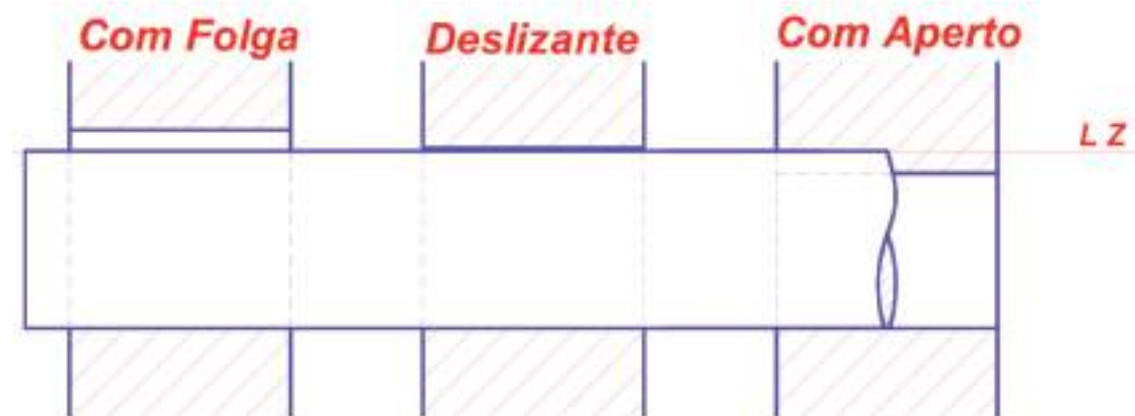


Figura 10 – Sistema de veio normal.

Apresentam-se nas páginas a seguir tabelas de ajustamento recomendados segundo ISO, para os dois sistemas (Quadro I – Furo normal e Quadro II – Veio normal).





AJUSTAMENTOS ISO RECOMENDADOS  
QUADRO I - SISTEMA DO FURO NORMAL-

Table with columns for hole and shaft tolerance zones (H6, H7, H8, H9, H10, H11, H12, H13, H14, H15, H16, H17, H18, H19, H20, H21, H22, H23, H24, H25, H26, H27, H28, H29, H30, H31, H32, H33, H34, H35, H36, H37, H38, H39, H40, H41, H42, H43, H44, H45, H46, H47, H48, H49, H50, H51, H52, H53, H54, H55, H56, H57, H58, H59, H60, H61, H62, H63, H64, H65, H66, H67, H68, H69, H70, H71, H72, H73, H74, H75, H76, H77, H78, H79, H80, H81, H82, H83, H84, H85, H86, H87, H88, H89, H90, H91, H92, H93, H94, H95, H96, H97, H98, H99, H100) and rows for hole and shaft tolerance zones (H6, H7, H8, H9, H10, H11, H12, H13, H14, H15, H16, H17, H18, H19, H20, H21, H22, H23, H24, H25, H26, H27, H28, H29, H30, H31, H32, H33, H34, H35, H36, H37, H38, H39, H40, H41, H42, H43, H44, H45, H46, H47, H48, H49, H50, H51, H52, H53, H54, H55, H56, H57, H58, H59, H60, H61, H62, H63, H64, H65, H66, H67, H68, H69, H70, H71, H72, H73, H74, H75, H76, H77, H78, H79, H80, H81, H82, H83, H84, H85, H86, H87, H88, H89, H90, H91, H92, H93, H94, H95, H96, H97, H98, H99, H100). Includes a diagram of hole and shaft tolerances and descriptive text in Portuguese.

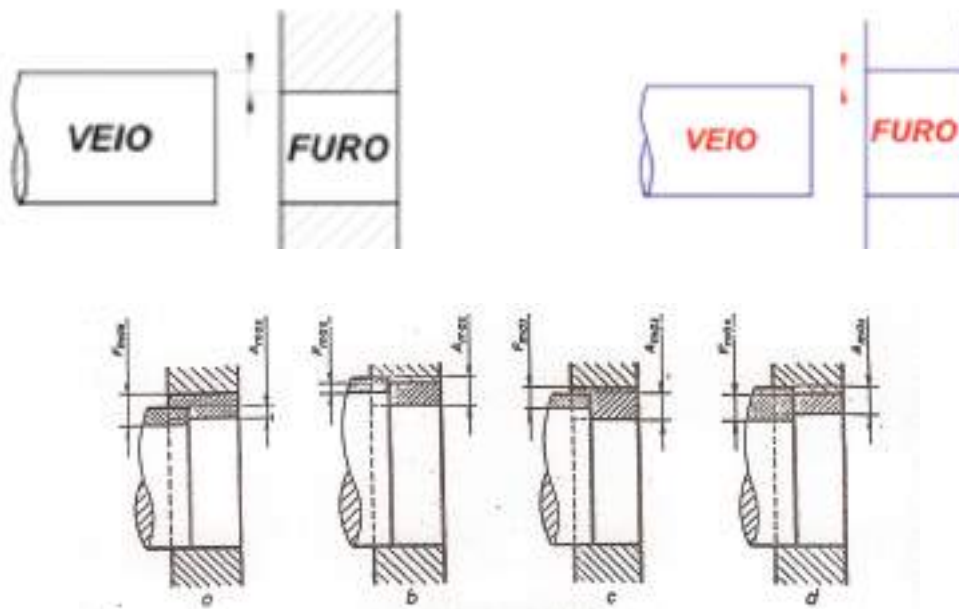




# EXERCÍCIOS TEÓRICOS

**EXERCÍCIO 1.** Enuncie os tipos de ajustamentos que existem em função da montagem.

**EXERCÍCIO 2.** Diga o tipo de ajustamentos que estão representados nas figuras.



**EXERCÍCIO 3.** Dê exemplos de:

- Ajustamento livre:
- Ajustamentos rotativo:
- Ajustamento deslizante justo:



## MONTAGEM DE PEÇAS

As técnicas ou métodos de montagem e desmontagem de componentes ou órgãos de máquinas são aplicadas atendendo ao tipo de ajustamento definido e ao tipo de componente e a sua função. É de realçar a importância da montagem e desmontagem de componentes no que concerne à manutenção de equipamentos.

É vantajoso que antes de se iniciar a montagem ou desmontagem, deverá preparar o esquema de trabalho, ordenando-os para que esteja tudo claro, escolher as ferramentas e acessórios necessários à sua realização.

### MONTAGEM E DESMONTAGEM DE ÓRGÃOS DE MÁQUINAS

Os órgãos de máquinas mais relevantes em termos de montagem e desmontagem são: veios, chumaceiras, casquilhos, rolamentos, engrenagens, etc.

#### Veios

No caso dos veios à que ter em conta os alinhamentos, isto significa que os veios acoplados, devem estar ligados de modo a que em condições de trabalho estejam perfeitamente alinhados, como mostra a figura 1.

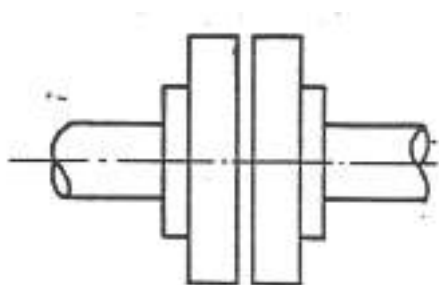


Figura 1 - Dois veios corretamente alinhados.

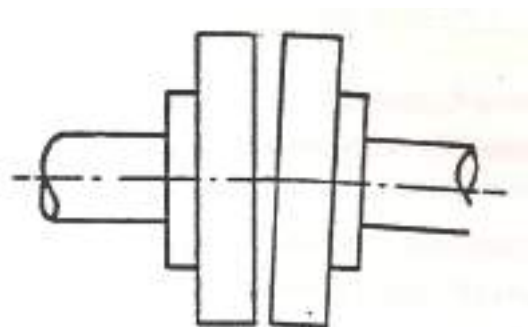


Figura 2 - Dois veios com desalinhamento angular.



Um mau alinhamento, além da paragem do equipamento, pode provocar danos em componentes rotativos tais como engrenagens, uniões, casquilhos vedantes, etc.

Uma condição fundamental para que se consigam alinhar corretamente as máquinas, é um bom estado das superfícies em contacto e o paralelismo entre elas, caso contrário provocam tensões quando se apertam os parafusos de fixação.

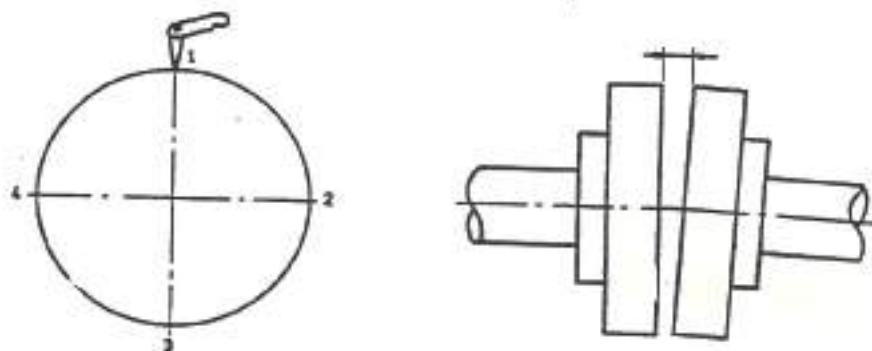
Caso algumas destas situações se verifique, alturas diferentes nas bases de assentamento, deficiente limpeza, ondulações nas chapas dos chumbadores, nas bases, ou nos calços, criará dificuldades no alinhamento, podendo até provocar o aparecimento de fissuras provocadas por fadiga.

Recomenda-se que a primeira fase de um alinhamento seja providenciar uma cuidada limpeza e planos paralelos nas bases de apoio, depois de instalar a máquina e verificar se algum dos “pés” ainda está “em falso”.

Vários processos são utilizados para alinhar equipamentos, desde o simples método da régua de cabelo e apalpa folgas até a sofisticados métodos com apoio de equipamento computadorizado.

### **Régua de cabelo e apalpa folgas (veios parados)**

Desalinhamento angular – deve ser corrigido antes de tentar corrigir o desalinhamento radial. O procedimento é mostrado na figura 3 usando apalpa folgas. As leituras devem ser obtidas nas posições 1, 2, 3 e 4 tendo-se o cuidado de verificar que as folgas axiais dos veios não influenciam estes valores. Desalinhamentos no plano vertical serão corrigidos alterando as espessuras dos calços. No plano horizontal, a máquina será movida lateralmente.



*Figura 3 - Desalinhamento angular.*



Desalinhamento radial – quando este se verifica no plano vertical figura 4, a correção poderá ser feita alterando as espessuras dos calços debaixo dos “pés” de fixação da máquina. Quando o desalinhamento se verifica no plano horizontal, as correções são feitas deslocando lateralmente a máquina.

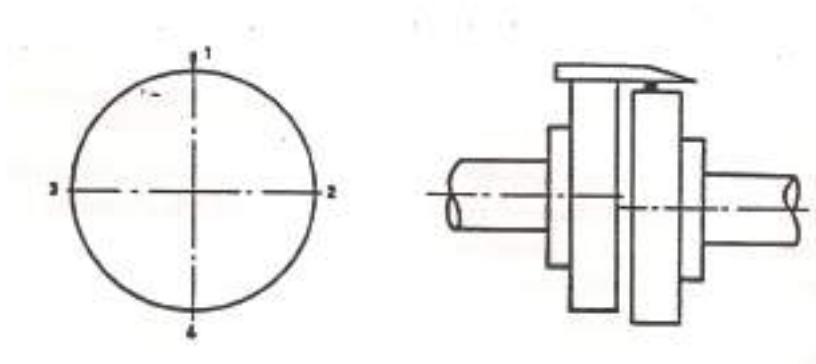


Figura 4 - Desalinhamento radial.

## Comparadores

Desalinhamento radial – leitura na periferia da flange

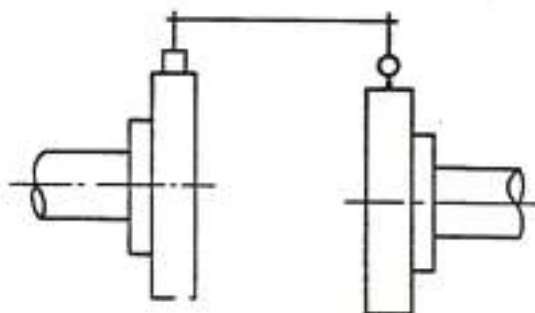


Figura 5 – Desalinhamento radial.

Desalinhamento angular – leitura na face da flange

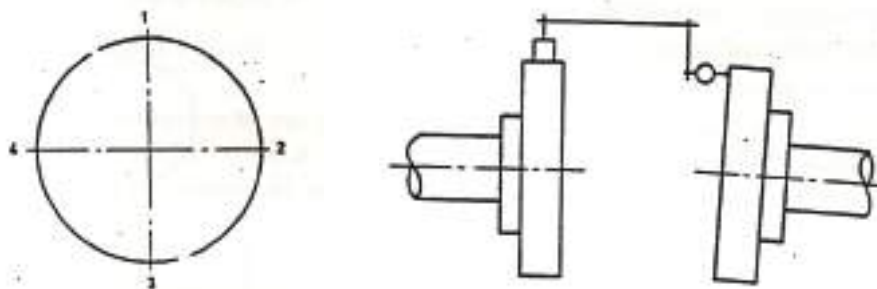


Figura 6 – Desalinhamento angular.



Este método oferece maior precisão do que o anterior, mas também é necessário garantir, que flutuações do veio que é rodado não estão a provocar erros nas leituras, bem como garantir que a rigidez de suporte do comparador da periferia é suficiente para evitar erros de flexão.

### Rolamentos

No caso dos rolamentos, dada a variedade de formatos e tamanhos dos rolamentos obrigam ao emprego de vários processos de montagem. É determinação básica, que para a montagem de rolamentos de auto-sustentação, isto é, de rolamentos que não são compostos de peças soltas (figura 7), nunca os esforços para a sua montagem ou desmontagem, devem ser transmitidos através das superfícies de rolagem ou corpos das esferas ou roletes.

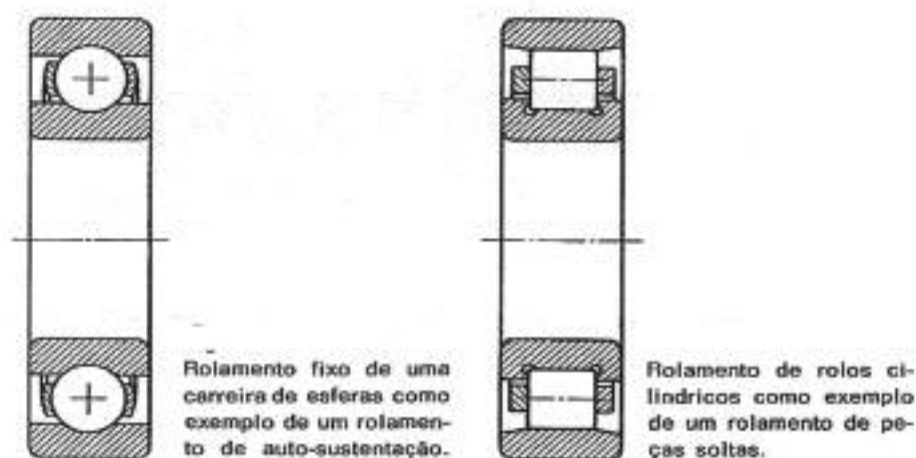


Figura 7 – Rolamentos.

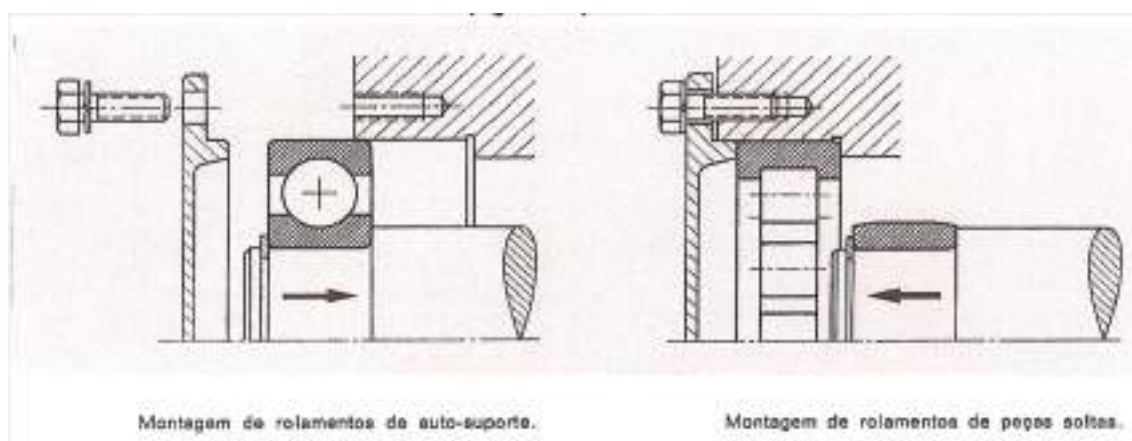
Dada a grande sensibilidade da têmpera dos rolamentos, não se deve dar pancadas com o martelo, sobre os anéis que os constituem e limitam.

Também se deve tomar em consideração, a sequência da montagem. Assim, um anel interior de um rolamento de auto-sustentação (sem peças soltas) pode ter uma sede fixa enquanto que o seu anel exterior tem uma sede móvel. Neste caso, primeiro introduz-se o rolamento no eixo e em seguida pega-se no eixo, já com o rolamento montado e introduz-se na caixa respetiva (figura 8). Quando os rolamentos são de peças soltas a sua montagem é mais fácil. Cada um dos anéis pode ser montado separadamente.



Se os rolamentos tiverem que ser utilizados de novo, terá que se ter a maior precaução ao proceder à sua desmontagem, principalmente as forças de saca, não devem ser exercidas sobre os roletes, pois haveria o perigo de danificar as superfícies de deslizamento.

Nos rolamentos não desmontáveis, deverá sacar-se primeiramente o anel da sede da contra-peça. São necessárias forças muito maiores para sacar os rolamentos providos de sede fixa, pois normalmente, com o decorrer dos tempos, forma-se ferrugem própria do atrito, dificultando bastante a sua desmontagem.



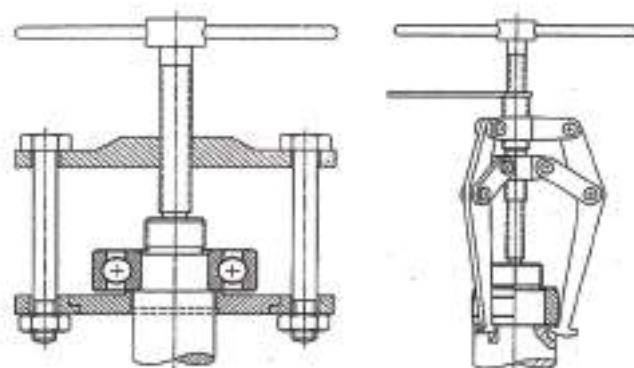
*Figura 8 – Montagem de rolamentos.*

No entanto há que salientar que há vários sistemas de montagem e desmontagem para os vários tipos de rolamentos:

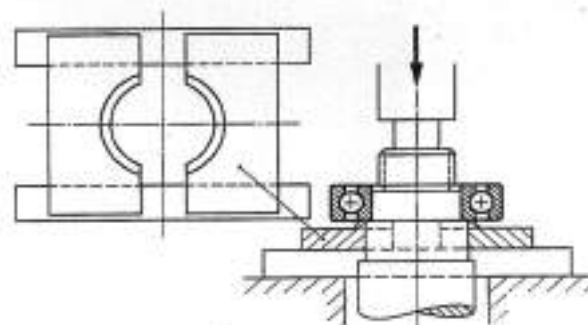
- Utilização de dispositivo hidráulico para montagem ou desmontagem;
- Dispositivos de aquecimento por indução;
- Desmontagem com aquecimento por chama direta.





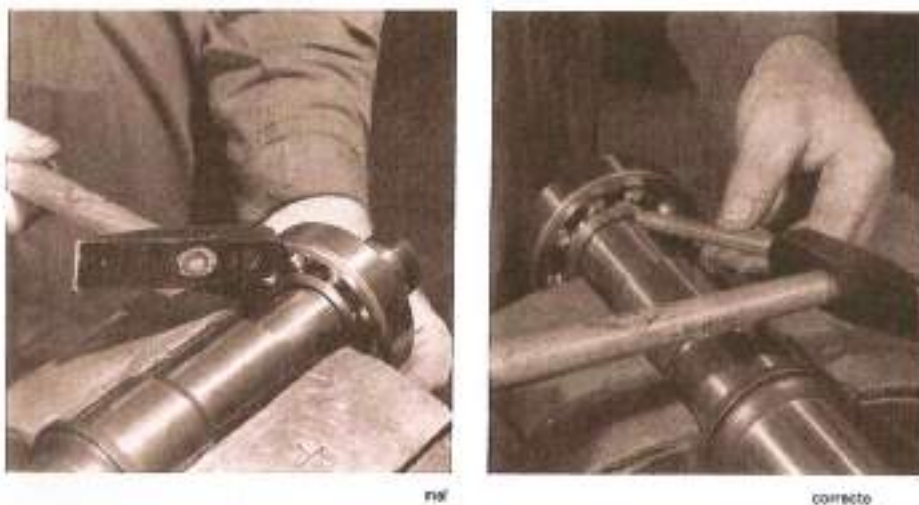


Dispositivos para montagem de rolamentos.



Introdução de um rolamento por meio de uma prensa.

Figura 9 – Dispositivos para montagem de rolamentos.



Desmontagem de um rolamento com lascas de martelo.

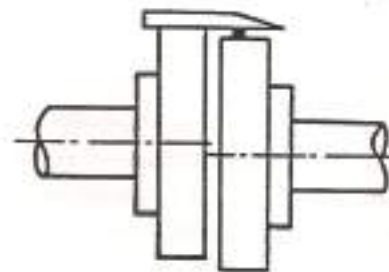
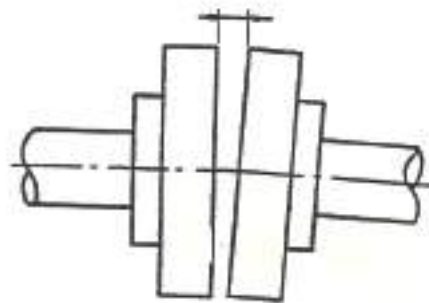
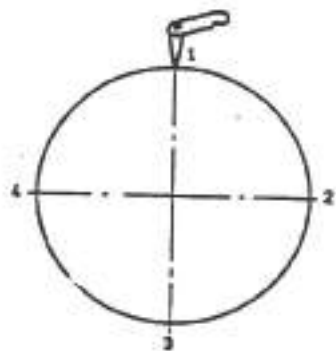
Figura 10 – Montagem de um rolamento.



## EXERCÍCIOS TEÓRICOS

**EXERCÍCIO 1.** Diga alguns dos órgãos de máquinas mais importantes em termos de montagem e desmontagem.

**EXERCÍCIO 2.** Considere os seguintes veios. Diga se se trata de um desalinhamento angular ou radial.



# TRATAMENTOS DE PEÇAS

Entende-se por tratamento de peças como sendo os processos a que as peças são submetidos com o fim de lhes melhorar as suas propriedades mecânicas.

## TRATAMENTOS TÉRMICOS

São processos térmicos (aquecimento e arrefecimento) a que se submetem as peças de aço com o fim de se modificar a sua estrutura para melhorar as suas características mecânicas sem alterar, contudo, a sua composição química.

### Têmpera

É um tratamento térmico que se aplica às peças de aço e que consiste em aquecê-los a uma temperatura determinada, que se chama temperatura de têmpera e arrefecê-los bruscamente.



*Figura 1 – Têmpera.*

A têmpera produz os seguintes efeitos:

- Aumenta a resistência



- Aumenta a dureza
- Aumenta o limite elástico
- Diminui o alongamento
- Baixa a resistência ao choque

A têmpera é constituída por três fases; O aquecimento, o estágio à temperatura de têmpera e o arrefecimento.

### **Aquecimento**

Ao proceder-se ao aquecimento das peças de aço não pode deixar de ser tomada em consideração a sua condutibilidade térmica. Na verdade os aços com muita liga têm uma condutibilidade térmica baixa pelo que necessitam de ser aquecidos lentamente para que as tensões devidas às diferenças de temperatura sejam evitadas. Estas tensões podem causar distorções e até fraturas nas peças.

### **Estágio à temperatura de têmpera**

Tem por fim a obtenção duma estrutura totalmente austenítica própria para a operação de têmpera (arrefecimento).

O tempo de estágio à temperatura de têmpera depende de vários fatores: composição química do aço, dimensão da peça, temperatura de têmpera, modo como se processa o aquecimento até aquela temperatura.

### **Arrefecimento**

Após aquecimento correto e estágio suficiente à temperatura de têmpera, a estrutura do aço é constituída por cristais de austenite nos quais estão incrustados carbonetos hipereutectóides. Neste momento as peças serão arrefecidas a determinada velocidade para que a austenite se transforme em martensite ou, se pretender, em bainite.

Os meios de arrefecimento mais utilizados são: a água (a sua temperatura deve ser 20º a 30 ºC), o óleo (deve estar a 50/60 ºC) e o banho de sais (em fusão a 550 ºC seguido dum arrefecimento ao ar a 20 ºC), além do ar.



## Revenido

Deve ser efetuado imediatamente à têmpera e tem por objetivo eliminar as tensões provocadas pelo arrefecimento da têmpera e dar às temperadas a melhor tenacidade (resiliência) possível, de acordo com o trabalho a que serão submetidas. Além disso, o revenido permite dar à peça a dureza pretendida.

O revenido realiza-se aquecendo a peça depois de temperada a uma dada temperatura, dependente da composição do aço e do fim a que se destina (compreendida entre 100 °C e 650 °C), deixando-a arrefecer lentamente.



Figura 2 – Conjunto de facas em aço temperado e revenido.

## Recozido

É o tratamento térmico que consiste em aquecer o material a uma dada temperatura, dependente da sua composição e do fim a que se destina, e arrefecê-lo lentamente.

Nas peças de aço o recozido tem uma ação, em parte, contrária à da têmpera. Tem uma ação estabilizadora na estrutura dos materiais e aplica-se para vários fins.

Pode ser de vários tipos:

Recozido de normalização – Serve para dar ao aço a sua estrutura normal ou de equilíbrio.

Realiza-se aquecendo-o à mesma temperatura que para a têmpera e deixando-o arrefecer lentamente ao ar tranquilo.

Recozido de eliminação de tensões – Utiliza-se para fazer desaparecer as tensões internas originadas pela forjagem ou outras causas. Realiza-se às temperaturas médias: aços simples (660° a 710 °C), aços ligados (650° a 800 °C) e aços rápidos (870° a 880 °C).



Recozido de encruamento - Para fazer desaparecer o encruamento resultante de trabalhos de forjagem a frio. Realiza-se a temperaturas entre 550º a 610 ºC.

Recozido de regeneração – Utiliza-se para regenerar aços sobreaquecidos na têmpera e para eliminar a ação da têmpera. Realiza-se aquecendo-o à mesma temperatura que para a têmpera e arrefecendo lentamente.

### *Têmpera superficial*

Os fins a atingir pela têmpera superficial são idênticos aos dos tratamentos termoquímicos, no entanto, estes atingem a sua finalidade por meio duma difusão que origina uma transformação da composição química da camada superficial ao passo que na têmpera superficial o material mantém a sua composição química.

Conforme o tipo de aquecimento utilizado podemos distinguir os três tipos de têmpera superficial:

- Têmpera por chama direta: aquecimento por meio duma chama oxiacetilénica;
- Têmpera por indução: aquecimento por meio duma corrente de alta frequência induzida na peça a temperar;
- Têmpera por imersão: aquecimento por meio duma imersão de curta duração num banho de metais ou de sais a alta temperatura.

Atualmente, utiliza-se de preferência a têmpera por chama direta (maçarico) ou por indução (Figura 3).



*Figura 3 – Têmpera por chama direta.*



## TRATAMENTOS TERMOQUÍMICOS

São processos que consistem, além do aquecimento e arrefecimento tal como nos tratamentos térmicos, em modificar também a composição química de uma película superficial da peça.

### Cementação

É um tratamento termoquímico que tem por fim conferir às peças de aço uma grande dureza superficial mas conservando uma boa resiliência interior. O processo consiste em envolver a peça por um cemento e aquecer durante um certo tempo a uma temperatura entre 870 °C e 930 °C, conforme o tipo de cemento (sólidos, líquidos ou gasosos) transmitindo-se este, o carbono ativo à superfície da peça. A profundidade de cementação aumenta com a duração do aquecimento, como mostra a figura 4.



Figura 4 – Variação da profundidade de cementação com o tempo e a temperatura.

### Nitruração

É um tratamento termoquímico semelhante à cementação e consiste na introdução de Azoto, sob a forma de nitretos de ferro ao aço. Aplica-se este processo quando se pretende conferir uma dureza máxima ou uma grande resistência ao desgaste e dá-se a uma temperatura de 500 a 520° C em atmosfera azotada e entre 550 a 580° C em banho de sais.



### *Carbonitruração*

É um tratamento termoquímico que tem por fim o endurecimento superficial das peças executadas em aço que são aquecidas numa atmosfera gasosa que permite a absorção do carbono e do azoto, através duma mistura de óxido de carbono e gás amoníaco. O endurecimento final é obtido pela têmpera.

### *Sulfanização*

Este tratamento tem por fim aumentar a resistência ao desgaste das peças tratadas, aquecendo-as num banho de sais derivados do enxofre, a uma temperatura de 565º C. O arrefecimento é feito em água a cerca de 80º C. O tempo de imersão varia entre 1 a 3 horas, obtendo-se películas superficiais com o máximo de 0,3 mm de espessura, motivo pelo qual não adianta prolongar mais o tempo de imersão.

## TRATAMENTOS SUPERFICIAIS

São processos que têm por fim melhorar as qualidades das superfícies das peças. Trata-se dum depósito na superfície da peça a tratar não alterando a composição química do material da peça.

Os processos mais empregues são:

- Cromagem dura;
- Metalização;
- Revestimentos de superfície (proteção da corrosão);
- Fosfatização (a zinco ou a manganês);
- Oxidação;
- Galvanização;
- Eletrozincagem;
- Cobreagem.

A maioria dos referidos processos necessitam que as superfícies antes tenham que ser decapadas (por grenalha de aço ou por decapagem química).





# EXERCÍCIOS TEÓRICOS

**EXERCÍCIO 1.** Indique alguns dos tratamentos térmicos que conhece.

**EXERCÍCIO 2.** Quais os efeitos provocados por uma têmpera?

**EXERCÍCIO 3.** Quais os objetivos do revenido?

**EXERCÍCIO 4.** Quais os tipos de recozido mais importantes que conhece?

**EXERCÍCIO 5.** Quais os objetivos dos tratamentos termoquímicos?

**EXERCÍCIO 6.** Indique alguns tratamentos superficiais que podem ser aplicados às peças.



# ACABAMENTOS MECÂNICOS DE PEÇAS

## TIPOS DE ACABAMENTO

Para definir uma peça, não basta definir a sua forma, mas também é necessário fornecer indicações sobre a natureza das respectivas superfícies e, em particular, sobre o seu grau de acabamento.

O acabamento das superfícies das peças varia com o processo de fabrico utilizado. Assim, por exemplo, uma peça obtida por fundição ou forjamento não tem o mesmo aspeto superficial do que uma peça trabalhada no torno ou na fresa.

As ferramentas de corte que trabalham as peças deixam nas superfícies irregularidades que, embora tendo altura pequena em relação às dimensões da peça, podem influir na resistência da peça aos esforços e à corrosão. No entanto, os problemas mais importantes na prática não dizem, em geral, respeito a uma superfície, mas a duas superfícies de peças diferentes que devem ficar em contacto. A natureza de uma superfície fica definida pelo seu tipo e qualidade.

Quanto ao tipo de superfície podem considerar-se três casos:

- Superfícies em bruto, isto é que não são trabalhadas, ficando tal como deixaram certos processos de fabrico como a fundição, o forjamento, a laminagem ou oxicorte;
- Superfícies trabalhadas, em geral por processos de corte com ou sem arranque de aparas, tais como o torneamento, fresagem, aplainamento, retificação ou esmerilamento;
- Superfícies com tratamento especial, que sendo inicialmente de um dos dois tipos anteriormente indicados, recebem um tratamento especial que lhes confere determinada aparência ou certas propriedades. Entre os Tratamentos especiais cita-se pintura, niquelagem, decapagem, têmpera, cementação, etc.

Quanto à qualidade da superfície há que distinguir o grau de uniformidade e o grau de acabamento. O grau de uniformidade refere-se aos maiores ou menores desvios que a forma da superfície pode apresentar em relação ao que deveria ser a sua forma



geométrica perfeita. O grau de acabamento está em relação com as irregularidades mais ou menos pronunciadas que o trabalho mecânico da superfície pode provocar.

A medida do grau de acabamento é a rugosidade da superfície que é definida como o conjunto de irregularidades da superfície, convencionalmente definidas numa região da superfície em que não existam erros de forma ou ondulações.

### *Equipamento para medição de estados de superfície*

Escantilhão de comparação viso-tátil: trata-se de uma placa de metal com diversas rugosidades. Deve-se efetuar uma comparação com a superfície a caracterizar e assim atribuir-lhe o valor respetivo.

Apalpadores de agulhas (rugosímetro): Baseiam-se no princípio de funcionamento de um gira-discos. Existe uma pequena agulha que é “arrastada” sobre a superfície sendo os seus movimentos captados por sensores eletrónicos.



*Figura 1 – Rugosímetro.*



### *PROCESSOS DE OBTENÇÃO DE ACABAMENTOS DE SUPERFÍCIES*

O processo mais comum de acabamento de superfícies consiste na operação manual com (lima, lixa, aparelhos rotativos elétricos ou pneumáticos).

Mas os processos fabrico de obtenção de peças (torneamento, fresagem, retificação) e dos vários tipos de tratamentos de superfícies (tratamentos térmicos, tratamentos termoquímicos, etc.) indústria metalomecânica. No entanto, o processo de obtenção de acabamento de superfícies por retificação é aquele que de uma maneira geral se aplica em operações após um tratamento térmico ou termoquímico.

#### *Acabamento superficial das peças pelo processo da retificação*

As operações de retificação têm por fim conferir às superfícies das peças um grau de acabamento muito fino, sendo habitual utilizar-se o termo de retificação quando o grau de acabamento conseguido é excepcionalmente elevado. Esta operação utiliza uma mó de uma substância abrasiva, geralmente de esmeril, que rodando em contacto com a peça, desbasta a sua superfície, removendo uma quantidade muito pequena de material. Podem retificar-se superfícies cilíndricas e superfícies planas, atuando a retificadora de forma diferente num caso e noutro.

#### *Tipos de retificadoras*

As máquinas de retificar mais utilizadas são:

- Retificadora de planos;
- Retificadora de cilindros;
- Retificadora de perfis;
- Retificadora de roscados.

#### **Retificadora de Planos**

Este tipo de máquina retifica todos os tipos de superfícies planas.





Figura 2 – Retificadora de planos.

Durante o processo de maquinação, a mesa desloca-se em movimento retílineos da direita para a esquerda e vice-versa. Existe também o movimento transversal da mesa que, junto com o movimento longitudinal, permitem percorrer a superfície maquinada.

### **Retificadora de Cilindros**

Este tipo de máquina retifica todos os tipos de superfícies cilíndricas. A peça pode estar fixa numa bucha de aperto igual à utilizada num torno mecânico, que é dotada de movimento de rotação, ou pode a peça também ser montada entre pontos do mesmo processo que é utilizado num torno. A mó em movimento de rotação entra em contacto com a peça, animada também de movimento de rotação removendo o material.



Figura 3 – Retificadora de cilindros.



## Retificadora de Roscados

É uma máquina especial cujo processo de funcionamento retificadora de cilindros, mas o movimento de avanço da peça dá-se segundo um passo de hélice.



Figura 4 – Retificadora de roscados.

## Retificadora de Perfis

uma máquina especial de retificar cujo funcionamento é idêntico à da retificadora de planos, cujo movimento de deslocação se faz segundo um perfil, com ajuda de um ampliador de perfis.

## Tipos de Ferramentas de Corte

As mós são corpos com formas de revolução, constituídos por grãos de certas substâncias muito duras ligadas por outra substância que desempenha as funções de aglutinante (Figura 5).

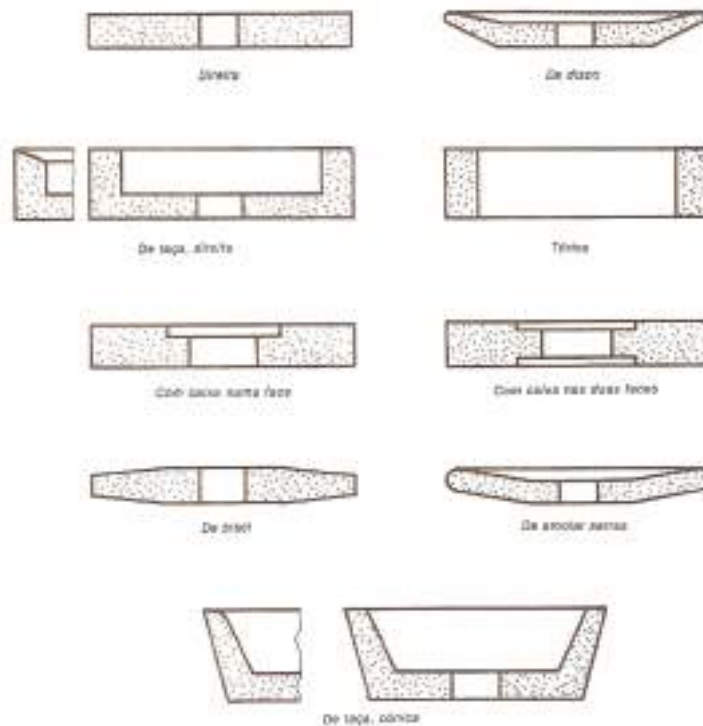


Figura 5 – Várias formas de mós.



# EXERCÍCIOS TEÓRICOS

**EXERCÍCIO 1.** Em termos de acabamento, podem considerar-se três tipos de superfícies. Indique quais são.

**EXERCÍCIO 2.** Qual o nome que se dá ao aparelho representado na figura? Para que serve?



**EXERCÍCIO 3.** Que tipo de retificadoras existe?



# LIGAÇÕES MECÂNICAS DE PEÇAS

Entende-se de um modo geral por ligações mecânicas de peças o conjunto de operações e técnicas capaz de ligar vários componentes formando um conjunto (produto) ou um equipamento.

Assim, a construção mecânica apresenta exigências de funcionamento, de montagem e de fabricação de modo a tornar-se necessário o fracionamento em diversos componentes e a imobilização total ou parcial entre si.

O problema das ligações nasce devido a estas exigências e há diversas soluções naturalmente acompanhando a evolução tecnológica, o que origina uma diversidade enorme quanto aos processos, tipos, materiais e dimensões.

## TIPOS DE LIGAÇÕES MECÂNICAS DE PEÇAS

Os processos de ligações dividem-se em dois grandes grupos:

- **Ligações permanentes** ou não desmontáveis, isto é, as peças ligadas não são separáveis sem destruição.
- **Ligações desmontáveis**, quando as peças ligadas se podem separar sem destruição.

### *Ligações Permanentes*

- **Ligações diretas por ajustamento apertado:** podem fazer-se por ação mecânica em prensas mecânicas ou hidráulicas, por contração de uma das peças, em geral o veio, através da ação da neve carbónica (-80º C) ou de azoto líquido (- 195º C) e por dilatação da peça envolvente que é aquecida em fornos ou por chama direta;
- **Ligações diretas por cravação:** direta. Praticamente só são usados em trabalhos com chapa fina;
- **Ligações por engastamento:** usam-se em chapas de pequena espessura, por exemplo nas embalagens de alumínio ou folha-de-flandres;





- **Ligações por soldadura de resistência:** a soldadura por resistência é uma soldadura prensada em que as peças a ligar se caldeiam à temperatura da soldadura pela resistência que oferecem à passagem da corrente elétrica. Há vários tipos: soldadura de topo, soldadura por pontos, soldadura por costura;
- **Ligações por rebites:** a construção rebitada consiste em reunir um conjunto de peças com a ajuda de rebites;
- **Ligações por outros processos de soldadura:** é o processo mais generalizado nas ligações permanentes rígidas e ser soldadura autogénea, por brasagem forte ou soldo-brasagem.

### Ligações Desmontáveis

A ligação das peças mecânicas ocorre entre superfícies de contacto que podem ser planas, cilíndricas, cónicas, esféricas ou helicoidais. Estas ligações podem ser completas ou parciais e podem fazer-se por atrito ou obstáculo.

## LIGAÇÕES DE PEÇAS ATRAVÉS DE PARAFUSOS, CAVILHAS E TROÇOS

São ligações mecânicas desmontáveis que podem ser feitas por ajustamento blocados de peças cilíndricas ou por ligações cónicas.

- Parafusos e/ou porcas;
- Pernos roscados;
- Cavilhas de fixação, troços e anilhas

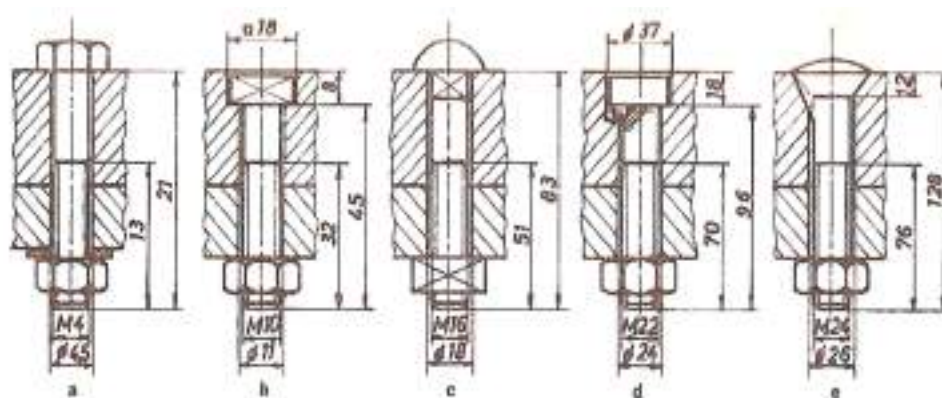


Figura 1 – Exemplos de ligações com parafusos e porcas.



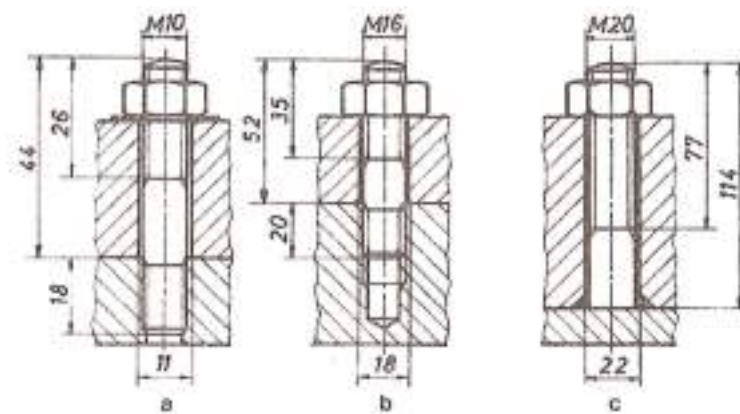


Figura 2 – Exemplos de ligações com pernos.

Parafusos

as normas definem as qualidades de parafusos de aço para metais, tendo em atenção o processo de fabrico, as tolerâncias dimensionais e a sua resistência mecânica.

O aperto de um parafuso pode fazer-se com chave (de boca, de caixa, de luneta, inglesa, etc.), atendendo ao tipo de forma de cabeça.



Figura 3 – Tipos de cabeça de parafusos prismáticos.

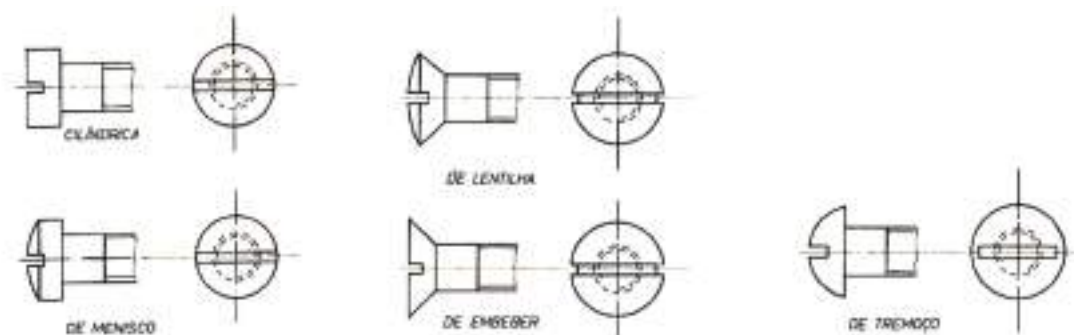


Figura 3 – Tipos de cabeça de parafusos com fenda.



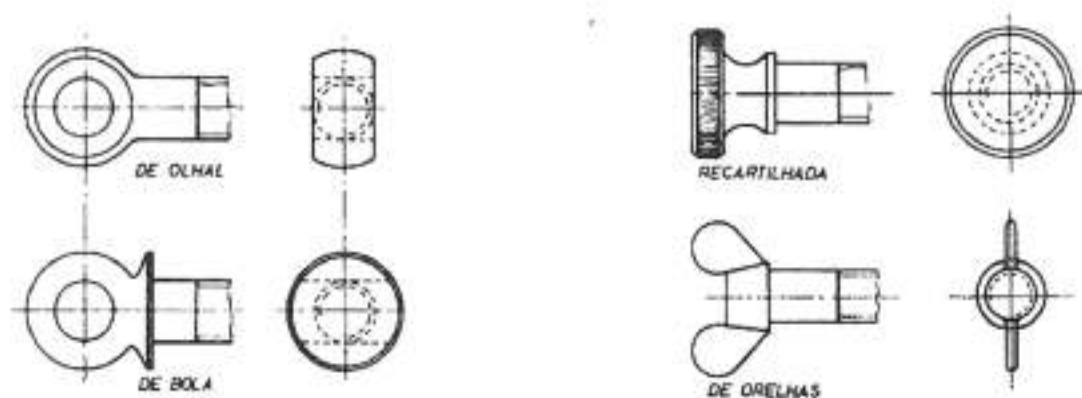


Figura 4 – Tipos de cabeça de parafusos para apertar com travinca e para apertar com à mão.

### Porcas

As normas definem as qualidades das porcas de aço para metais, tendo em atenção o processo de fabrico, as tolerâncias dimensionais e a sua resistência mecânica.

O aperto de uma porca pode fazer-se com chave (de boca, de luneta, inglesa, etc.), atendendo à forma da porca.

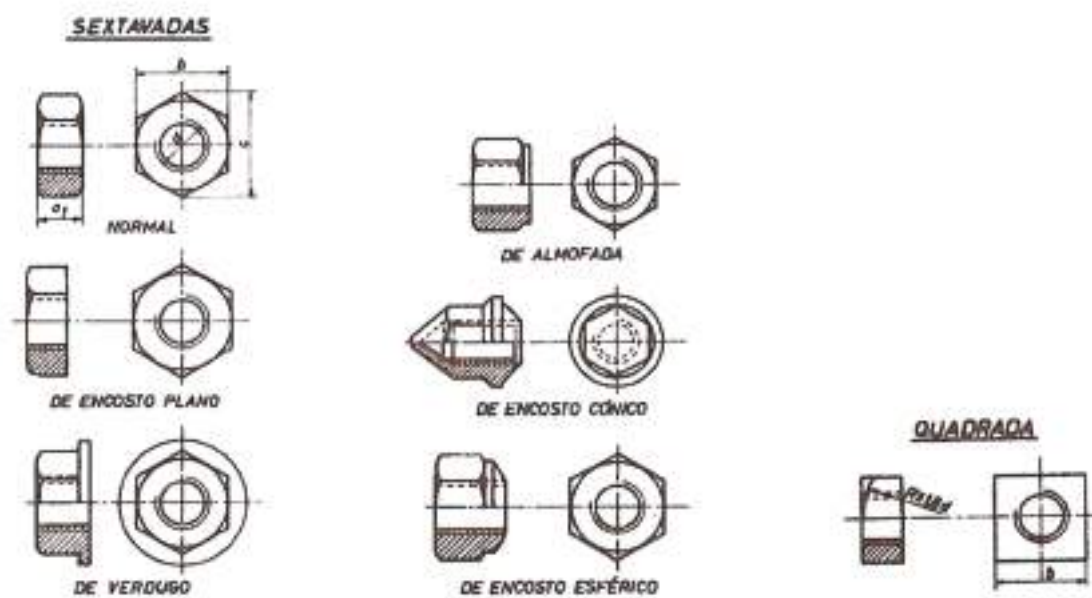


Figura 5 – Tipos de porcas prismáticas para apertar com chave.



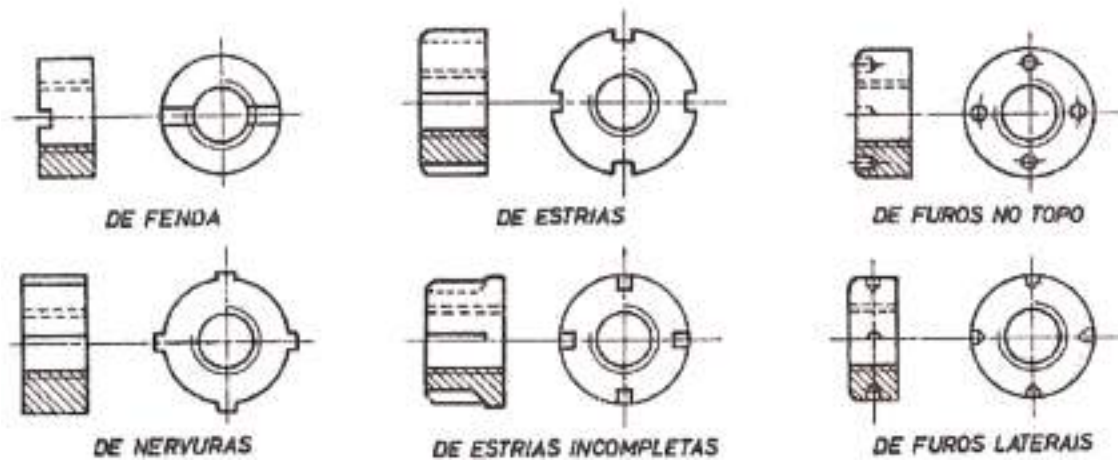


Figura 6 – Tipos de porcas cilíndricas para apertar com chaves especiais.

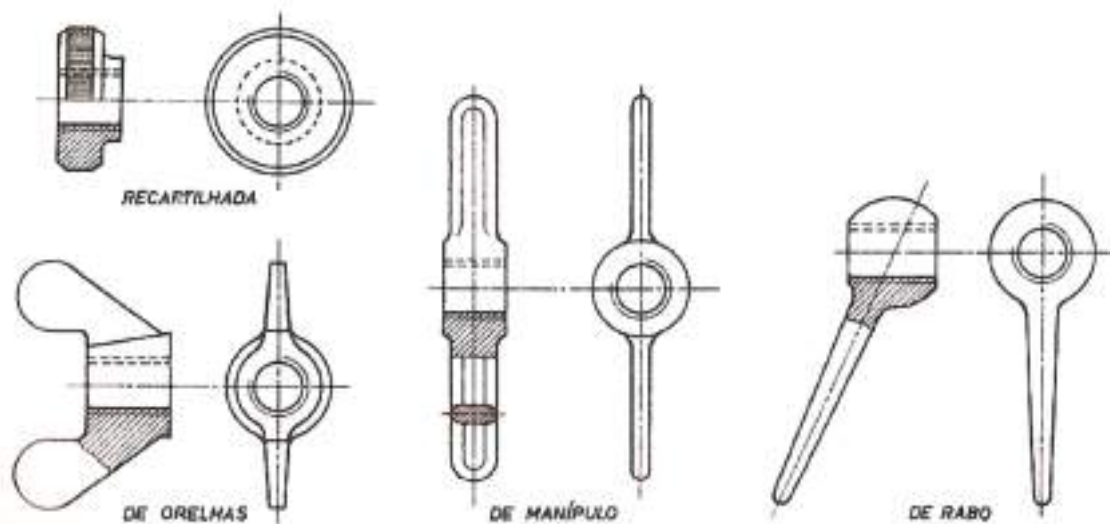


Figura 7 – Tipos de porcas para apertar à mão.

### Pernos Roscados

Um perno é uma haste cilíndrica geralmente roscada nas duas extremidades e com um troço liso intermédio. Em certos casos pode considerar-se pernos só com uma das extremidades roscadas e com a outra lisa, soldada diretamente a uma das peças a ligar. Também é usual chamar-se perno ao parafuso sem cabeça.



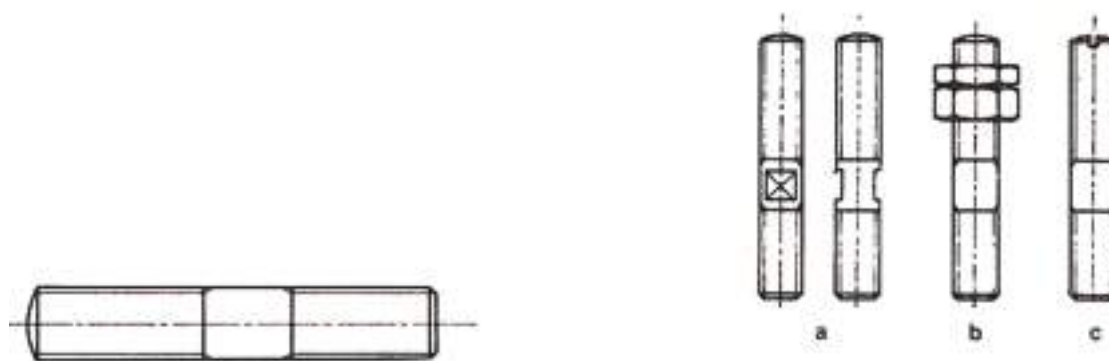


Figura 8 – Tipos de pernos roscados.

### Anilhas

Nas ligações com parafusos, pernos e porcas utilizam-se muitas vezes as anilhas que são pequenos discos com um furo central que permite a passagem da espiga do parafuso ou do perno, servindo-lhes de apoio. Protegem as peças de mossa que poderiam ser provocadas por sucessivos apertos.

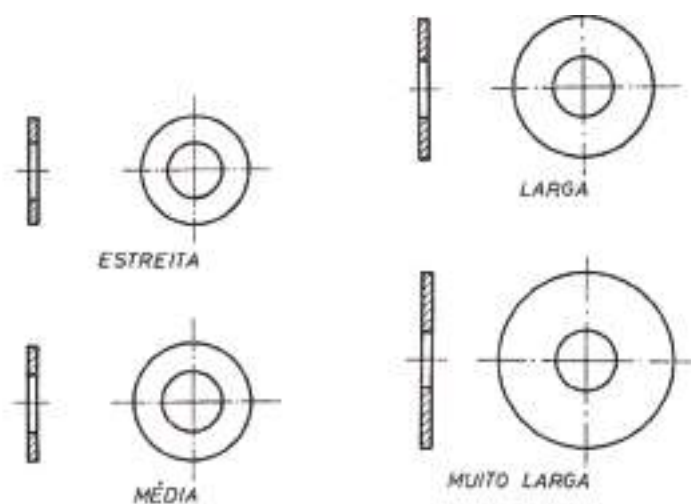


Figura 9 – Tipos de anilhas.

### Cavilhas De Fixação, Troços e Molas

Uma cavilha é uma pequena peça metálica com secção geralmente circular que se introduz num furo aberto numa ou várias peças, com o objetivo de realizar uma ligação desmontável e geralmente completa.



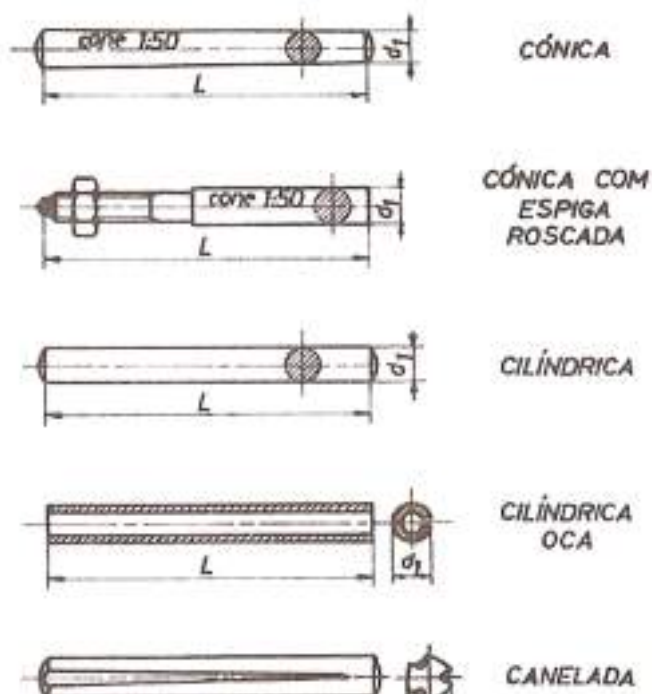


Figura 10 – Tipos de cavilhas.

Os troços são constituídos por arame dobrado a 180°, de modo a formar um olhal que facilita a desmontagem do troço. As duas pernas do troço podem ter comprimentos iguais ou diferentes. Os troços utilizam-se frequentemente para imobilizar porcas, em especial porcas de castelo.

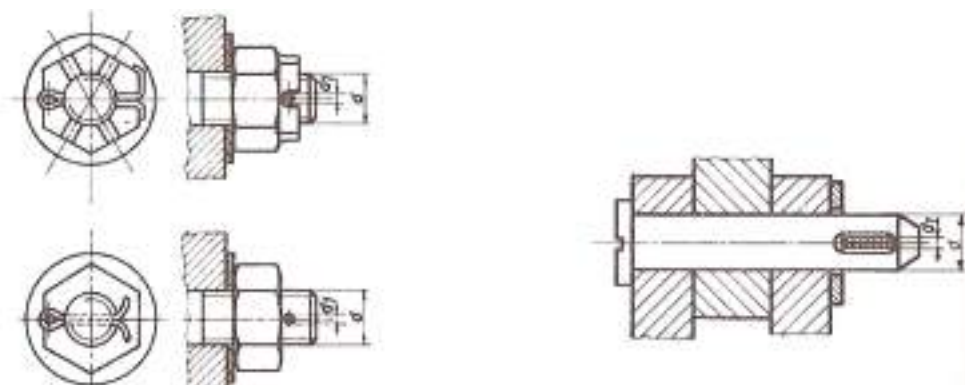


Figura 11 – Utilização de troços.

As molas são peças que se empregam para realizar ligações elásticas, isto é, ligações que consentem deslocamentos relativos de amplitude limitada entre as peças ligadas.










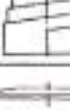

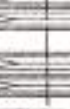




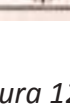




DESIGNAÇÃO		REPRESENTAÇÃO		SÍMBOLO	
		EM VISTA	EM CORTE		
HELICOIDAIS	DE COMPRESSÃO	Cilíndricas			
		Cónicas			
	DE TRACÇÃO	Cilíndricas			
		Convexas			
	DE TORÇÃO				
	EM VOLUTA				
ELÁSTICAS					
EM ESPIRAL	SIMPLES				
	COM TAMBOR				
DE FOLHAS	SEM OLHAIS SEM BRAÇADEIRA				
	COM OLHAIS SEM BRAÇADEIRA				
	SEM OLHAIS COM BRAÇADEIRA				
	COM OLHAIS COM BRAÇADEIRA				

Figura 12 – Tipos de molas.



## LIGAÇÕES DE PEÇAS ATRAVÉS DE ENCHAVETAMENTOS

Os enchavetamentos ou ligações com chavetas são ligações desmontáveis. Permitem estabelecer a ligação entre um veio e um furo, recorrendo a uma peça, chamada chaveta, que é introduzida simultaneamente em ranhuras ou orifícios abertos nas duas peças a ligar.

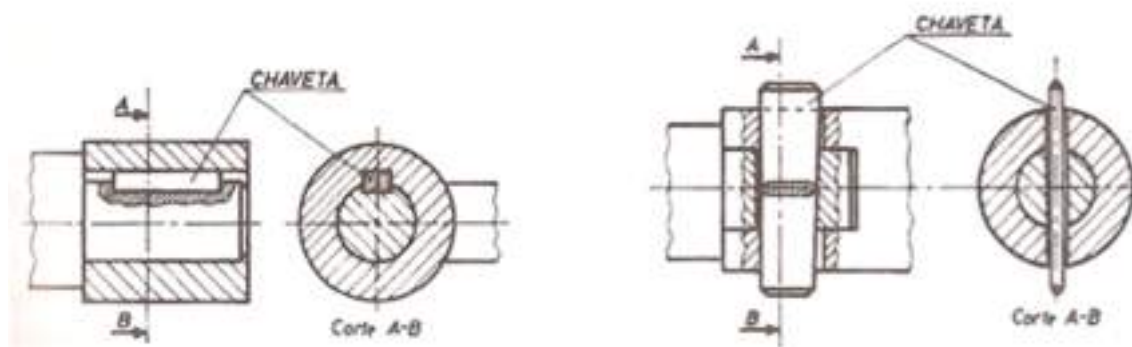


Figura 13 – Enchavetamento longitudinal e transversal.

## LIGAÇÕES DE VEIOS

As ligações de veios são órgãos que se destinam:

- a ligar veios de mecanismos diferentes fabricados separadamente, e a permitir desligá-los quando de operações de conservação ou alterações;
- a ligar troços de veios,
- a permitir desalinhamentos de veios ou introduzir flexibilidade mecânica;
- a reduzir a transmissão de choques de um veio a outro;
- a alterar as características de vibração dos elementos relativos.

As ligações podem, por isso, classificar-se em:

- Uniões Rígidas;
- Uniões móveis;
- Uniões elásticas;
- Uniões de segurança ou limitadores de binário;
- Embraiagens.





## Uniões Rígidas

Estas uniões não têm qualquer flexibilidade impedindo portanto qualquer deslocamento relativo dos veios. Empregam-se em veios perfeitamente alinhados porque, de contrário, as chumaceiras ficariam sujeitas a sobrecargas tais que se deteriorariam rapidamente.

As uniões rígidas podem ainda ser de flanges, de prato, cilíndricas e de manga. Nas uniões de flanges as extremidades dos veios têm flanges fazendo-se o aperto com parafusos e porcas

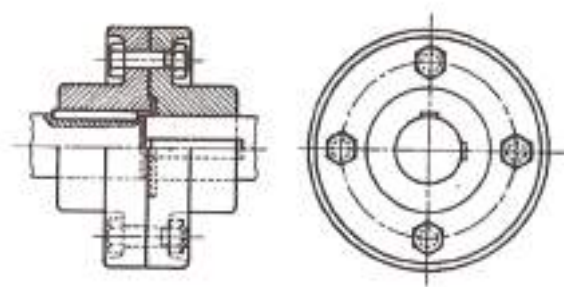


Figura 14 – União rígida.

## Uniões Móveis

Nestas uniões a ligação dos veios é permanente mas não invari sendo, portanto, possível um certo movimento relativo dos veios dentro de certos limites. São uniões que constituem uma certa flexibilidade cinemática e podem ser axiais, laterais e angulares.

As **uniões móveis axiais**

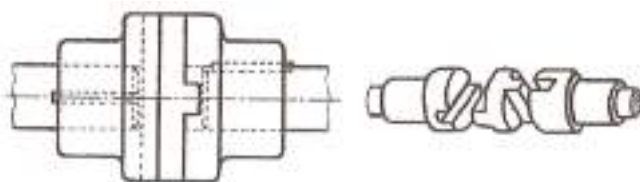


Figura 15 – União móvel lateral.

As uniões móveis laterais servem para transmitir o movimento entre eixos paralelos muito próximos, desalinhamento lateral, um do outro. A união deste tipo mais conhecida é a união Oldham.



Nas uniões móveis angulares o tipo mais corrente é o da união cardan. É uma união articulada para veios que formam um ângulo reduzido, entre 15º a 30º, fixo ou variável durante o mesmo movimento.

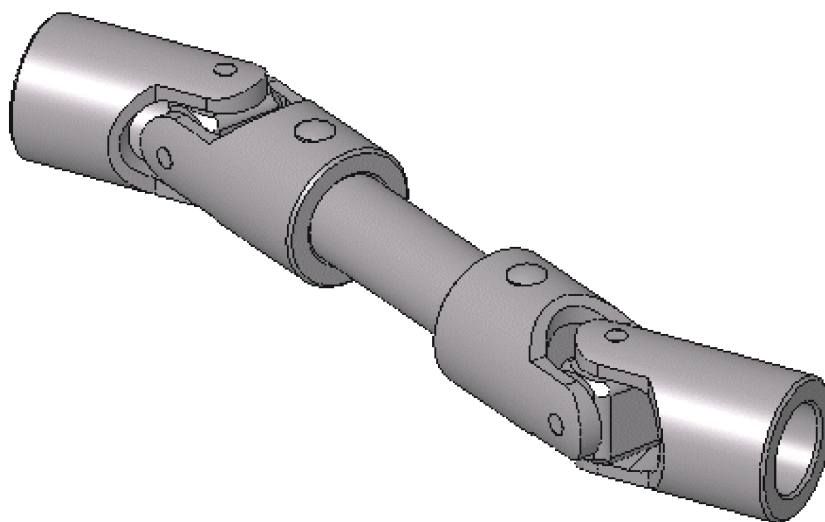


Figura 16 – Cardan.

## Uniões Elásticas

A necessidade de uniões elásticas apareceu quando se começaram a empregar transmissões diretas a partir de motores ou de redutores, o que reduz as dimensões gerais e aumenta o rendimento, em situações em que o emprego de uniões rígidas produzia, com o tempo, vibrações e ruídos, perda de potência e desgaste prematuro ou mesmo gripagem dos moentes e rotura dos veios.

Nas uniões elásticas existe um elemento intermédio, flexível ou resiliente, que torna mais suave a transmissão do movimento em veios que tenham movimentos bruscos e também quando não se possa garantir a perfeita coincidência dos dois veios.

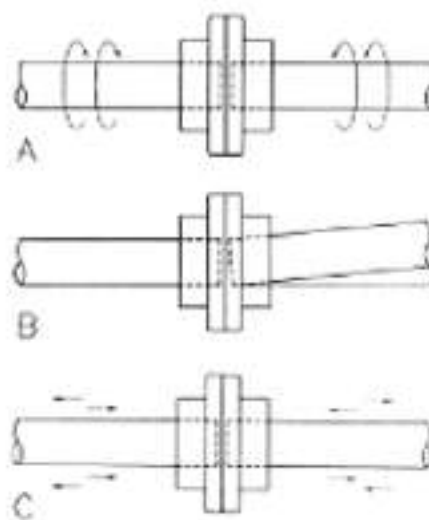


Figura 17 – Uniões elásticas.



## Uniões de Segurança

As uniões deste tipo são concebidas para permitir movimento relativo ou escorregamento entre o elemento motor e o elemento movido a partir de um dado momento de torção afim de ser proteger o órgão motor contra sobrecarga. São, portanto, considerados limitadores de binário.

## Embraiagens

São uniões que podem ser desfeitas mesmo durante o funcionamento dos veios. Consistem de um elemento fixo ao veio motor e outro deslocável, montado sobre o veio movido.

As embraiagens permitem, ao isolar uma máquina de uma transmissão geral ou de um motor, tornar o comando mais cómodo, aumentar a segurança (consegue-se uma paragem muito rápida em caso de acidente) e economizar a potência durante os períodos de paragem da máquina.

As embraiagens podem classificar-se quanto:

- Ao comando: comandadas e automáticas;
- Ao arrastamento: de arrastamento instantâneo (só podem ser manobradas paradas);
- Ao tipo: planas, cónicas e cilíndricas (de calços e de cinta).



Figura 18 – embraiagem.

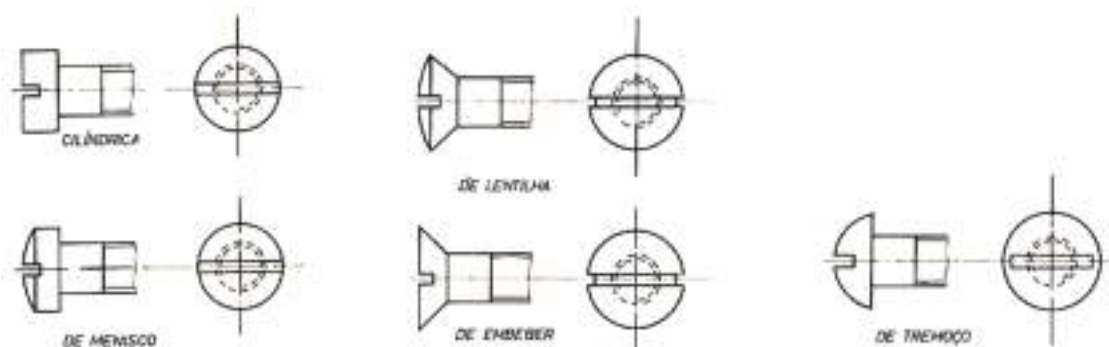


# EXERCÍCIOS TEÓRICOS

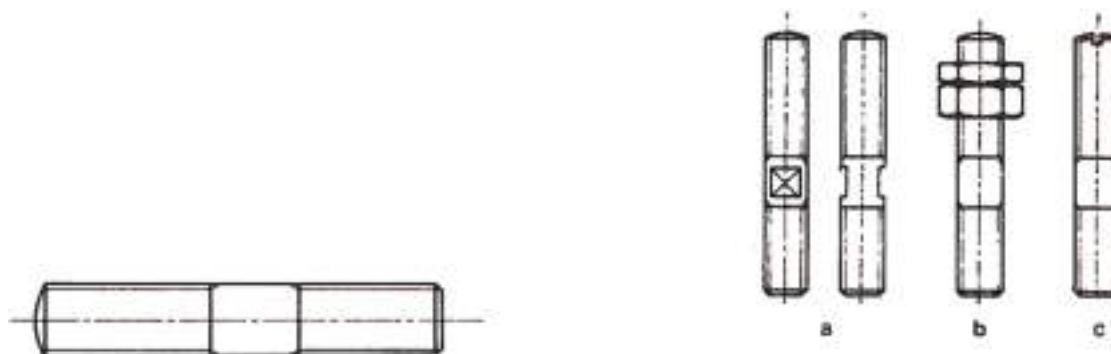
**EXERCÍCIO 1.** Qual a diferença entre as ligações mecânicas permanentes e desmontáveis?

**EXERCÍCIO 2.** Dê exemplos de ligações permanentes.

**EXERCÍCIO 3.** Que tipo de componente se encontra representado na figura seguinte?



**EXERCÍCIO 4.** Que tipo de componente se encontra representado na figura seguinte?

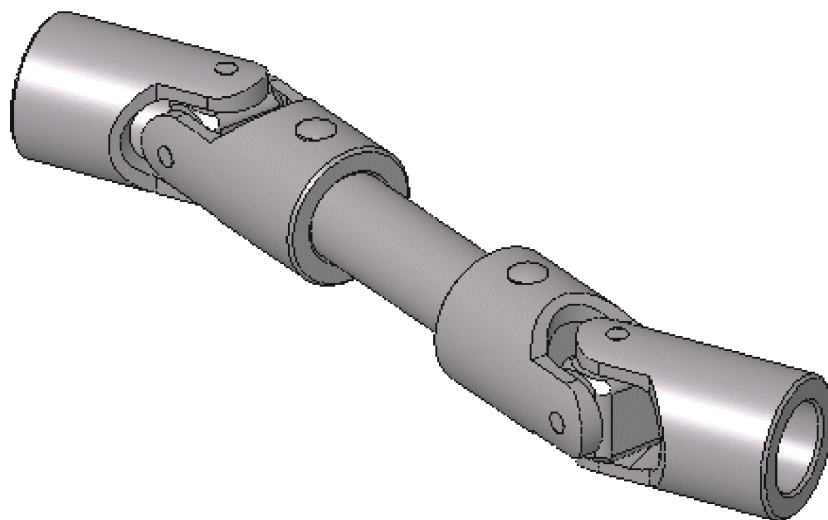


**EXERCÍCIO 5.** O que são os troços e para que servem?

**EXERCÍCIO 6.** Diga que tipo de ligações rígidas existem.



**EXERCÍCIO 7.** De que tipo de ligação se trata o cardan, representado na figura?



# ENSAIOS MECÂNICOS

A finalidade principal de qualquer ensaio mecânico num material é obter dados sobre o comportamento mecânico. Esses dados são importantes, como já se verificou, sob o ponto de vista do projeto, pois a partir dos resultados obtidos se podem avaliar as características de resistência e ductilidade dos materiais que entram nas equações de dimensionamento para fixação das tensões e deformações admissíveis.

Para além disso, os ensaios mecânicos servem para comparar de modo qualitativo e quantitativo o comportamento dos materiais, permitindo fazer a sua seleção para uma dada aplicação. Servem ainda para realizar estudos de índole metalúrgica sobre a influência nas propriedades mecânicas de variáveis metalúrgicas, tais como microestrutura, tamanho de grão, tratamento térmico, etc., contribuindo para a otimização destas variáveis.

## TIPOS DE ENSAIOS MECÂNICOS

Estes ensaios, que são dum modo geral destrutivos, podem ser de natureza estática ou dinâmica. Assim temos como ensaios estáticos o ensaio de dureza e o ensaio de tração ou compressão e de dobragem. Entre os ensaios dinâmicos temos, por exemplo, o ensaio de choque. Será apenas sobre estes que nos deteremos mais em pormenor.

### *Ensaio de Dureza*

Os ensaios de dureza são, sem dúvida, os mais utilizados na indústria, especialmente na indústria metalomecânica, sendo empregues no controlo de qualidade em materiais e peças acabadas. A simplicidade de execução e o baixo custo dos equipamentos justificam a sua utilização generalizada. As aplicações dos ensaios de dureza incluem a determinação aproximada das características de ductilidade e resistência de materiais, controlo de qualidade em tratamentos térmicos e mecânicos, controlo de qualidade em processos de conformação e em etapas de fabricação, etc.

A dureza de um metal pode definir-se de várias maneiras, sendo no entanto a definição mais usual a resistência do material à indentação ou penetração. A determinação da dureza



tem a finalidade de se saber se o material atingiu uma determinada condição metalúrgica e (ou) mecânica, podendo servir como aproximação grosseira à determinação do valor da tensão de rotura.

Descrevem-se resumidamente os principais tipos de ensaios de dureza utilizados na indústria:

- Ensaio Brinell;
- Ensaio Vickers;
- Ensaio Rockwell;
- Ensaio Shore.

### Ensaios de Dureza Brinell

O princípio deste método, consiste em fazer penetrar uma esfera de aço temperado de diâmetro  $D$  na superfície do metal a ensaiar, sob a ação duma carga  $P$  aplicada gradualmente e durante um intervalo de tempo estabelecido. O material deforma-se plasticamente e após retirada a carga fica com uma impressão com a forma de uma calote esférica que será tanto menor quanto mais duro for o material. A dureza do material é caracterizada por um número que é o quociente entre a carga aplicada em kg e a área da calote impressa (área de contacto da indentação) em  $\text{mm}^2$ .

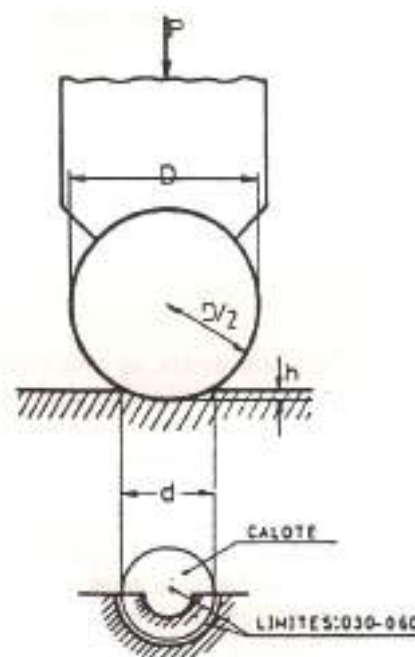


Figura 1 - Representação esquemática do ensaio de dureza Brinell.

A dureza Brinell é expressa pela seguinte equação:

$$HB = \frac{P}{S} \left[ \text{Kg} / \text{mm}^2 \right]$$



A área da calote esférica é dada pela equação

$$S = \pi \times D \times h$$

A carga P deve ser aplicada lenta e progressivamente e deve ser mantida no mínimo, a fim de que haja tempo de se processar a deformação plástica do material envolvente da esfera.

As condições do ensaio Brinell simbolizam-se por HB (D/P/T). Por exemplo, HB (10/3000/30) corresponde a: diâmetro da esfera D = 10 mm, carga aplicada P = 3000 Kg e tempo de aplicação da carga T = 30 segundos.

De um modo geral, não se utiliza o ensaio Brinell para durezas superiores a 500 HB porque as esferas de aço temperado apresentam deformações que tornam imprecisos os resultados.

Algumas precauções há a ter neste ensaio, a fim de que o número da dureza Brinell seja tanto quanto possível exato. As mais importantes são:

1. A superfície a ensaiar deve ser plana e normal ao eixo de aplicação da carga;
2. A superfície deve estar livre de óxidos ou de outras substâncias;
3. A distância do bordo da peça ao centro da impressão deve ser maior que quatro vezes o diâmetro da calote;
4. A distância entre centros de duas calotes deve ser superior a três vezes o diâmetro destas;
5. A espessura do material deve ser maior que o dobro do diâmetro da calote;
6. O material deve ser homogêneo, isto é, não ter zonas descarbonadas ou cementadas;
7. O diâmetro da calote deve ser medido em duas direções perpendiculares, tomando-se a média na determinação da dureza.

A título comparativo, apresentam-se valores da dureza de alguns materiais utilizados na indústria:

- Aço extra macio: 120 HB
- Aço semiduro (0,4% C) normalizado: 170 HB
- Aço duro (0,8% C) recozido: 210 HB
- Aço de ferramenta temperado: 500 HB





- Bronze (90% Cu – 10% Sn): 80 HB
- Bronze (84% Cu – 10% Sn): 117 HB
- Latão (90% Cu – 10% Zn): 52 HB
- Bronze de Alumínio (90% Cu – 10% Al): 120 HB

O procedimento geral no ensaio Brinell (podendo variar no tipo de durómetro) é o seguinte:

1. Selecione a carga desejada, escolha a objetiva própria, bem como a régua e o penetrador.
2. Ligue o sistema de iluminação.
3. Aproxime a peça da objetiva até focagem perfeita no écran.
4. Puxe a alavanca de cargas e deixe-a atuar até à sua posição final, com isto inicia-se a penetração no material a ensaiar.
5. Logo que a alavanca atinja a posição de repouso puxa-se para a frente, o que dará origem a que apareça no écran a impressão produzida.
6. Esta aparece talvez um pouco desfocada, pelo que se deve retificar levemente a focagem.
7. A impressão é medida com a régua e mede-se o diâmetro da impressão. Lê-se nas tabelas, o valor correspondente, de acordo com a carga e penetrador utilizado.
8. Baixe o fuso e retire a amostra.

### *Ensaios de Dureza Vickers*

Este ensaio usa uma pirâmide quadrangular de diamante como instrumento de impressão. O ângulo entre faces opostas da pirâmide é  $136^\circ$ , valor que foi escolhido de modo a obter uma boa relação entre o valor das durezas Vickers e Brinell. O ângulo de  $136^\circ$  corresponde à geometria de uma impressão dada por uma razão  $d/D = 0,375$ , considerando a pirâmide tangente à esfera de diâmetro  $D$  do ensaio Brinell representada na figura 2



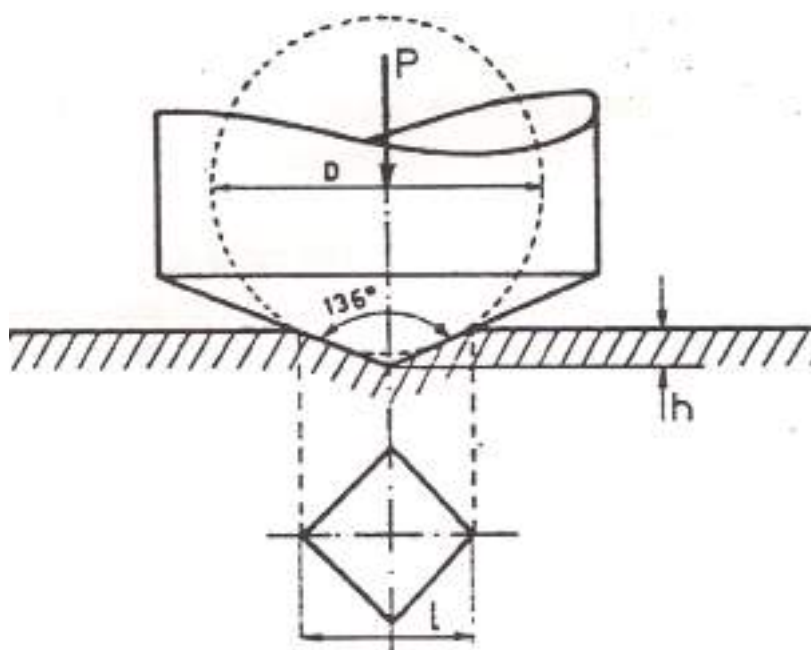


Figura 2 - Geometria da indentação no ensaio Vickers.

No ensaio Vickers o nº de dureza é definido da mesma maneira que no ensaio Brinell (carga/ área de contacto da impressão). Sendo l o comprimento médio da diagonal do losango da impressão, a área de contacto é dada pela equação

$$\text{Dureza Vickers (HV)} = 1,854 \times (F / d^2)$$

Este ensaio oferece duas vantagens sobre o ensaio Brinell. O primeiro é o de existir semelhança geométrica entre impressões provocadas por diferentes cargas, o que torna o nº de dureza praticamente independente da carga. A figura 3 mostra que a dureza Vickers é praticamente constante com a carga exceto para cargas muito baixas em que normalmente se observa um efeito de “pele” na amostra. As cargas recomendadas para o ensaio são: 1; 2,5; 5; 10; 20; 30; 50 e 100 Kg.

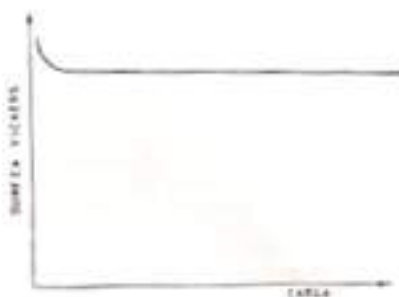


Figura 3 - Variação da dureza Vickers com a carga.



A segunda vantagem do ensaio Vickers consiste na possibilidade de obter valores de dureza para materiais muito duros (até 1500 HV), o que não é possível com o ensaio Brinell. O tamanho extremamente pequeno da impressão obriga a que a peça tenha um bom acabamento superficial. No entanto, o facto de a impressão ser pequena é vantajoso por não deixar marca na peça já fabricada.

O ensaio Vickers é também muito útil para controlo de qualidade em peças que tenha sofrido tratamento de endurecimento superficial (cementação, nitruração e outros), em camada superficial do metal numa profundidade muito pequena fica muito mais dura que o núcleo. O pequeno tamanho da impressão permite determinar a dureza em vários pontos da secção transversal e, assim, estabelecer a variação da dureza através da espessura. É possível, assim, verificar a qualidade e a profundidade do tratamento térmico introduzido.

No ensaio Vickers a carga é aplicada automaticamente durante 15 segundos e o tamanho das diagonais da impressão é medido com um microscópio incorporado no durómetro ou separado, com uma precisão da ordem de 0,01 mm.



*Figura 4 - Durómetro para ensaio de dureza Vickers.*



A medida de dureza Vickers exige que se adotem certas precauções, a fim de se obterem valores tanto quanto possível exatos. As mais importantes são:

- A superfície do material deve ser polida;
- Ausência absoluta de vibrações;
- Peças solidamente fixadas;
- A distância entre o centro da impressão e o bordo da peça deve ser superior a duas vezes a diagonal;
- A distância entre centros de duas impressões deve ser superior a três vezes a diagonal da base da diagonal impressa;
- Os raios de superfícies curvas não devem ser inferiores a 5 mm.

O procedimento geral no ensaio Vickers (podendo variar no tipo de durómetro) é o seguinte:

1. Selecione a carga desejada, escolha a objetiva própria, bem como a régua e o penetrador.
2. Ligue o sistema de iluminação.
3. Aproxime a peça da objetiva até focagem perfeita no écran.
4. Puxe a alavanca de cargas e deixe-a atuar até à sua posição final, com isto inicia-se a penetração no material a ensaiar.
5. Logo que a alavanca atinja a posição de repouso puxa-se para a frente, o que dará origem a que apareça no écran a impressão produzida.
6. Esta aparece talvez um pouco desfocada, pelo que se deve retificar levemente a focagem.
7. A impressão é medida com a régua e mede-se as diagonais do losango da impressão. Lê-se nas tabelas, o valor correspondente, de acordo com a carga e penetrador utilizado.
8. Baixe o fuso e retire a amostra.

### *Ensaio de dureza Rockwell*

O ensaio Brinell apresenta algumas limitações, uma delas o facto de não permitir medir durezas elevadas com a precisão requerida (acima de 500 HB), nomeadamente a dureza de aços temperados e de materiais extremamente duros.



De notar desde já que no método Brinell o número de dureza traduz, como se viu, a relação de uma carga por uma superfície ( $\text{Kg}/\text{mm}^2$ ), enquanto que no ensaio Rockwell o número de dureza está relacionado de forma direta com uma profundidade deixada no material pelo penetrador. Aqui cada unidade de variação corresponde a um deslocamento perpendicular à superfície, do penetrador de 0,02 mm. O valor da dureza é lido diretamente, no decurso do ensaio, sobre uma escala, ao contrário do ensaio Brinell, em que, como foi dito, ou se realizam cálculos ou se usam tabelas.

O ensaio Rockwell, além de mais preciso, é mais rápido, o que levou à sua utilização na indústria. Este ensaio apresenta várias escalas de medida, obtidas pela combinação de diferentes cargas com diferentes penetradores.

As escalas de dureza Rockwell são várias, conforme as características e aplicação. Destas escalas as mais utilizadas na indústria são a Rockwell-B (HRB) e a Rockwell-C (HRC).

Na escala B o penetrador esférico de aço temperado de 1/16" (1,58 mm) de diâmetro, é solicitado por uma carga inicial  $P_0 = 10 \text{ Kg}$  e por uma carga adicional  $P_1 = 90 \text{ Kg}$ .

Na escala C o penetrador cónico de diamante, com 120° de abertura e ponta arredondada com 0,2 mm de raio, é solicitado por uma carga inicial  $P_0 = 10 \text{ Kg}$  e por uma carga adicional  $P_1 = 140 \text{ Kg}$ .

A escala B é usada para metais e ligas cuja dureza seja inferior a 240 HB. A escala C é usada para metais e ligas mais duras como, por exemplo aços temperados.

Os ensaios de dureza Rockwell superficial utilizam-se para chapas finas com espessuras inferiores a 3 mm. As cargas totais (inicial + adicional) utilizadas são menores, porque as profundidades de impressão são mais pequenas e são; 15, 30 e 45 Kg em cone de diamante (escalas 15 N, 30 N e 45 N) ou com esfera de 1/16" de polegada de diâmetro (escalas 15T, 30T e 45T).

Um durómetro é basicamente constituído por uma alavanca ou balança multiplicadora que aplica no penetrador a carga estática selecionada para o ensaio por intermédio de um sistema de pesos calibrados. No ensaio Rockwell é necessário medir a penetração, para o que os durómetros estão equipados com um sistema de medição de deslocamento com leitura ótica ou digital que dá diretamente o número de dureza obtido.

A fig.6 ilustra o procedimento para aplicação da carga no ensaio Rockwell. Aplica-se a carga inicial (10 ou 3 Kg, dependendo da escala), em seguida a carga adicional e, por fim,



retira-se a carga adicional, mas a carga inicial mantém-se enquanto se lê o número de dureza dado pela equação

$$HR = E - e$$

em que  $e$  é a profundidade de penetração devido à carga adicional, mas somente quando a carga inicial está a ser aplicada e  $E$  é uma constante arbitrária que depende do tipo de penetrador, definida até uma linha de referência para dureza nula.

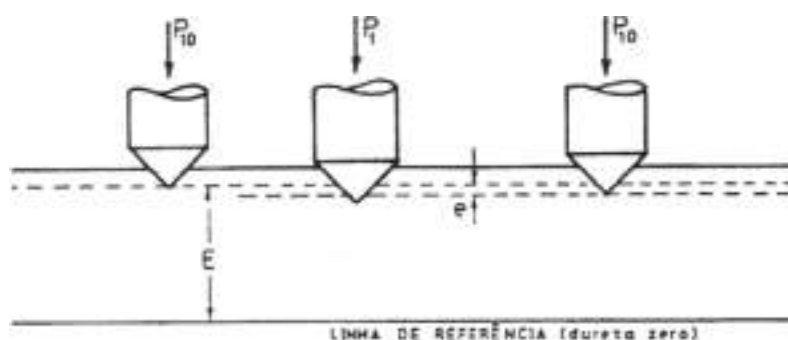


Figura 5 - Representação esquemática da aplicação de carga no ensaio Rockwell.

As escalas de dureza aqui consideradas são aproximadamente equivalentes, o que permite converter números de dureza entre várias escalas. Na tabela da figura 7 apresentam-se as equivalências aproximadas entre escalas de durezas mais importantes e a equivalência entre a dureza Brinell e a resistência à tração dada pela equação

$$\sigma R = K \times (HB) \quad [Kg/mm^2]$$

Contudo, deve ser empregue como aproximação grosseira da determinação da resistência à tração dos aços, uma vez que a constante  $K$  tem uma variação grande arbitrária.



Figura 6 - Durómetro para ensaio de dureza Rockwell.



TABELA DE CONVERSÃO DE DUREZA															
BRINELL		Resid. (kg/mm <sup>2</sup> )	ROCKWELL			Shore	Vickers	BRINELL		Resid. (kg/mm <sup>2</sup> )	ROCKWELL			Shore	Vickers
Ingr. mm	Dureza BH		C	B	A			Ingr. mm	Dureza BH		C	B	A		
carga 3.000 kg	Estaca 10	Apó. Carbono (Hx0,36)	Rc	Rb	Ra	carga 3.000 kg	Estaca 10	Rc	Rb	Ra	carga 3.000 kg	Estaca 10	Rc	Rb	Ra
2.05	(898)	323.3													
2.10	(937)	336.5													
2.15	(977)	350.1													
2.20	(1017)	364.3	75			138									
2.25	(1058)	379.2	68		84.1	130									
2.30	(1100)	394.7	66			95									
2.35	(1143)	410.9	64		82.2	91									
2.40	(1187)	427.8	62		81.2	87									
2.45	(1232)	445.5	60		80.5	84									
2.50	(1278)	464.0	58		80.2	81									
2.55	578	483.1	57		79.4	78									
2.60	585	492.8	55	(120)	78.6	75									
2.65	594	503.2	53	(119)	77.9	72									
2.70	594	503.0	52	(118)	77.0	70									
2.75	485	478.2	50	(117)	76.5	67									
2.80	477	471.7	48	(117)	75.7	65									
2.85	483	480.0	47	(116)	75.0	63									
2.90	444	459.8	46	(115)	74.2	61									
2.95	438	454.4	45	(115)	73.4	59									
3.00	415	440.4	44	(114)	72.8	57									
3.05	407	444.4	42	(113)	72.0	55									
3.10	388	432.7	41	(112)	71.4	54									
3.15	375	426.0	40	(112)	70.6	52									
3.20	363	420.7	38	(110)	70.0	51									
3.25	352	426.7	37	(110)	69.3	49									
3.30	341	422.8	36	(109)	68.7	48									
3.35	337	419.2	35	(109)	68.1	46									
3.40	327	415.6	34	(108)	67.5	45									
3.45	317	412.0	33	(108)	66.9	44									
3.50	307	408.7	32	(107)	66.3	43									
3.55	293	405.5	31	(106)	65.7	42									
3.60	285	402.6	30	(105)	65.3	40									
3.65	277	397.7	29	(104)	64.6	39									
3.70	269	393.9	28	(104)	64.1	38									
3.75	262	391.3	26	(103)	63.6	37									
3.80	255	387.8	25	(102)	63.0	37									
3.85	248	383.3	24	(102)	62.5	36									
3.90	241	380.8	23	101	61.8	35									
3.95	235	376.4	22	99	61.4	34									
4.00	229	372.4	21	98	60.8	33									
4.05	223	368.3	20	97											
4.10	217	364.1	(18)	96											
4.15	212	360.3	(17)	96											
4.20	207	356.5	(16)	95											
4.25	202	352.7	(15)	94											
4.30	197	349.1	(14)	93											
4.35	192	345.1	(12)	92											
4.40	187	341.3	(13)	91											
4.45	183	337.9	89	90											
4.50	178	334.4	89	88											
4.55	174	330.6	(7)	88											
4.60	170	326.6	87	87											
4.65	166	322.8	(4)	86											
4.70	162	318.7	85	85											
4.75	158	314.2	84	84											
4.80	154	309.3	(1)	83											
4.85	150	305.1	82	82											
4.90	146	300.6	81	81											
4.95	142	296.4	80	80											
5.00	140	291.5	79	79											
5.05	148	301.4		78											
5.10	137	292.3		77											
5.15	134	288.2		76											
5.20	131	284.2		74											
5.25	128	280.1		73											
5.30	126	275.4		72											
5.35	124	270.6		71											
5.40	121	266.6		70											
5.45	118	262.5		69											
5.50	116	257.8		68											
5.55	114	253.0		67											
5.60	112	248.3		66											
5.65	109	243.2		65											
5.70	107	238.3		64											
5.75	105	233.8		62											
5.80	103	229.3		61											
5.85	101	225.4		60											
5.90	99	221.8		59											
5.95	97	218.3		57											
6.00	95	215.2		56											

Figura 7 – Tabela de conversão de durezas.

O procedimento geral no ensaio Rokwell (podendo variar no tipo de durómetro) é descrito de seguida:

1. Seleciona-se a carga desejada.
2. Coloca-se a amostra. Eleva-se o fuso até que o penetrador toque na amostra, continua-se suavemente a elevação do fuso até que o ponteiro maior atinja automaticamente o 0 (zero), continuando ainda o movimento para que o ponteiro pequeno se fixe no número 3 do mostrador.
3. Aplique a carga por meio da alavanca respetiva soltando-a da sua posição de repouso.
4. Logo que a alavanca atinja a sua posição final e o ponteiro permaneça fixo, puxa-se de novo a alavanca para a sua posição inicial.
5. Faz-se a leitura dos valores de dureza na escala respetiva e retira-se a amostra depois de se ter descido o fuso.



*Ensaio de Fratura*

Existem vários ensaios que permitem determinar a energia de fratura de um material em função da temperatura. Para se conseguirem condições extremas de fragilização utilizam-se provetes com entalhes submetidos a cargas de impacto. Obtém-se assim um estado triaxial de tensões e uma velocidade de deformação muito elevada.

Nestes ensaios submete-se uma pequena barra do material que contém um entalhe em V numa secção qualquer a uma carga de impacto aplicada por um martelo ou pêndulo com uma energia potencial conhecida. A barra flete até à fratura e a resistência oferecida ao impacto é a medida da energia absorvida pelo provete.

Existem dois tipos de provetes encontram-se normalizados e constituem os ensaios Charpy e Izod. O ensaio Charpy está representado esquematicamente na figura 8.

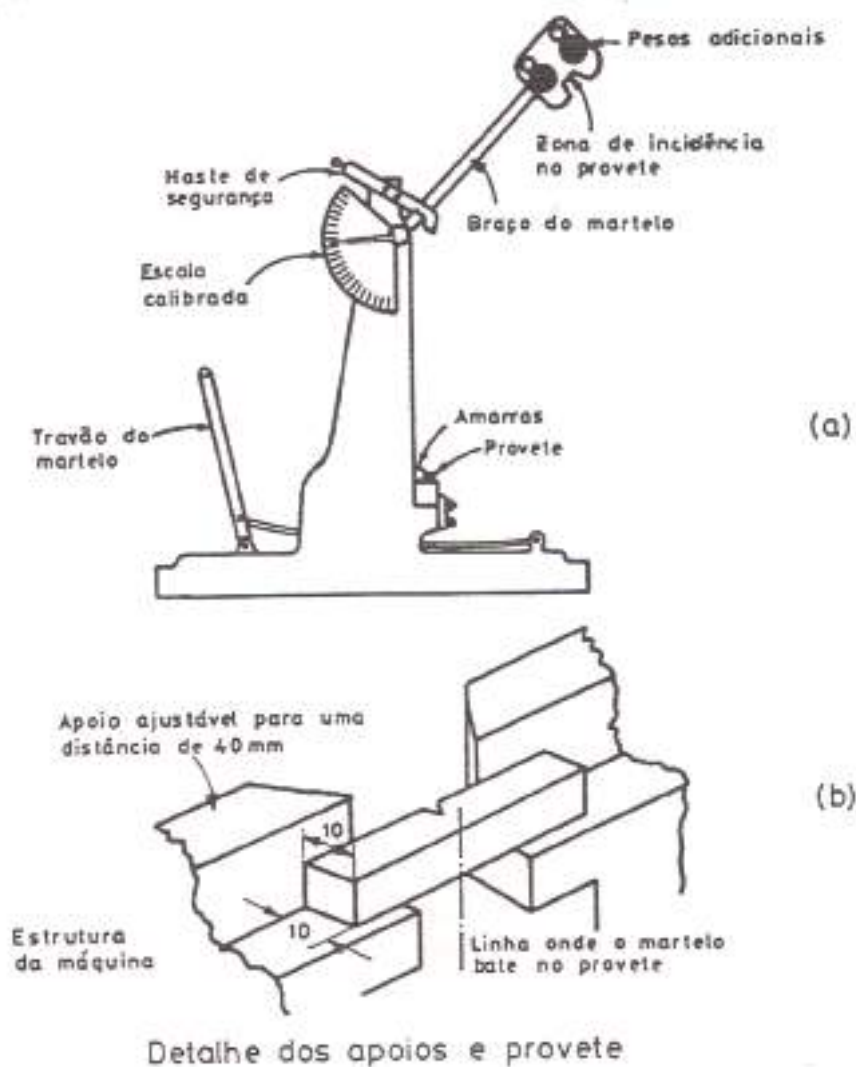


Figura 8 – Ensaio de Charpy





O provete é de barra de secção quadrada com dimensões 10 x 10 x 55 mm contendo um entalhe em V ( ou entalhe em U) com 45° de abertura, 2 mm de profundidade, 0,2 mm de raio de curvatura na extremidade e aberto na secção central entre apoios.

O provete está simplesmente apoiado em apoios que distam 40 mm. O pêndulo que irá bater no material tem inicialmente uma energia de 300 J e, ao ser libertado, vai bater no provete com uma velocidade de 5 m/s, na zona do entalhe, fletindo o provete e provocando a fratura. Uma escala calibrada no aparelho indica a energia absorvida na fratura, que depende da altura atingida pelo pêndulo após fraturar o provete. Quanto maior for a energia absorvida na fratura menor será a altura atingida pelo pêndulo.

O ensaio de Izod, realizado na mesma máquina que o ensaio Charpy, utiliza um provete com secção circular de 11,43 mm de diâmetro e 71 mm de comprimento ou secção quadrada 10 x 10 x 71 mm, tendo um entalhe em V localizado junto à extremidade encastrada. O provete está suportado verticalmente como se indica na figura 8.

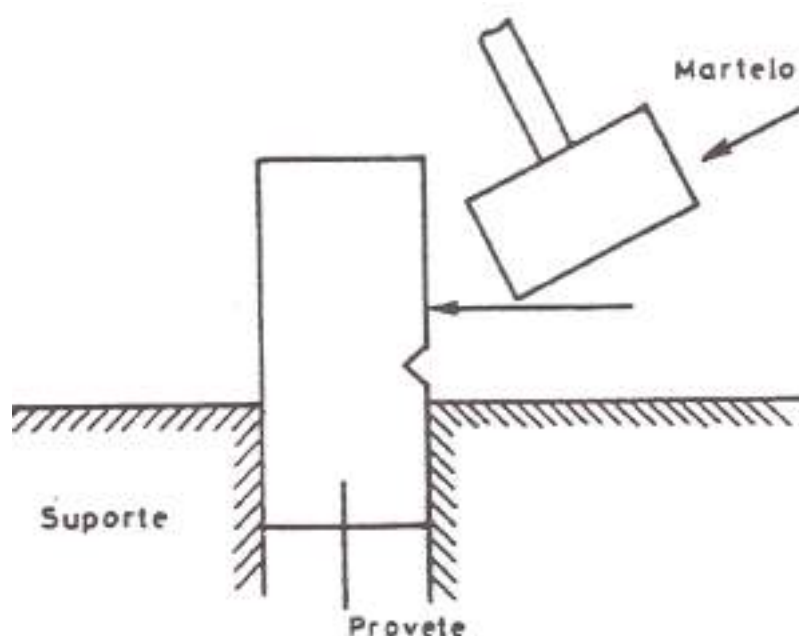


Figura 9 - Provete utilizado no ensaio Izod.

### Ensaio de Tração, Compressão e Dobragem

O ensaio de tração é largamente usado na indústria, não só para obtenção de dados básicos sobre materiais para utilização no projeto, mas também como teste de aceitação e controlo de qualidade na especificação dos materiais.



No ensaio de tração submete-se um provete do material a uma força continuamente crescente até se observar a rotura. A força aplicada é uniaxial e realiza-se uma observação e registo simultâneo do alongamento sofrido pelo provete. Os provetes são geralmente normalizados com dimensões e proporções geométricas estabelecidas.

Um provete cilíndrico normalizado para ensaios de tração com as respetivas amarras para fixação à máquina de ensaios. Estes provetes apresentam normalmente uma secção transversal retangular ou circular e são ensaiados em máquinas de ensaio que dispõem de dispositivos de fixação apropriados (amarras ou garras) que devem garantir uma perfeita axialidade na aplicação da carga e não permitir, além disso, qualquer escorregamento do provete nas amarras.

Este aspeto da axialidade da carga é muito importante porque, havendo desvios na linha de aplicação da carga, cria-se uma componente de flexão que conduz a resultados errados, pois o estado de tensão deixa de ser rigorosamente de tração.

Nas máquinas de ensaio de tração a carga é aplicada mediante o deslocamento de um travessão onde o provete e a amarra se encontram fixos. Geralmente a outra extremidade do provete está ligada pela outra amarra a um travessão fixo. O travessão móvel desloca-se a uma dada velocidade, que pode ser mantida constante ou ajustada manualmente durante o ensaio, o que depende do tipo de máquina utilizado.

As máquinas de ensaios de tração podem ser de vários tipos em que o travessão se desloca por um sistema mecânico, hidráulico, ou servo-hidráulico.

As máquinas universais de ensaios, através de um conjunto constituído pelo travessão superior e inferior que se desloca, permite realizar ensaios de tração no espaço superior e outros ensaios no espaço inferior (compressão, corte, flexão ou dobragem, etc.), com dispositivos apropriados.



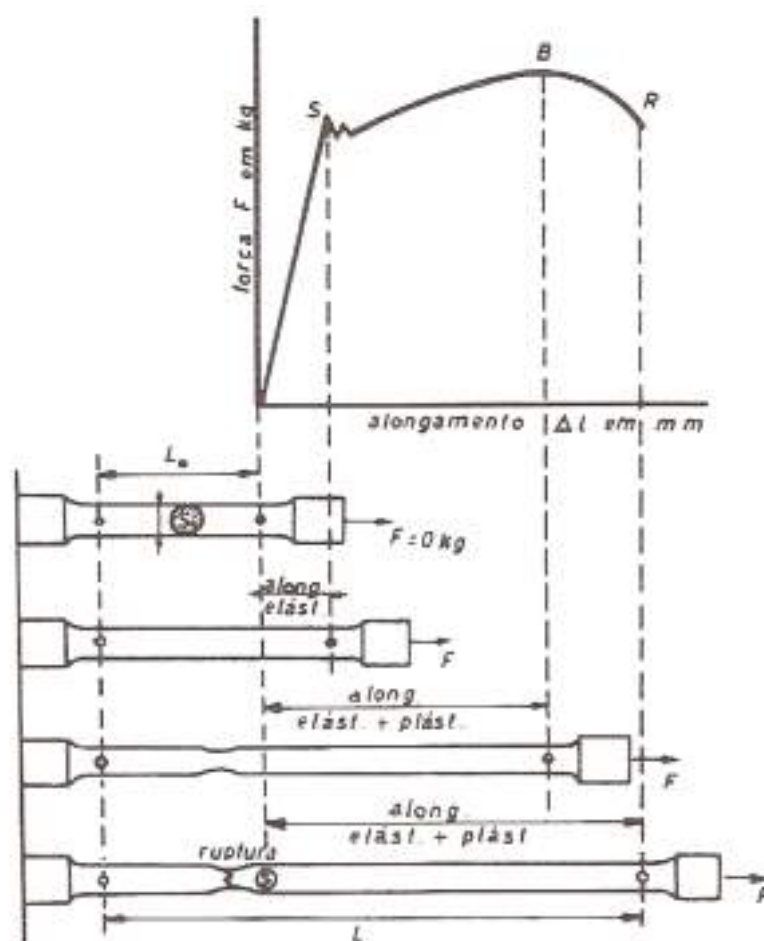
*Figura 10 – Máquina de ensaio de tração.*



A carga desenvolvida durante o ensaio é medida utilizando um registo analógico ou digital e nas máquinas mais recentes as cargas são medidas utilizando células de carga providas de extensómetros elétricos e previamente calibradas. Atualmente estas máquinas estão equipadas com sistemas informáticos de apoio e registo.

Este ensaio é um dos mais importantes, principalmente para os metais, com vista à determinação das seguintes características mecânicas:

- Tensão de cedência;
- Tensão limite convencional de elasticidade;
- Tensão limite convencional de proporcionalidade;
- Tensão de rotura (resistência à tração);
- Extens;
- Coeficiente de Estricção.



*Figura 11 - Diagrama Tensão - Extensão e representação esquemática do comportamento do provete durante o ensaio de tração (os alongamentos estão exagerados para se tornarem mais evidentes).*



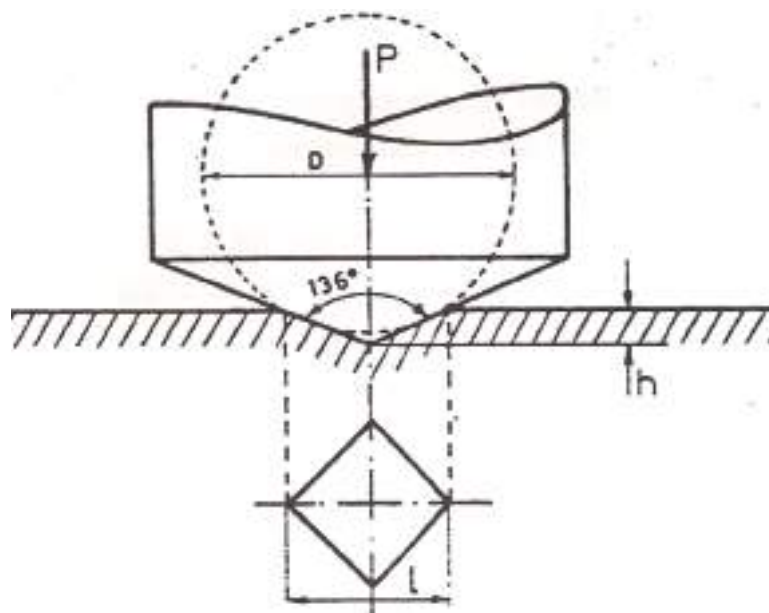
## EXERCÍCIOS TEÓRICOS

**EXERCÍCIO 1.** Diga alguns ensaios mecânicos que conhece.

**EXERCÍCIO 2.** Diga os tipos de ensaios de dureza que existem.

**EXERCÍCIO 3.** Diga o tipo de indentador utilizado no ensaio Brinell. E no ensaio Vickers?

**EXERCÍCIO 4.** Considere a figura seguinte relativa a um tipo de indentador de um ensaio de dureza. Que tipo de ensaio se trata?



**EXERCÍCIO 5.** Diga quais são as propriedades mecânicas que se podem aferir num ensaio de tração.



# MEDIÇÃO, VERIFICAÇÃO E CONTROLO

Atualmente a metrologia está integrada também no fabrico havendo, assim, maior possibilidade das peças produzidas, quando chegam ao controlo terem maior aceitação. A medição ao longo do processo de fabrico também é importante na aplicação do controlo estatístico da qualidade.

A necessidade da medida durante o fabrico impõe aos processos de fabrico condições ambientais. Os métodos de medida industriais mais utilizados são:

- Medições por comparação com blocos padrão;
- Medições com paquímetro ou micrómetro;
- Medições por comparação com uma peça de referência;
- Controlo com calibres;
- Medições óticas;
- Medições utilizando máquinas de medir;
- Medições interferométricas (laser).

## INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

Os tipos de instrumentos de medição mais usuais nas oficinas da metalomecânica são:

- **Blocos padrão prismáticos** (blocos padrão): São utilizados como calibres-padrão e de comparação e servem para verificar elementos de medição de todo o tipo, assim como na aferição dos aparelhos de medida;



Figura 1 – Blocos padrão.



- **Paquímetro ou craveira:** É um instrumento de precisão e, interiores e de profundidades;



Figura 2 – Paquímetro.

- **Micrómetro** (de exteriores, interiores e de profundidades): S, dimensões com aproximação de 0,01 a 0,001 mm, dependendo da escala do nónio (resolução);



Figura 3 – Micrómetro.

- **Relógios comparadores:** Servem para controlar a forma e o posicionamento de tolerâncias geométricas (perpendicularidade, concentricidade, planicidade, excentricidade, folgas, etc.);



Figura 4 – Relógio comparador.



- **Verificadores de folgas**, também conhecido por apalpa-folgas: É utilizado para verificar a distância entre duas superfícies de duas peças que trabalham conjuntamente. É constituído por uma série de lâminas de aço inoxidável, flexíveis de espessura constante e rigorosa, reunidas em conjuntos de várias espessuras e montadas num suporte;



Figura 5 – Verificador de folgas.

- **Verificador de raios ou escantilhão de curvas**: As lâminas são côncavas e convexas para a verificação de raios exteriores ou interiores, e estão marcadas com o respetivo raio;



Figura 6 – Verificador de raios.

- **Calibres**: Se e desde que as tolerâncias impostas não sejam demasiado apertadas, este método é muitas vezes o mais adequado;





Figura 7 – Calibres.

- **Projektor de perfis:** Smedir formas complexas, ou seja, certas medidas de forma apenas podem ser efetuadas de maneira racional utilizando um projetor;



Figura 8 – Projetor de perfis.





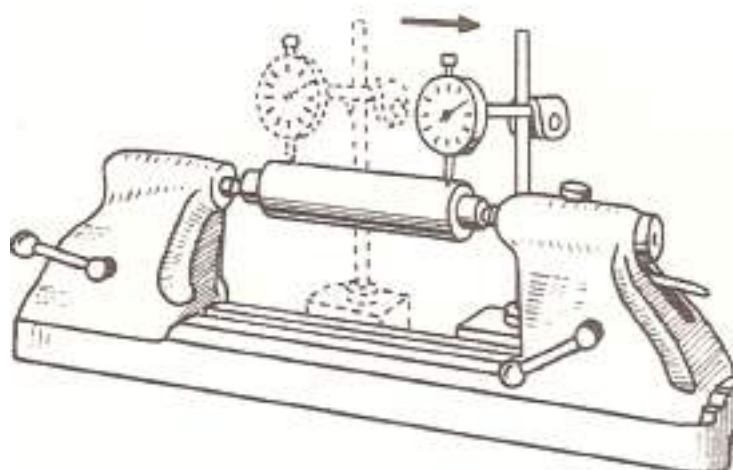
## VERIFICAÇÃO DO TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO DE PEÇAS

Neste capítulo apresentam-se algumas definições e métodos de controlo de conceitos geométricos.

### Controlo de Retitude

A retitude ou linearidade é controlada medindo, direta ou indiretamente, desvios em relação a uma referência. Essa referência pode ser a superfície de uma régua ou um plano ou um raio luminoso.

O modo mais simples será medir os desvios utilizando um comparador e um suporte, assentando este na régua ou plano de referência e deslocando-se segundo a direção pretendida.



*Figura 9 - Deslocamento do comparador na verificação da peça com o eixo horizontal.*

É óbvio que a superfície de referência terá de ter uma tolerância geométrica muito apertada, ou então devemos conhecer os seus desvios e proceder à correção dos valores. Nas máquinas 3D o método é idêntico ao anterior mas, neste caso, a referência são as guias da própria máquina.



## Controlo de Planeza

É possível controlar a planeza por três processos distintos:

- Composição de linearidades (ou retitudes);
- Comparação com uma referência plana;
- Medição das coordenadas no espaço (x, y, z).

### Composição de linearidades

Este método implica a medição de retitudes segundo diversas direções, geralmente formando uma malha cuja composição e dimensão dependem da forma e da tolerância do plano a controlar. Geralmente faz-se essa malha pelo perímetro, medianas e diagonais.

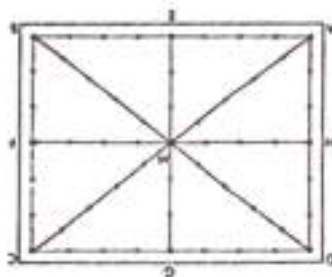


Figura 10 – Malha.

### Comparação com uma referência plana

Este método é apenas indicado para superfícies de pequenas dimensões. Utiliza-se um plano ótico que deve ser posicionado sobre a superfície a verificar de modo a se obterem franjas de interferência. Os desvios de planeza são determinados por observação das deformações dessas franjas.

## Controlo de Circularidade

O controlo de circularidade pode ser efetuado fundamentalmente segundo três princípios:

- Medição das variações do diâmetro;
- Medição das variações do raio ;
- Medição de coordenadas no espaço.



**Medição das variações do diâmetro** de círculos que passam pelos pontos de medida considerados, mas que não são necessariamente concêntricos. Assim, não é possível deduzir de uma forma rigorosa a tolerância de circularidade.

A medição dos diâmetros pode ser efetuada pelos métodos de 2 ou de 3 pontos sendo estes complementares, pois apenas podem determinar a variação de diâmetros de círculos com um número de lóbulos par ou ímpar, respetivamente. Se

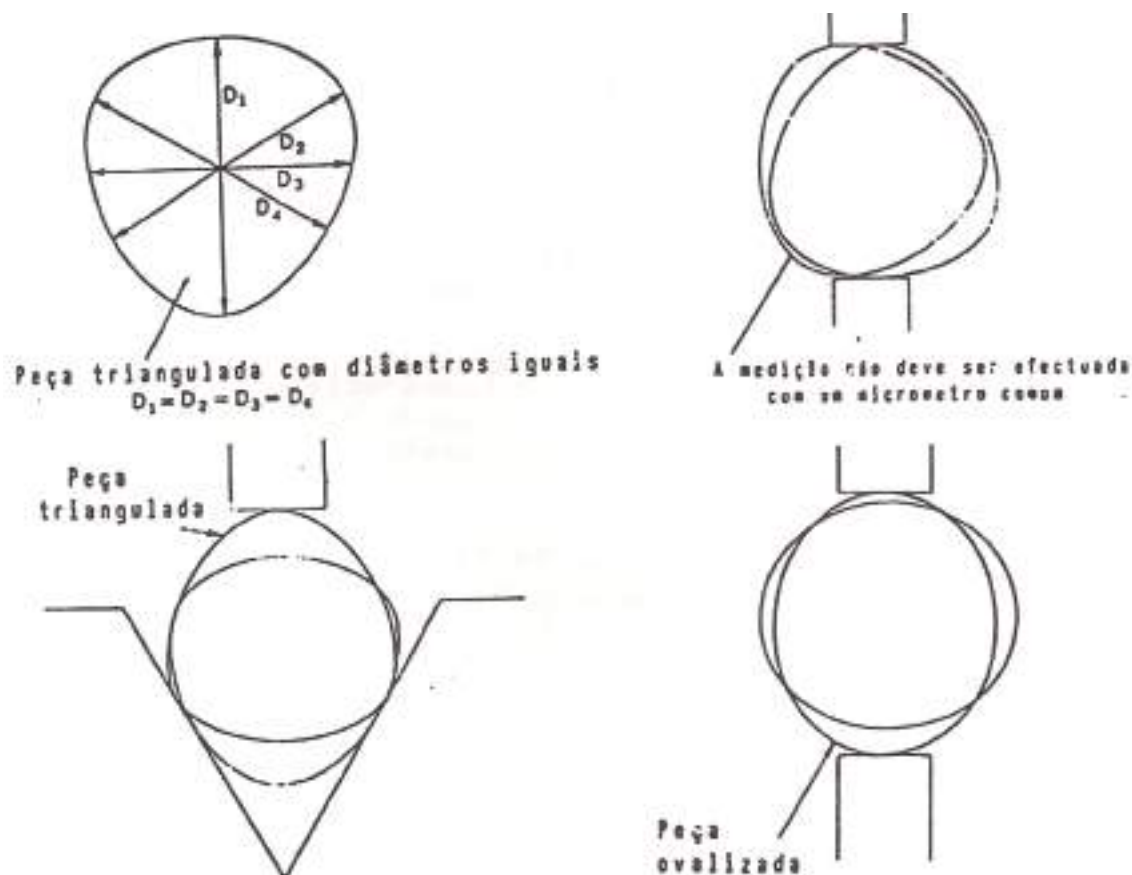


Figura 11 - Medição das variações do diâmetro.

A medição em dois pontos pode ser efetuada com um micrómetro ou com 2 comparadores alinhados entre si, fazendo diversas leituras em cada secção.

Na medição em três pontos podemos utilizar um micrómetro de 3 pontas ou micrómetro com encosto em V. Também se devem efetuar O valor da circularidade será metade da variação obtida pela comparação dos diversos diâmetros.



## Controlo de Cilindricidade

O controlo de cilindridade só pode ser efetuado a partir de elementos discretos obtidos sobre a superfície cilíndrica (sucessão de linhas ou de pontos).

Podemos utilizar 2 métodos:

- Composição de circularidades: este método consiste na composição dos desvios de circularidade de secções, sendo estes desvios obtidos segundo os métodos descritos anteriormente. Para efetuar essa composição é necessário que pontos homólogos das geratrizes e retitudes coincidam. O valor da cilindridade é obtido pela diferença de raios de cilindros, sendo um interior e o outro exterior, a todas as circularidades depois de ajustadas com as retitudes. As máquinas de defeitos de forma já estão preparadas para efetuar estas medições, dando automaticamente o valor medido;
- Medição de coordenadas no espaço: este método consiste na determinação das coordenadas espaciais de diversos pontos da mesma secção, numa máquina 3D (ou 2D). Como só se determinam valores de alguns pontos, apenas poderemos efetuar uma estimativa cuja precisão aumentará com o número de pontos medidos. O tratamento numérico é geralmente efetuado num computador acoplado às máquinas 3D.

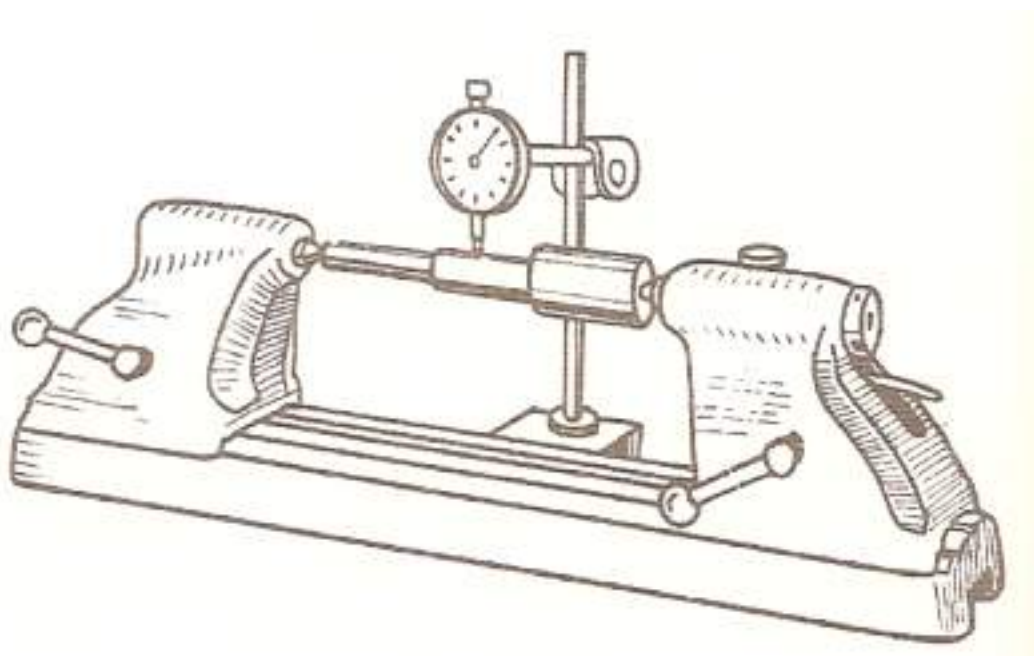


Figura 12 - Verificação das superfícies cilíndricas (entre pontos).



### Controlo de Paralelismo

O controlo de paralelismo não é mais do que um duplo controlo de retitude ou planeza, em que a referência é uma das superfícies. A medição consiste em determinar a retitude ou planeza das duas superfícies em relação à mesma referência exterior. O resultado obtido será um gráfico semelhante ao da figura seguinte, considerando o caso de paralelismo entre linhas.

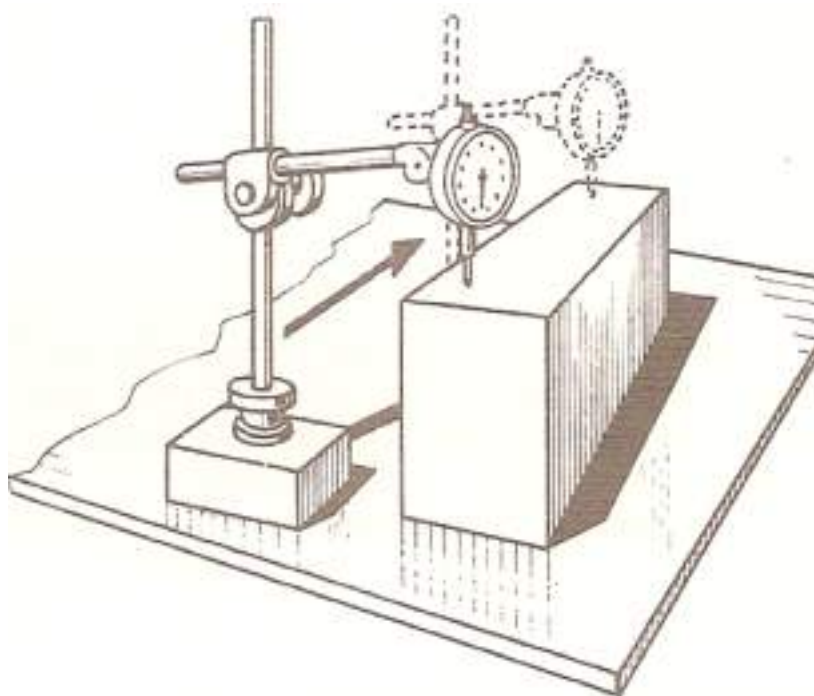
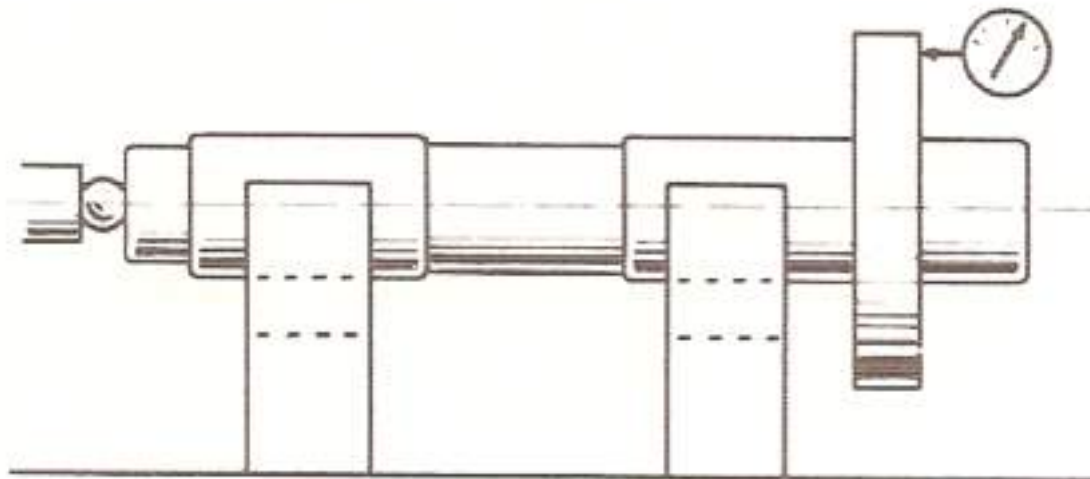


Figura 13 - Verificação do paralelismo das faces.

### Controlo de Perpendicularidade

O controlo de perpendicularidade é também um duplo controlo de rectitude ou planeza, em que a referência é uma das superfícies consideradas. No entanto, como as linhas ou superfícies formam um ângulo de  $90^\circ$  entre si, é necessário utilizar um esquadro, para materializar esse ângulo. No caso da referência ser um raio luminoso, utiliza-se um esquadro óptico.





*Figura 14 - Montagem sobre suportes em V para verificação da perpendicularidade de uma superfície plana ao eixo.*

## VERIFICAÇÃO E CONTROLO DE FUNCIONAMENTO DE ÓRGÃOS DE MÁQUINAS

Os vários processos de medição, como os métodos de controlo de toleranciamento geométrico, bem como os vários instrumentos disponíveis, permitem ao operador fazer a verificação e controlo de alguns mecânicos em termos de funcionamento, alinhamentos, determinação de folgas, etc.

Para isso contribuiu todos os conhecimentos adquiridos anteriormente, na determinação como exemplo:

- Um alinhamento de veios;
- A folga entre dois barramentos;
- A verificação da folga entre punção e matriz duma ferramenta de corte;
- Verificação do funcionamento entre em movimento rotativo ou deslizante.



# EXERCÍCIOS TEÓRICOS

**EXERCÍCIO 1.** Diga quais são os instrumentos mais comuns numa oficina de metalomecânica.

**EXERCÍCIO 2.** Identifique as seguintes figuras.









# Fresagem

## Módulo 2

# APRESENTAÇÃO MODULAR

## APRESENTAÇÃO

Pretende-se com este módulo dar aos alunos conhecimentos de materiais e ferramentas necessários ao trabalho de montagem e ajustagem e a operação de máquinas-ferramenta convencionais ou CNC.

## OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM

Regular e operar com as máquinas-ferramenta, convencionais ou CNC, tendo em vista o fabrico de peças unitárias ou em série, executando as operações de maquinação relacionadas com fresagem.

## ÂMBITO DOS CONTEÚDOS

- Fresagem plana
- Mandrilagem na fresadora
- Execução de caixas
- Divisão diferencial
- Construções de engrenagens
- Execução de ranhuras



## BIBLIOGRAFIA/OUTROS RECURSOS

CASILLAS, A.L., Máquinas – Formulário Técnico, Editora Mestre JOU.

SODANO, E., Manual do Fresador Mecânico, Coleção Manuais Técnicos – Editorial Presença.

SILVA, F. M. Ferreira, Tecnologia de Serralheiros – Ensino Técnico Profissional.

Operações Complementares de Fresagem, Unidade Pedagógica UP0032, CENFIM – Centro de Formação da Indústria Metalúrgica e Metalomecânica.

Cálculo Técnico, Telecurso 2000.



# FRESAGEM DE GRANZEPES

## *ORIENTAÇÕES METODOLÓGICAS*

Devido à especificidade de certos setores das construções metalomecânicas, torna-se necessário que cada um dos assuntos seja tratado de forma simples, mas muito objetiva, de maneira a não confundir, nem complicar, o desenvolvimento de cada fase dos exercícios propostos.

Na prática, em contexto de formação, será necessário repetir, frequentemente, os exercícios, para que o aluno possa corrigir os erros mais frequentes, com que se defronte, a fim de ficar devidamente esclarecido.

Os exercícios serão demonstrados, primeiramente, pelo professor e, depois, tiradas todas as dúvidas, que possam surgir a qualquer momento.

Sempre que necessário, o exercício será repetido, para que o aluno fique esclarecido sobre cada fase de elaboração de uma peça.

Deve ser sempre necessário recorrer aos desenhos apresentados nos exercícios e o professor deverá apresentar as vistas, que entender necessário, de modo a esclarecer qualquer dúvida que o aluno possa ter.

Pretende-se, assim, introduzir o aluno nos processos tecnológicos mais complexos, de forma que possa realizar as tarefas que mais tarde vai ter de enfrentar no seio da empresa.

A escolha dos materiais e sua manipulação, a utilização da ferramenta e dos equipamentos mais apropriados à execução de cada tarefa, deverá ser preocupação permanente dos professores.

## *DESENVOLVIMENTO TEMÁTICO*

A correta identificação dos materiais a maquinar, a seleção da ferramenta de corte mais apropriada à ou às operações a executar, assim como dos equipamentos e acessórios, constitui uma etapa fundamental para a realização de um bom trabalho.

Iremos, de seguida, definir o material a maquinar, as ferramentas de corte a utilizar, os equipamentos e acessórios.

Estas definições poderão ser alteradas desde que tenham a aprovação do professor.



**Materiais**

Aço CK 45 (aço ao carbono macio)

**Ferramentas de corte**

Devem ser adequadas aos exercícios propostos, de acordo com as operações a realizar. No caso de faces oblíquas (granzepes) utilizam-se fresas divergentes ( $60^\circ$ ), de encabadouro cilíndrico, com diâmetros a partir dos 16 mm.

O número de navalhas e a altura da fresa, estão relacionados com o seu diâmetro.

**Sistemas de aperto das ferramentas de corte**

Porta-fresas com encabadouro cónico e porta-pinça são os sistemas mais utilizados.

**Sistema de aperto dos materiais a maquinar**

Recomendada a prensa/apertadeira

**Lubrificação de corte**

Para a maquinação de aço recomenda-se a utilização de óleo solúvel

**Equipamentos**

Para a execução dos exercícios que serão propostos mais à frente, pode ser utilizada uma fresadora vertical ou universal.

Pode ser, no entanto, horizontal, conforme a ferramenta de corte e a peça a maquinar.

**Velocidade de rotação e avanço**

Recomenda-se a consulta das respetivas tabelas e ábacos, que constam nos Módulos anteriores.

**Normas de Segurança e Higiene a respeitar**

Devem ser tidas em conta, as recomendações de Segurança e Higiene, na manipulação e condução de máquinas-ferramenta, assim como, devem ser utilizados os EPI's adequados (Equipamentos de Proteção Individual).



Recomenda-se, mais uma vez, que todas estas operações sejam acompanhadas e orientadas pelo respetivo professor, o qual poderá alterar a sequência e desenvolvimento das operações apresentadas, se tal se justificar.

## FRESAGEM DE GRANZEPES

### Método Operatório

A operação de fresagem de granzepes consiste em dar a forma oblíqua (ângulo) em uma ou duas faces duma peça (paralelepípedo), a fim de se construir um carro ou corrediça, pelo que se torna necessária a construção de uma peça macho e uma peça fêmea.



Figura 1 – Granzepes macho e fêmea.

Este trabalho necessita de duas operações :

1. Operação de desbaste, para libertar o espaço ou cavidade dum conjunto, na dimensão retilínea.
2. Operação de acabamento das superfícies oblíquas (ângulo), cujo controlo se efetua por meio de gabaritos, como veremos mais adiante.

### Operação de Desbaste



Os ângulos serão construídos recorrendo à natureza e especificidade do trabalho ou no seguimento do projeto. No entanto, os mais utilizados são os de 45°, 55° e 60°.

### *Escolha das Ferramentas*

Na execução da operação de fresagem de granzepes podemos utilizar dois tipos de fresas:

- Com encabadouro cilíndrico;
- Com encabadouro cónico, aplicada em porta – fresas;



Fig 3



Fig. 4

### *Sequência Operatória*

- É necessário definir e aplicar um método de execução adequado.
- Selecionar e montar as ferramentas de corte apropriadas.
- Fresar os degraus ou caixas, conforme seja a peça, macho ou fêmea.
- O sistema de fixação deve ser adequado ao tipo de peça.

## **PEÇA MACHO**

### *Método Operatório*

1. Verificar com o comparador de relógio se a prensa/apertadeira está colocada, paralela ou perpendicularmente, às ranhuras da mesa da fresadora e colocar a peça apoiada em calços e apertá-la.
2. Selecionar a fresa adequada, a rotação e a velocidade de avanço, conforme o material a maquinar.
3. Utilizar a fresagem discordante ou em oposição (sentido de avanço da peça, contrário ao sentido de rotação da ferramenta).

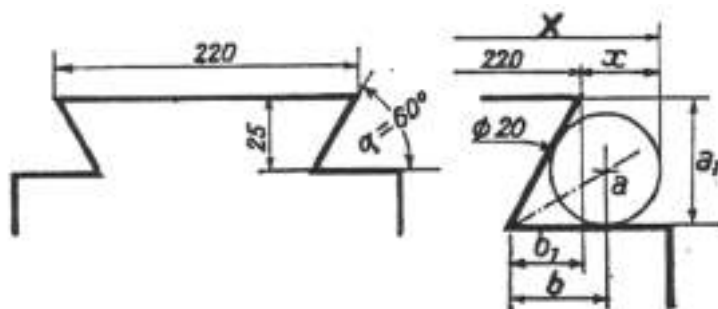


4. Posicionar a fresa de modo a tocar, levemente, na face superior da peça e colocar o tambor graduado (nónio), do movimento vertical (eixo Z), a zero.
5. Deslocar o movimento horizontal (X), saindo a ferramenta da peça.
  - a) Levantar a mesa (eixo Z) cerca de 1 mm e fazer tocar, levemente, na face lateral, colocando de seguida o tambor graduado (nónio) do eixo horizontal (X), a zero.
6. Colocar a fresa na cota pretendida, a fim de começar a maquinar o respetivo degrau, utilizando sucessivas passagens com o eixo transversal (Y) e aumentando a profundidade de corte, em cada passagem, no eixo vertical (eixo Z), até à cota prevista.
7. Repetir todo o processo para a face oposta.
8. Fixar a fresa angular (divergente). Posicionar, tocando levemente, nas faces horizontal e vertical do degrau. Colocar os tambores graduados (Z e X), a zero. Fazer passagens sucessivas, no eixo transversal (Y) e profundidade de corte, no eixo horizontal (X), deixando, sempre, uma margem de material, para posterior confirmação de cotas e correção em definitivo.
9. Verificar as cotas dos granzepes com cilindros, conforme os 2 exemplos seguintes.

## Controlo de uma Cota

Não se pode estabelecer uma medida precisa na aresta dum ângulo. O único método racional para estabelecer uma medida pelos flancos do ângulo é por meio de calibradores ou gabaritos cilíndricos.

**EXEMPLO 1:** Calcular a distância X aplicando dois calibradores ou gabaritos de 20 mm de diâmetro contra as faces de junção.





Sendo 220 a cota maior do trapézio, o problema consiste em procurar a cota  $x$ .

$$X = (b + 10) - b_1$$

$$b = a \times \cot(\alpha/2) = 10 \times 1,732 = 17,32 \text{ mm}$$

e

$$b_1 = a_1 \times \cot \alpha = 25 \times 0,5773 = 14,43 \text{ mm}$$

donde

$$x = (17,32 + 10) - 14,43 = 12,89 \text{ mm}$$

Por consequência

$$X = 220 + (2 \times 12,89) = 245,78 \text{ mm}$$

Também se pode calcular ( $b_1$ ) a partir da tangente do ângulo oposto a ( $\alpha$ ).

Como  $\alpha = 60^\circ$  e o ângulo oposto =  $30^\circ$

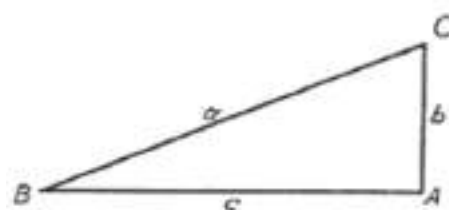
Logo

$$\cotg 60^\circ = \text{tg } 30^\circ \text{ e } \text{tg } 30^\circ = 0,5773$$

$$\text{tg } 30^\circ = b_1 / a_1 = b_1 / 25$$

$$b_1 = \text{tg } 30^\circ \times 25 = 0,5773 \times 25 = 14,43 \text{ mm}$$

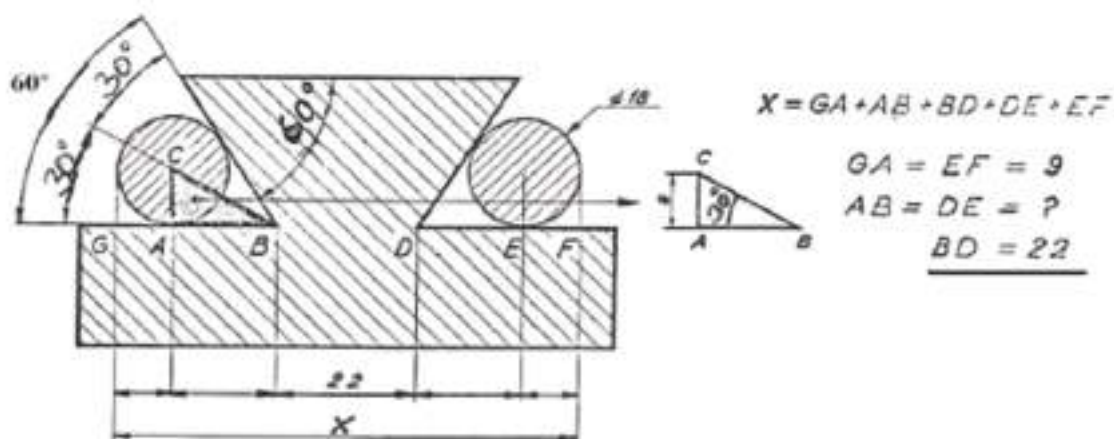
**EXEMPLO 2:** Sendo 22 mm a cota menor do trapézio BD, calcular o valor de X.



$$\text{tangente de um ângulo} = \frac{\text{lado oposto}}{\text{lado adjacente}}$$

Exemplo  $\text{tg } B = \frac{b}{c}$

Calcular o valor de X (cota a verificar com o paquímetro ou micrômetro)



DADOS	INCÓGNITA	RESOLUÇÃO
$AC = 9$ $\hat{B} = 30^\circ$ $\text{tg } B = 0,5773$	$AB$	$\text{tg } 30^\circ = \frac{AC}{AB}$ $AB = AC / \text{tg } 30^\circ = 9 / 0,5773 = 15,589$

$GA = 9$   
 $AB = 15,589$   
 $BD = 22$   
 $DE = 15,589$   
 $EF = 9$   


---

 $X = 71,178$

## PEÇA FÉMEA

### Método Operatório

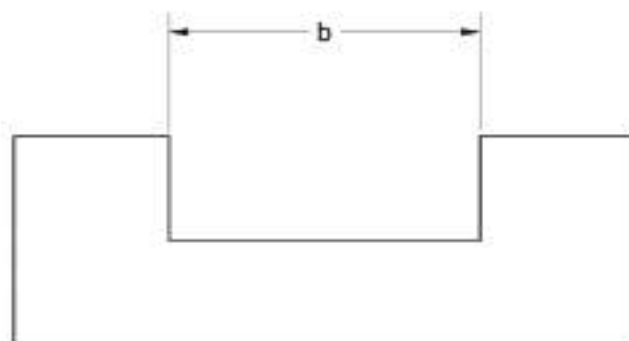
Todos os procedimentos e maquinação são semelhantes ao processo anterior.

Neste caso, porém, em vez de criarmos um degrau, temos que executar uma caixa com abertura e profundidade, de acordo com o projeto.

Assim, consideremos o seguinte exemplo:

**EXEMPLO 1.** Determinar o diâmetro da fresa, para executar a caixa, de cota b.

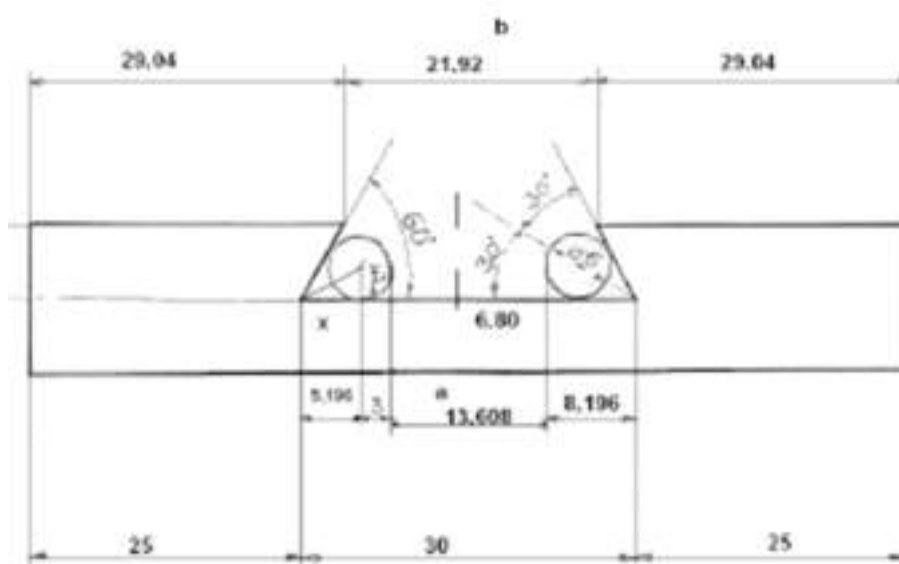
Logicamente, terá de ser inferior à cota b.



Executar, de seguida, com uma fresa divergente o granzepe conforme figura abaixo, verificando e controlando a abertura (medida) com os cilindros.

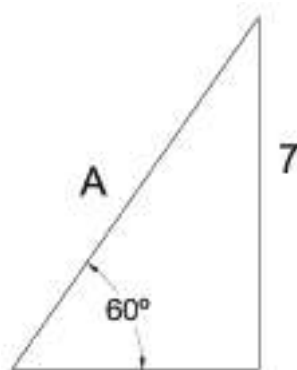
A cota a (para verificação dos granzepes com os cilindros) é medida e controlada com paquímetro ou micrómetro.





1. Cálculo da cota b (para se determinar a medida da fresa)

A partir das medidas conhecidas, do triângulo do granzepe (ângulo =  $60^\circ$  e altura = 7) temos:



$$\cotg 60^\circ = \cos 60^\circ / \sin 60^\circ = (X/H) / (7/H) = X / 7$$

$$0,577 = X / 7$$

$$X = 4,039$$

2. Cálculo da cota a

A linha imaginária, que passa pelo centro do cilindro divide o ângulo de  $60^\circ$  em dois de  $30^\circ$

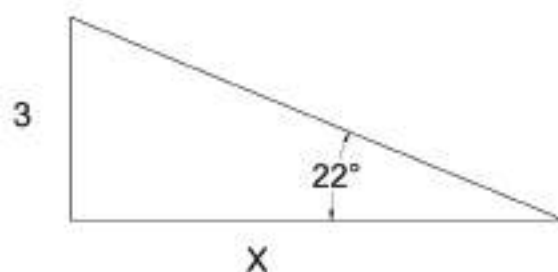
$$\tg \alpha = 3 / X$$

$$0,5773 = 3 / X$$

$$X = 5,196$$

$$a = 30 - (5,196 + 5,196 + 3 + 3)$$

$$a = 13,608 \text{ mm}$$



# FRESAGEM DE RANHURAS EM T

## DESENVOLVIMENTO TEMÁTICO

A correta identificação dos materiais a maquinar e a seleção da ferramenta de corte mais apropriada à ou às operações a executar, dos equipamentos e acessórios, constitui uma etapa fundamental para a realização de um bom trabalho.

Iremos, de seguida, definir o material a maquinar, as ferramentas de corte, a utilizar, assim como, os equipamentos e acessórios.

Estas definições poderão ser alteradas, desde que tenham a aprovação do professor

### **Materiais**

Aço CK 45 (aço ao carbono macio)

### **Ferramentas de corte**

Adequadas aos exercícios propostos e de acordo com as operações a realizar.

### **Sistemas de Aperto das Ferramentas de Corte**

Existem várias possibilidades, sendo o porta fresas com encabadouro cónico e o porta-pinças os mais utilizados.

### **Sistema de aperto dos materiais**

A prensa/apertadeira é o sistema recomendado para fixar os materiais.

### **Lubrificação de corte**

Para a maquinação do aço deve ser aplicado o óleo solúvel.

### **Equipamentos**

Estes exercícios podem ser realizados numa fresadora vertical ou universal.

### **Velocidade de rotação e avanço**

Recomenda-se a consulta das respetivas tabelas e ábacos, que se encontram nos módulos anteriores.

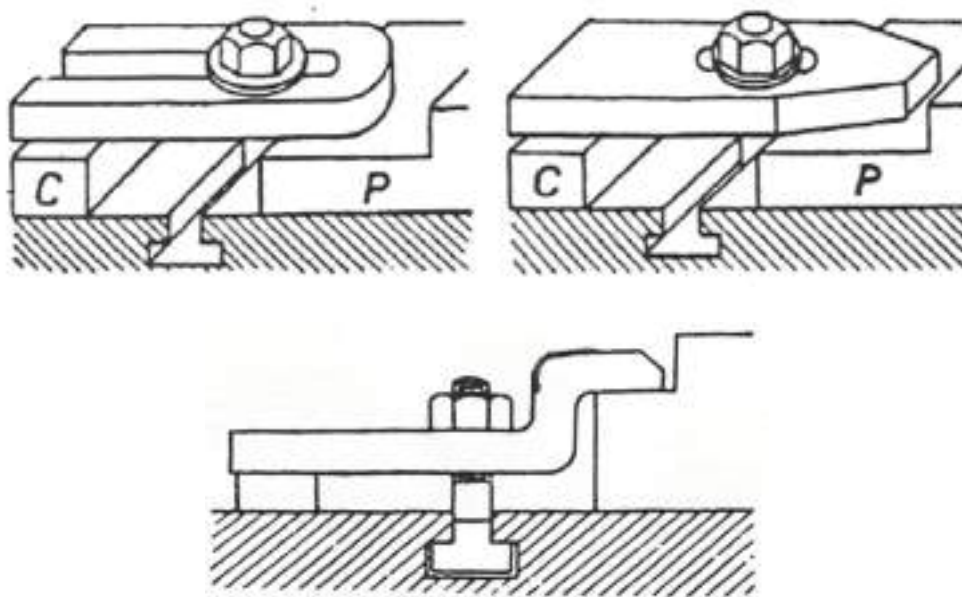


Chama-se a atenção das recomendações de segurança e higiene, no trabalho, nomeadamente, na manipulação e condução das máquinas-ferramenta.

Recomenda-se, mais uma vez, que todas as operações, devem ser acompanhadas e orientadas pelo professor que poderá alterar as sequências e o desenvolvimento dos exercícios.

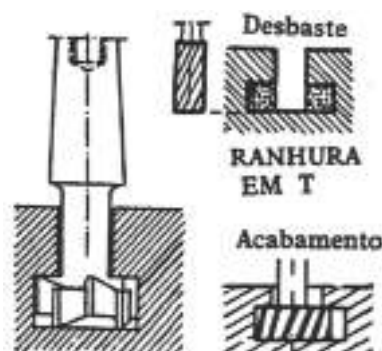
## MÉTODO OPERATÓRIO

A operação de fresagem de caixas ou ranhuras em T é usada para abrir ranhuras de deslize das cabeças de cavilhas (parafusos), nas mesas ou bancadas das máquinas. Estas cavilhas destinam-se a assegurar a fixação dos dispositivos de blocagem das peças ou dos aparelhos, conforme os seguintes exemplos:



A sequência de operações para a execução das caixas é a seguinte:

1. Escava-se a ranhura com uma fresa de haste frontal de 2 cortes ou com uma fresa de 3 cortes.
2. Executa-se o T com a fresa especial, de dimensões normalizadas, quer de encabadouro cilíndrico, quer de encabadouro cónico, conforme a figura seguinte.

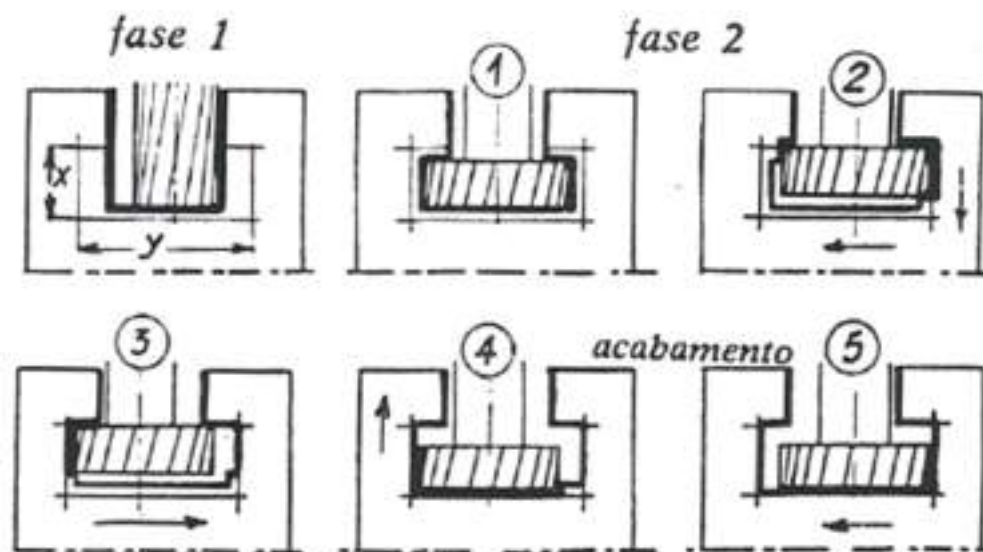


Ter em conta os seguintes aspetos:

- É necessário definir e aplicar um método de execução adequado.
- Selecionar e montar as ferramentas de corte apropriadas.
- Fresar a caixa
- Obter e aplicar um sistema de fixação adequado.
- Quando trabalhamos o material, é preciso um grande cuidado e um avanço muito reduzido (é aconselhável ser manual, no primeiro desbaste) por causa do pequeno diâmetro da pinça.
- A dentadura alternada da fresa tem a vantagem de fragmentar a apara e de facilitar a sua saída.

Durante a operação de saída do T a fresa trabalha em oposição a um lado e em concordância com o outro. Em consequência da flexibilidade da haste, a fresa tende a ser empurrada para a face em concordância (fenómeno já conhecido).

Tendo em consideração este fenómeno, deve-se ser prudente no caso da fresagem do material. Teremos, assim, de utilizar uma fresa de diâmetro mais pequeno, executando a operação de desbaste do T da seguinte forma sequencial:



1. Abrir a caixa, com as dimensões requeridas, com uma fresa frontal de 2 cortes.
2. Utilizar a fresa especial e acabar o T controlando as cotas finais no acabamento.



# MANDRILAGEM NA FRESADORA

## MÉTODO OPERATÓRIO

### Ferramentas e Equipamentos

- Ferramentas rígidas ou fixas e mandris HSS
- Cabeçote regulável micrométrico

A operação de mandrilagem na fresadora é sempre posterior à operação de furação. Considera-se, como princípio, que esta mandrilagem tem distâncias precisas em relação aos lados e topos da peça, ou seja, nos quadrantes X e Y.

Temos assim:

1. Operação de furação
2. Mandrilagem com ferramenta rígida ou com ferramenta regulável

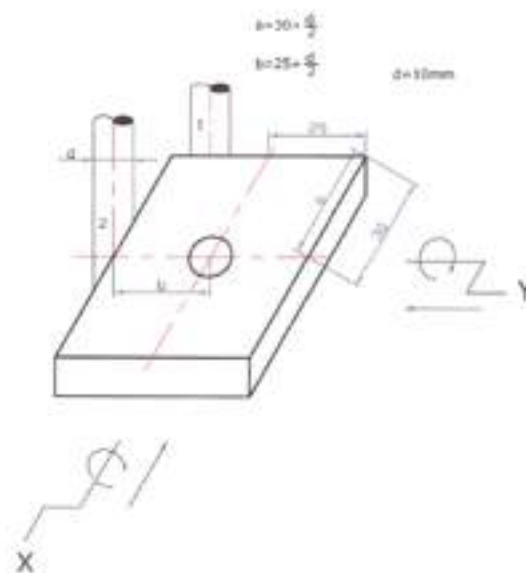
No 1º caso, o diâmetro de furação será de 0,1 a 0,25 mm menor que o diâmetro nominal final, tendo em conta a natureza dos furos e a escolha das ferramentas.

**EXEMPLO 1.** Qual o diâmetro de furação para executarmos um furo 12 H7 ?

Diâmetro nominal = 12 mm

Diâmetro de furação = 11,75 mm (podem ser todos os valores acima deste até 11,9 mm)

1. Operação de localização (Fig 1)



O método a aplicar consiste na utilização das corredeiras horizontais (transversal e longitudinal) das fresadoras.

A perpendicularidade das corredeiras deve estar assegurada. Neste caso, os deslocamentos segundo as duas direções (eixos) ortogonais são controláveis por meio dos tambores graduados (X e Y). Para isso, imobiliza-se uma mestra de determinado diâmetro (d) (normalmente  $\varnothing$  10 mm). Com a peça imobilizada, na mesa da máquina, toca-se levemente, com a mestra, no topo (1).

Regula-se o tambor X, a zero e desloca-se a mesa correspondente na distância pretendida  $(30 \text{ mm}) + d / 2 = 35 \text{ mm}$ .

De seguida, repete-se a operação, mas no lado da peça (2). Regula-se o tambor Y a zero e desloca-se abancada na distância a aferir  $(25 \text{ mm}) + d / 2 = 30 \text{ mm}$ .

Após a determinação exata da localização imobilizam-se a mesa e o carro da fresadora, retira-se a mestra e faz-se a furação e mandrilagem, com as respetivas ferramentas.

Após a execução do 1º furo, procede-se à execução dos outros furos caso existam, mediante a deslocação da mesa e do carro, servindo-se das divisões exatas dos tambores.

## OPERAÇÃO DE FURAÇÃO E MANDRILAGEM

### *Ferramenta Rígida*

Após a peça estar localizada e imobilizada procede-se, em 1º lugar, à furação com uma broca de ponto para iniciar o furo e, depois, com a broca ou brocas seguintes, até termos o furo com 1 a 2 décimos inferior à cota nominal. Depois, acaba-se o furo com o mandril de diâmetro adequado.

### *Cabeçote Regulável Micrométrico*

Para esta operação é necessário que o furo esteja feito com uma medida próxima do diâmetro final. Recomenda-se, fazer o furo com pelo menos 2 mm mais pequeno, a fim de se poder acertar e alisar, para verificação e controlo de cotas.

As sucessivas passagens far-se-ão através do deslocamento da corredeira do cabeçote regulável, utilizando a escala do parafuso micrométrico.

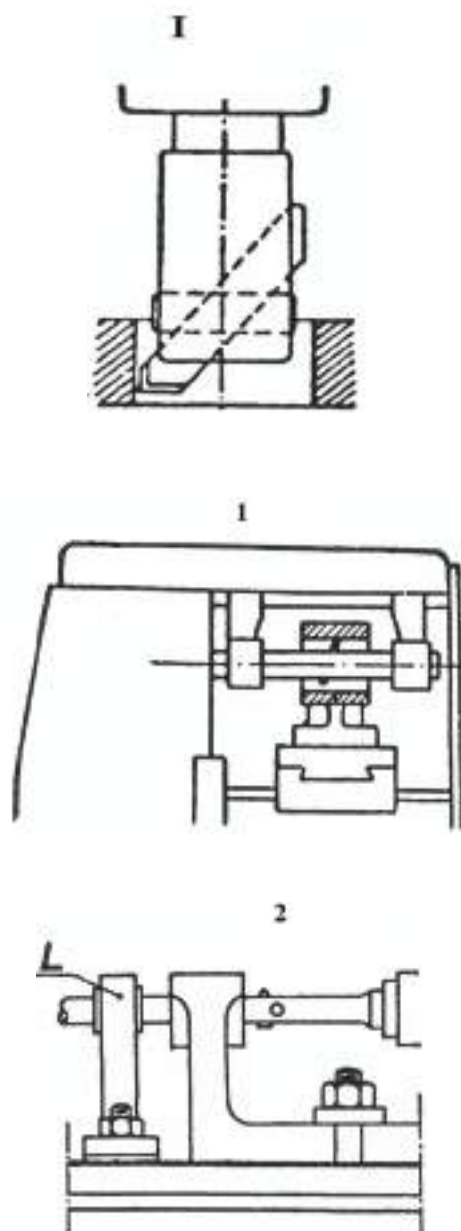




### Ferramenta de Alongar

Nas Fresadoras podemos mandrilar (alargar furos em peças de pequenas e médias dimensões). O eixo porta-fresas é substituído por uma barra porta-ferramenta (ou porta-alargados).

As figuras a seguir representadas identificam algumas aplicações da fresadora, no caso de alargamento duma peça, por meio de uma barra de alargamento, com a peça travada sobre a mesa da máquina.



## DIVISÃO NA FRESAGEM

o aparelho divisor é um acessório utilizado na máquina fresadora para fazer divisões no movimento de rotação da peça. As divisões são muito úteis, quando se quer fresar com precisão superfícies, que devem guardar uma distância angular igual à distância angular de uma outra superfície, tomada como referência.

Assim, o aparelho divisor permite fresar quadrados, hexágonos, rodas dentadas ou outros perfis, que dificilmente poderiam ser obtidos de outra maneira.

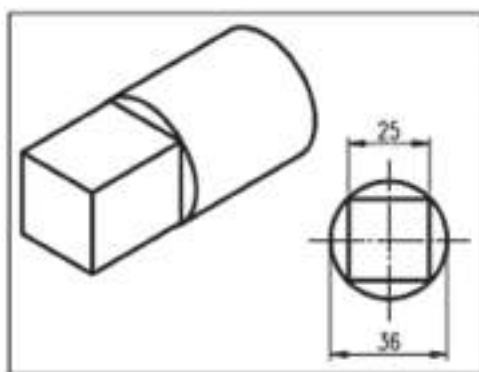
### Fresar um quadrado com aparelho divisor universal

O aparelho divisor universal permite fazer divisões direta, indireta e diferenciais. Vamos ver como fresar, utilizando a divisão direta.

Os procedimentos para fresar com o aparelho divisor universal são os mesmos que para qualquer operação de fresagem. Assim, escolhe-se o tipo e dimensões da fresa, dependendo do perfil que vai ser trabalhado, bem como do material da peça e da fresadora de que se dispõe.

É depois necessário fazer-se alguns cálculos de divisão e também aprender a fixar a peça ao aparelho divisor.

Vamos supor que se tem uma peça cilíndrica, conforme o desenho seguinte e que se pede para fresar numa das suas extremidades um quadrado de 25 mm.



- Escolhe-se o disco divisor. Este deverá ter um número de furos múltiplo do número de superfícies a serem fresadas. Como se vai fresar um quadrado, o disco deve ter um número de furos múltiplo de 4. Vamos supor que se escolheu um disco de 24 furos.



- Calcule o número de furos ou encaixes do disco divisor. Com este cálculo, vai saber-se exatamente quantos furos devem ser deslocados para maquinar cada superfície do perfil desejado, em relação à primeira. Veja-se a fórmula:

$$E = D / N$$

em que D = número de furos do disco divisor

N = divisões a efetuar

E = número de furos a deslocar

Substituindo vem:

$$E = 24 / 4$$

$$E = 6$$

Então, deve deslocar-se 6 furos no disco de 24, para maquinar as superfícies do quadrado.

Como o diâmetro da peça tem 36 mm, será que é possível fresar o quadrado de 25 x 25 de lado como pedido? Vamos calcular o diâmetro mínimo que a peça deve ter.

Calcule o diâmetro mínimo da peça, considerando a fórmula seguinte:

$$a_2 = b_2 + c_2$$

Substituindo vem :

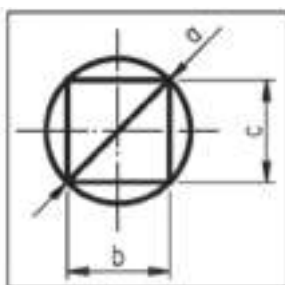
$$a^2 = 25^2 + 25^2$$

$$a^2 = 625 + 625$$

$$a^2 = 1250$$

$$a = 1250$$

$$a = 35,35$$

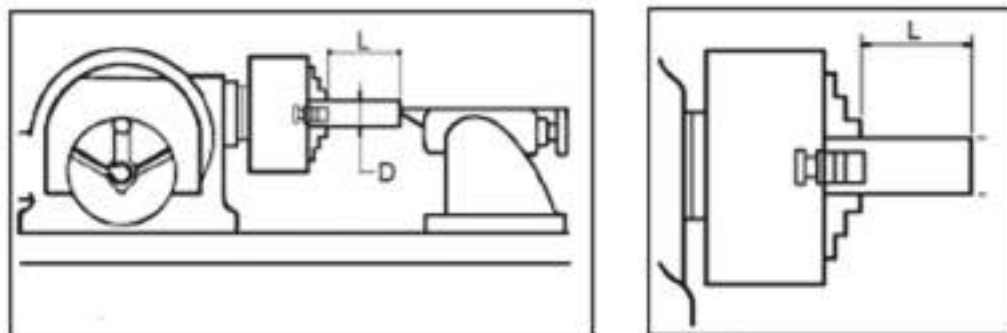


Com este cálculo, encontrou-se o diâmetro mínimo da peça que é de, aproximadamente, 35,35 mm. Portanto, é possível fazer o quadrado, visto que a peça tem 36 mm de diâmetro. Com isso, pode passar-se à fresagem:

1. Fixe-se a peça. Para isso, fixe-se primeiro uma das extremidades na placa do cabeçote divisor. Em seguida, a outra extremidade num contra-ponto, caso o



comprimento da peça (L) seja maior que 1,5 vez o diâmetro da peça (D). Se se tratar de uma peça de comprimento (L) menor que 1,5 vez o diâmetro (D), não é preciso utilizar o contra-ponto. Nesse caso, utiliza-se apenas a placa universal, como se mostra nas figuras seguintes.



2. Escolhe-se a fresa e em seguida fixa-se.
3. Determinam-se os parâmetros de corte.
4. Determina-se a profundidade de corte, da seguinte maneira:

$$a = (D - d) / 2$$

em que a = profundidade de corte

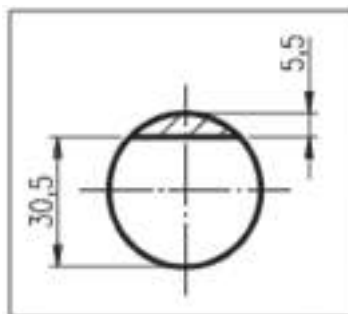
D = diâmetro do material

d = medida do quadrado

Resolvendo, vem:

$$a = (36 - 25) / 2$$

$$a = 5,5$$

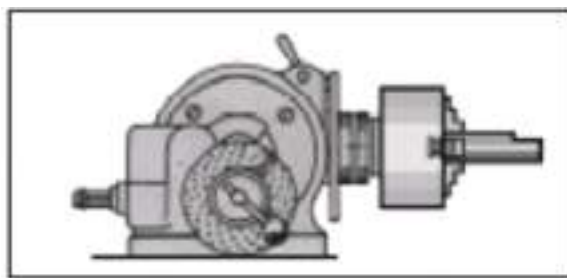


Para se fresar um quadrado de 25 mm num eixo de 36 mm de diâmetro, a profundidade de corte necessária é igual a 5,5, como se vê na figura anterior.

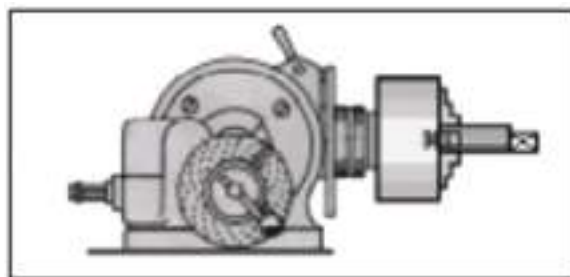
5. Tangencia-se a superfície da peça com a fresa. Marca-se o zero no anel graduado do fuso de subida da mesa.



6. Retira-se a fresa de cima da peça.
7. Sobe-se a mesa até a profundidade de corte desejada. Maquina-se a primeira face plana.
8. Mede-se a face maquinada. A medida encontrada deve corresponder à metade do diâmetro da peça mais a metade da medida de um lado do quadrado, como na figura anterior, ou seja:  $18 + 12,5 = 30,5$ . A figura a seguir mostra a peça fixa à placa do divisor e com uma face já maquinada.



9. Gira-se no divisor 6 furos para fresar a segunda superfície perpendicular à primeira. Maquina-se as restantes superfícies, seguindo o mesmo procedimento utilizado para a fresagem da segunda superfície. Não nos devemos esquecer de conferir a medida a cada superfície maquinada.



Este é o procedimento que nos leva a fresar um quadrado, utilizando o aparelho divisor universal e divisão direta.

Vimos como se fazem alguns cálculos para o aparelho divisor. Mas, há casos em que não existe um disco divisor que possua o número de furos que precisamos. Além disso, pode existir uma fração que não pode ser simplificada. Vamos ver como se procede nestes casos.



## *Divisão Diferencial*

Imagine que se tem de calcular o número de voltas na manivela de um aparelho divisor para fresar uma engrenagem com 97 dentes e sabendo que a coroa do divisor tem 40 dentes.

Aparentemente, esse parece ser um problema igual anteriores. A fórmula é a mesma, ou seja:

$$V_m = C / N = 40 / 97$$

No entanto, não existe um disco divisor com 97 furos. Além disso, esta fração não pode ser simplificada.

A divisão diferencial é usada para resolver esse problema, sendo um processo de correção do número de dentes feito por meio do uso de um conjunto de engrenagens.

A divisão diferencial é usada sempre que for necessário fresar uma engrenagem com um número primo de dentes maior do que 49. Isso porque 49 é o maior número de furos do disco da nossa fresadora.

## *Cálculo com Divisão Diferencial*

Vamos retomar, então, os dados do problema:

C = 40 (dentes da coroa)

N = 97 (número de divisões desejadas)

O cálculo com divisão diferencial será feito passo a passo.

1. Encontrar um número arbitrário, que não seja primo, próximo ao número de dentes da engrenagem a ser fresada. Para o nosso problema, vamos escolher 100, ou seja,  $N' = 100$ .
2. Calcular o número de voltas na manivela para  $N' = 100$ :

$$V_m = C / N'$$

$$V_m = (40 \div 10) / (100 \div 10)$$

$$V_m = (4 \div 2) / (10 \div 2)$$

$$V_m = 8 f / 20 D$$

Com esse passo, temos o seguinte resultado: para fresar cada dente, é necessário avançar 8 furos no disco divisor de 20 furos. O problema é que se o



cálculo parar por aqui, a engrenagem terá 100 dentes e não 97. Por isso, temos de realizar mais algumas etapas.

3. Achar a diferença entre o número de dentes desejado e o número arbitrário, ou entre o número arbitrário e o número de dentes desejados. Isso vai depender de qual número é o maior. Essa operação nos dará o  $\Delta N$  que será usado no cálculo das engrenagens:

$$100 - 97 = 3 (\Delta N)$$

Com esse resultado, podemos calcular o número de dentes das engrenagens auxiliares que serão usadas para corrigir a diferença de 3 dentes do exemplo. A correção será feita pela movimentação do disco divisor.

4. Calcular as engrenagens. Para isso, usa-se a fórmula:

$$Z_{mot} / Z_{mov} = (C \times \Delta N) / N'$$

em que  $Z_{mot}$  é a engrenagem motora,  $Z_{mov}$  é a engrenagem movida,  $C$  é o número de dentes da coroa,  $N'$  é o número arbitrário de dentes e  $\Delta N$  é a diferença entre  $N$  e  $N'$ .

Voltando ao problema e substituindo os valores na fórmula, temos:

$$Z_{mot} / Z_{mov} = 40,3 / 100$$

$$Z_{mot} / Z_{mov} = 120 / 100$$

A fração resultante significa que a engrenagem motora ( $Z_{mot}$ ) deverá ter 120 dentes e a engrenagem movida ( $Z_{mov}$ ), 100.

5. Verificar se no jogo de engrenagens auxiliares da fresadora existem as engrenagens calculadas. Geralmente, as fresadoras são acompanhadas de um jogo de engrenagens auxiliares com os seguintes números de dentes: 24 (2 engrenagens), 28, 32, 36, 40, 44, 48, 56, 64, 72, 80, 84, 86, 96 e 100.

Mais uma vez, você verifica que não existe engrenagem com 120 dentes no jogo. Então você passa para o próximo passo.

6. Trabalhar a fração 120/100, dividindo-a ou multiplicando-a por números inteiros, até encontrar um resultado que corresponda a duas das engrenagens existentes no jogo.

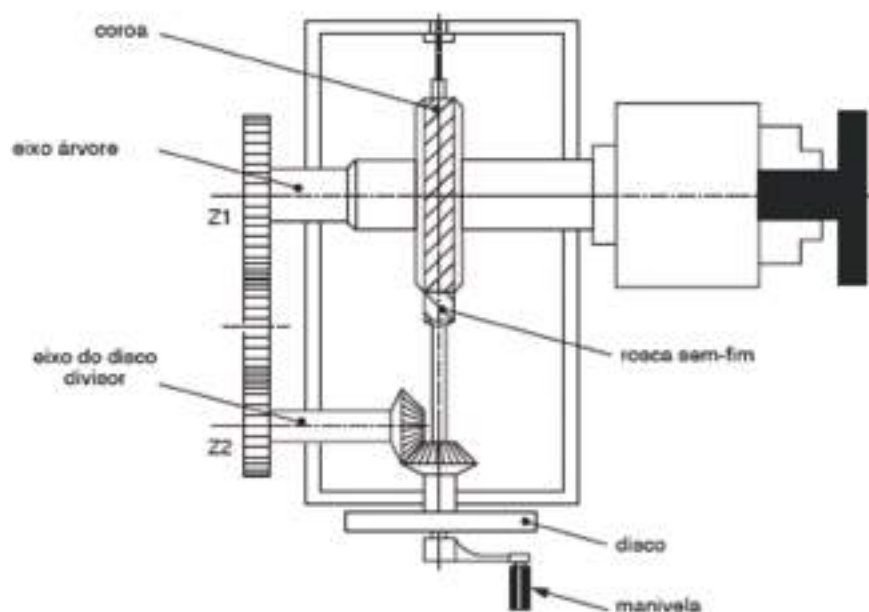
$$(120 \div 10) / (100 \div 10) = 12 / 10$$

$$(12 \times 8) / (10 \times 8) = 96 (\text{motora ou } Z1) / 80 (\text{movida ou } Z2)$$



Ou seja, a engrenagem motora deverá ter 96 dentes e a engrenagem movida deverá ter 80 dentes.

Para a montagem, a engrenagem motora (Z1) deverá ser fixada no eixo da árvore do divisor e a engrenagem movida (Z2) deverá ser montada no eixo do disco.



Porém, nem sempre são usadas apenas duas engrenagens para a correção. Conforme o caso, a fração é desmembrada em duas e terá de se calcular 4 engrenagens. Como exemplo, vamos imaginar que já aplicou a fórmula  $Z_{mot}/Z_{mov}$  e se simplificou a fração até obter o resultado  $12/7$ . Como você faz a simplificação desta fração? Na verdade, o método é o da tentativa e erro até encontrar os números que correspondem aos das engrenagens que você tem no jogo auxiliar. Para a fração  $12/7$  pode fazer-se:

$$12 / 7 = (4 \times 3) / (7 \times 1)$$

Então,

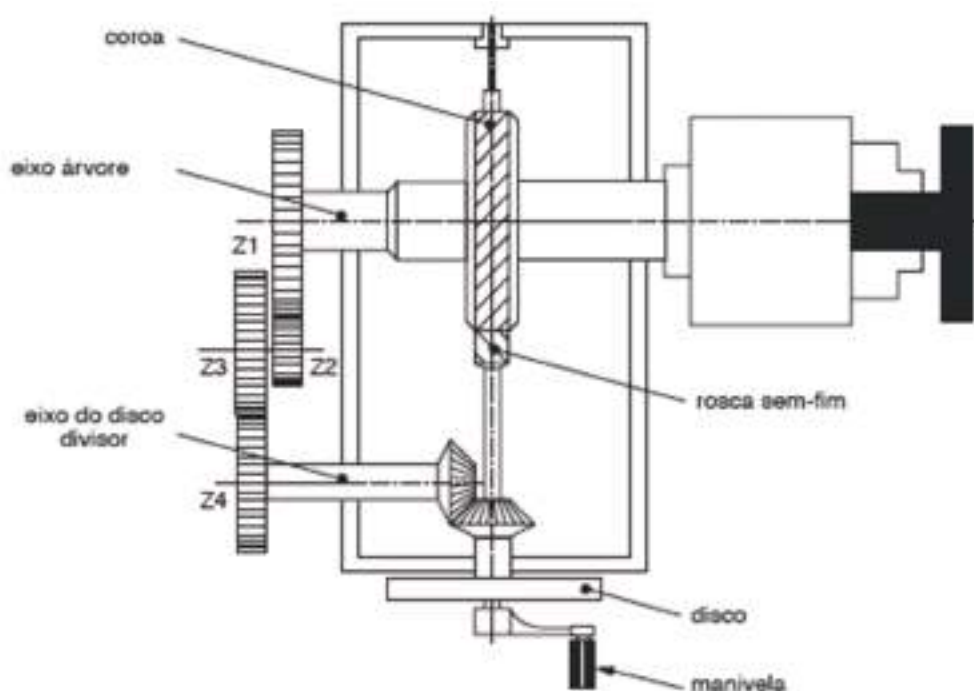
$$Z_{mot} / Z_{mov} = (4 \div 8) / (7 \div 8) = 32 / 56 = Z1 / Z2$$

$$Z_{mot} / Z_{mov} = (3 \div 24) / (1 \div 24) = 72 / 24 = Z3 / Z4$$

Observe-se que as frações tiveram os seus numeradores e denominadores multiplicados por um mesmo número e, como resultado, obteve-se  $Z1 = 32$ ,  $Z2 = 56$ ,  $Z3 = 72$ ,  $Z4 = 24$ , que são números de dentes das engrenagens existentes no jogo da fresadora.







### *Determinação Das Engrenagens Intermédias*

Como já vimos que o resultado do cálculo de duas engrenagens foi de  $Z1= 96$  e  $Z2= 80$ . Como essas duas novas engrenagens que foram montadas estão distantes uma da outra, é preciso colocar uma ou duas engrenagens intermédias, que serão responsáveis pela transmissão do movimento.

É preciso notar, entretanto, que quando uma ou duas engrenagens intermédias são montadas no aparelho divisor, isso pode alterar o sentido de giro do disco. Assim, se o disco girar no mesmo sentido da manivela, será maior cada divisão do material com o qual se fresará a engrenagem .

Isso significa que se terá menos dentes que o número arbitrário ( $N'$ ) escolhido para o cálculo. No nosso exemplo,  $N' = 100$ . Essa redução corresponde justamente ao valor  $DN = 3$ . Então, teremos, na verdade,  $100 - 3 = 97$  que é o valor desejado para a solução do problema. Neste caso, é preciso usar apenas uma engrenagem intermediária.

A colocação de duas engrenagens intermediárias resultaria num sentido de giro do disco contrário ao sentido da manivela. Como resultado, cada divisão no material a ser fresado seria menor e, por causa disto, teria-se mais dentes do que o número arbitrário ( $N' = 100$ ). O acréscimo seria  $\Delta N = 3$ , ou seja,  $N = 100 + 3$ . Nesse caso, a engrenagem ficaria com 103 dentes, o que estaria errado.



Isto mostra como é importante a colocação das engrenagens intermédias, uma vez que elas determinam o sentido de giro do disco divisor.

O sentido de giro do disco, por sua vez, determina se a correção será para menos ou para mais. As possibilidades de combinações entre engrenagens e números arbitrários e as respectivas quantidades de engrenagens intermédias podem ser resumidas no quadro a seguir.

NÚMERO DE ENGRENAGENS DO CÁLCULO	NÚMERO ARBITRÁRIO ( $N'$ ) ESCOLHIDO	QUANTIDADE DE ENGRENAGENS INTERMEDIÁRIAS
2	maior que N	1
2	menor que N	2
4	maior que N	—
4	menor que N	1



# EXERCÍCIOS TEÓRICOS

**EXERCÍCIO 1.** Quantas voltas na manivela seriam precisas dar para fresar uma engrenagem com 40 dentes, se a coroa do divisor também tiver 40 dentes?

**EXERCÍCIO 2.** Para fresar uma engrenagem de 18 dentes, qual o disco, o número de voltas e o número de furos a avançar, se o aparelho divisor da máquina tem uma coroa com 40 dentes?

**EXERCÍCIO 3.** Se o aparelho divisor de sua máquina tem uma coroa de 40 dentes, qual é o número de voltas na manivela que terá de se dar para fresar uma engrenagem de 47 dentes?

**EXERCÍCIO 4.** Calcule o número de voltas na manivela para fresar uma engrenagem com 32 dentes, sabendo que a coroa do divisor tem 40 dentes.

**EXERCÍCIO 5.** Numa peça circular, desejamos fazer 5 furos distantes  $15^\circ$  um do outro. Se o divisor tem uma coroa com 40 dentes, quantas voltas é preciso dar na manivela para fazer esse trabalho?

**EXERCÍCIO 6.** Qual o número de voltas necessárias para maquinar uma peça com 60 divisões em uma fresadora cujo aparelho divisor tem uma coroa com 40 dentes?

**EXERCÍCIO 7.** Quantas voltas deveriam ser dadas na manivela do aparelho divisor para maquinar um sextavado, sabendo que a coroa tem 60 dentes.

**EXERCÍCIO 8.** Calcule quantas voltas são necessárias para executar uma peça com 42 divisões, se a coroa do divisor tiver 60 dentes?

**EXERCÍCIO 9.** Quantas voltas um operador deve dar na manivela para fresar uma engrenagem de 45 dentes num divisor cuja coroa tem 40 dentes?



**EXERCÍCIO 10.** Para fazer três rasgos equidistantes  $37^\circ$  numa peça circular, calcule quantas voltas devem ser dadas na manivela, sabendo que a coroa tem 40 dentes.

**EXERCÍCIO 11.** Calcule o número de voltas da manivela e as engrenagens para fresar uma engrenagem com 51 dentes num divisor com coroa de 40 dentes.

**EXERCÍCIO 12.** Calcule o número de voltas da manivela e as engrenagens auxiliares para fresar uma engrenagem com 131 dentes num divisor com coroa de 40 dentes. Faça o cálculo para 4 engrenagens.

**EXERCÍCIO 13.** Determine a quantidade de engrenagens intermédias, sabendo que o cálculo foi feito para duas engrenagens e que  $N'$  é 120 e  $N$  é 123.

**EXERCÍCIO 14.** Quantas engrenagens intermédias serão necessárias para transmitir movimento para o disco do divisor, sabendo que o cálculo foi feito para 4 engrenagens e que  $N'$  é igual a 130 e que  $N$  é igual a 127.

**EXERCÍCIO 15.** Calcule o número de voltas na manivela e as engrenagens auxiliares e intermediárias necessárias para fresar uma engrenagem com 71 dentes num divisor com coroa de 40 dentes.









# Torneamento

## Módulo 3

# APRESENTAÇÃO MODULAR

## APRESENTAÇÃO

Pretende-se com este módulo dar aos alunos conhecimentos de materiais e ferramentas necessários ao trabalho de montagem e ajustagem e a operação de máquinas-ferramenta convencionais ou CNC.

## OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM

Regular e operar com as máquinas-ferramenta, convencionais ou CNC, tendo em vista o fabrico de peças unitárias ou em série, executando as operações de maquinação relacionadas com torneamento.

## ÂMBITO DOS CONTEÚDOS

- Ferramentas e tecnologias de corte
- Torneamento cilíndrico exterior e interior
- Execução de caixas e gargantas
- Roscagem exterior e interior
- Torneamento cónico exterior e interior
- Preparação do trabalho





# BIBLIOGRAFIA/OUTROS RECURSOS

Casillas, A. L., Máquinas – Formulário Técnico, Editora Mestre JOU.

Sodano, E., Manual do Fresador Mecânico, Coleção Manuais Técnicos – Editorial Presença.

Silva, F. M. Ferreira, Tecnologia de Serralheiros – Ensino Técnico Profissional.

Operações Complementares de Torneamento, Unidade Pedagógica UP0033, CENFIM – Centro de Formação da Indústria Metalúrgica e Metalomecânica.

Cálculo Técnico, Telecurso 2000.

Silva, Fernando M. Ferreira – Problemas Numéricos de Tecnologia Mecânica, Ensino Técnico Profissional, Oficinas Gráficas da Rádio Renascença.

Protásio, Joaquim Marques – Manual Prático do Torneiro Mecânico, Editora Aurora.

Projeto Delfim; Sub-Projecto Moldes, 2001.

Manual Técnico de Usinagem, Sandvik Coromant.



## FERRAMENTAS DE CORTE

Sendo a função do torno mecânico proporcionar acabamento a diversos tipos de peças destinadas aos mais variados tipos de maquinismos, peças essas que de modo geral são obtidas pelos habituais processos de forjado, estampado, laminado ou maquinação por corte, necessita para tal da ajuda de ferramentas que lhe permita executar a tarefa ou tarefas para que foi construído.

Assim, entre os inúmeros tipos de ferramentas usadas nos tornos mecânicos destacam-se as ferramentas de corte, brocas de diversos tipos, machos, cossinetes e muitas outras independente também de equipamentos de medida, como micrómetros e outros. Desta forma, para que e se possa fazer uso dessas ferramentas, utilizam-se peças complementares designadas por **porta-ferramentas**, nas quais as respectivas ferramentas são convenientemente colocadas, antes de serem adaptadas ao torno (Figura 1).



Figura 1 – Ferramentas do torno.

### SUPORTES DE PASTILHA

Este tipo de ferramenta é composto geralmente por uma base de suporte ou aço carbono na qual foi soldada ou aparafusada uma pequena pastilha metálica, altamente resistente ao atrito e temperatura (Figura 2).





*Figura 2 – Suporte de corte.*

Noutros casos em vez da pastilha usam-se ferramentas de corte constituídas de uma única peça, que são também fabricadas em diversos modelos (Figura 3).



*Figura 3 – Diversos tipos de suporte de corte.*

Os suportes inteiros são feitos de aço carbono ou de aço rápido, ao passo que as pequenas pastilhas (de ferramentas compostas) são constituídas por metais duros.

Os suportes compostos são geralmente soldados entre si com solda de cobre. A pastilha é fabricada de aço rápido e outras ligas de metais duros como crómio, vanádio, tungsténio, titânio, etc., que lhe permitem suportar grandes pressões e temperaturas. Utilizam-se



na execução de serviços mais rápidos e, durante a sua utilização, podem suportar sem sofrer danos temperaturas de 6.000º C ou mais.

As navalhas inteiras, principalmente as de aço carbono, não têm grande aplicação no torneamento porque, embora apresentem elevado grau de dureza (certamente bem inferior ao grau de dureza das de aço rápido), não permitem tanta rapidez na execução de de serviços como as navalhas de aço rápido ou das compostas. São mais afetadas pelo aumento de temperatura na lâmina ou fio de corte e estrutura e quando esta temperatura atinge cerca de 2.500º C, a sua dureza reduz-se drasticamente. É pouco usada por estes motivos, podendo mesmo afirmar-se que a utilização de aços carbonos especiais com que são construídos estes suportes de corte, quase só se faz para ferramentas de outro tipo, como machos, brocas escariadoras e cossinetes, que se destinam a trabalho em materiais não muito duros e para os quais o fator velocidade não tem muita importância.

### TIPOS DE FERRAMENTAS DE CORTE

Existem muitos tipos de suportes de corte utilizados no torneamento que dependem do tipo de maquinação a fazer (Figura 4).

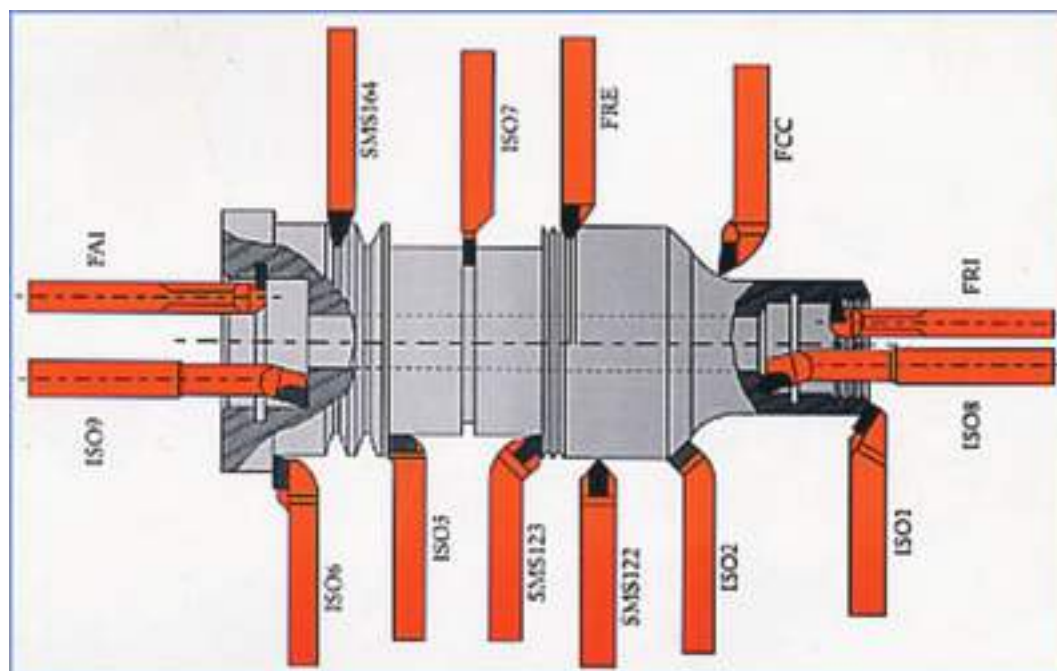


Figura 4 – Tipos de torneamento.



Como pode ver-se pela figura 5, o fio da pastilha, pela pressão exercida, penetra no material da peça a ser torneada e extrai dela as partes desse mesmo material em pequenas partículas, geralmente chamadas de **apara**. Observe-se que apenas o fio da pastilha toca no material porque de outra forma, ou seja, se grande parte da navalha fosse aplicada sobre a peça a torner, certamente seria provocado um grande atrito, originando-se daí maior pressão e temperatura sobre a navalha, reduzindo a produção ou trabalho, bem como a vida útil desta.

Como já foi dito anteriormente durante o funcionamento do torno, o suporte da pastilha pode mover-se em direção longitudinal, transversal ou inclinada, ao passo que a peça a torner recebe movimento de rotação que é conhecido por **movimento principal**. Designa-se por **movimento de avanço** o movimento do suporte de corte sobre a peça que estiver a ser trabalhada.

Como já foi dito anteriormente, os suportes de corte compostos são constituídos essencialmente por duas peças: a pastilha e a base a que está soldada ou aparafusada. A primeira trabalha em forma de cunha, provocando penetração no corpo da substância ou peça a torner, extraindo dela as aparas e a segunda, por seu lado, além de permitir a fixação da pastilha no porta-ferramentas, subdivide-se em dois elementos: face de desprendimento, ou seja, o lado por onde se desprende a apara e face de incidência (principal e secundária), sobre a peça que está a ser torneada. Os fios de corte são formados pela interceção das faces de desprendimento e incidência distinguindo-se, desta forma, o fio cortante ou principal e o fio cortante secundário, sendo o trabalho fundamental executado pelo primeiro ou fio de corte principal. À interceção destes fios de corte dá-se o nome de ponto do suporte. A parte de trabalho de qualquer ferramenta de corte, incluindo também a navalha, é uma cunha. Sob a ação da força aplicada, o fio da ferramenta penetra no material; quanto mais aguda for a cunha, ou seja, quanto menor for o ângulo formado pelas faces, menor é o esforço necessário para enterrá-la no metal.



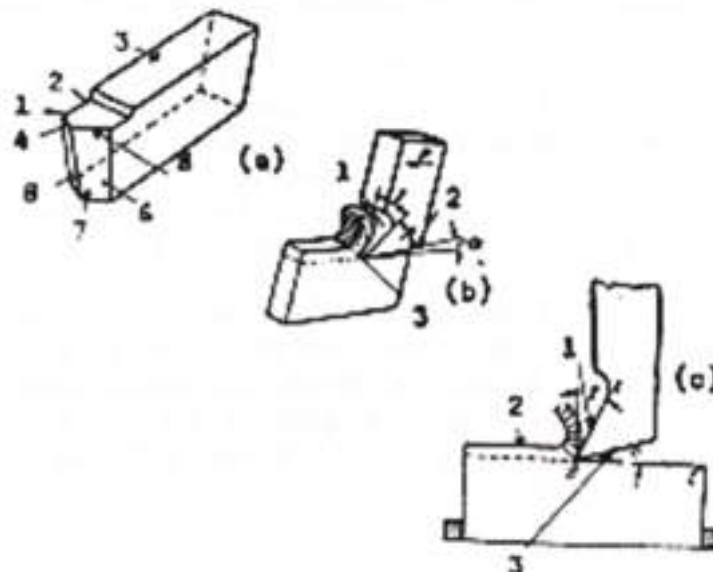


Figura 5 – (a) Partes fundamentais do suporte de corte: 1 - Ponta da navalha; 2 - Face de desprendimento; 3 - Corpo da navalha ; 4 - Fio de corte; 5 - Fio de corte principal; 6 - Face principal de incidência; 7 - Cabeça da navalha; 8 - Face de incidência secundária; (b) trabalho de um suporte de corte: 1 – Face de desprendimento; 2 – Face de incidência; 3 – Fio de corte; (c) O corte de um suporte: 1 – Face de desprendimento; 2 – Superfície a cortar; 3 – Face de incidência.

O ângulo formado pelas faces da cunha (ou pelas faces dianteira e traseira) designa-se por ângulo de fio e é simbolizado pela letra grega  $\beta$  (Beta). Assim, quanto mais pequeno é o ângulo do fio, maior é a penetração da cunha no metal e ao contrário, quanto maior for esse ângulo, maior será a força para penetrar no metal.

Ao executar o ângulo do fio, é necessário considerar-se as propriedades mecânicas do metal ou substância a trabalhar. Quando se corta um metal duro com uma navalha que tenha o ângulo de fio ( $\beta$ ) pequeno, o fio da navalha, devido à sua pequena espessura pode partir-se. Portanto, o ângulo do fio da cunha, faz-se em função do material que vai ser maquinado.

Como já foi visto, ao maquinar-se uma peça no torno, a peça movimenta-se em sentido giratório, enquanto que o suporte desloca-se em direção longitudinal ou transversal à rotação da peça, a que se dá o nome de movimento principal e ao deslocamento do suporte, designa-se por movimento de avanço. Em função destes movimentos, o suporte arranca da peça a maquinar, uma capa de metal em forma de avara.



Geralmente o suporte é constituído por duas partes fundamentais: o corpo e a cabeça. O corpo serve para fixar a ferramenta no porta-ferramentas. A cabeça, por outro lado, é a parte cortante da navalha e é composta pela face de desprendimento, pela qual se move a apanha e pelas faces de incidência, dirigidas sobre a peça que se maquina. Uma destas faces designa-se por principal e a outra, por secundária.

As ferramentas usadas pelo torneiro mecânico são feitas de acordo com o trabalho a que se destinam. Assim, uma ferramenta feita para desbastar não deve ser utilizada para sangrar e vice-versa. Ou seja, as ferramentas podem ser classificadas de acordo com a sua utilização.

## OPERAÇÕES DE TORNEAMENTO

O torneamento serve para obter peças de revolução. Para o efeito são utilizados os tornos mecânicos, em especial o torno paralelo convencional, o qual é apresentado noutra local. As principais operações realizáveis no torno são:

- Tornear interiores e exteriores de peças de revolução;
- Pontear e furar axialmente;
- Roscar com macho e a bico de ferro;
- Mandrilar;
- Sangrar;
- Recartilhar.

Em seguida são descritas de uma forma sucinta as principais operações de torneamento.

### *Torneamento Exterior*

#### **Torneamento cilíndrico exterior**

A peça está animada de movimento de rotação. Primeiro é executado o movimento de penetração do lado exterior da peça (posicionamento), o qual determina a profundidade de corte.

Depois é executado o movimento de avanço da ferramenta de corte que, deslocando-se ao longo da superfície de revolução sempre paralelamente ao eixo da peça remove uma camada de material, deixando para trás a zona maquinada (parede cilíndrica exterior).



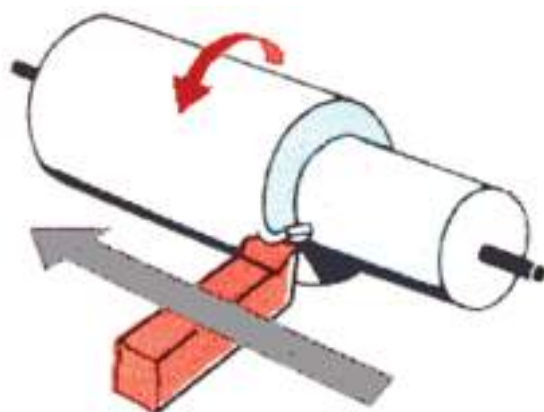


Figura 6 – Torneamento cilíndrico exterior.

### Torneamento de faces exterior

A peça apresenta um furo e está animada de movimento de rotação.

Primeiro é executado o movimento de penetração do lado exterior da peça (posicionamento axial), o qual determina a profundidade de corte.

Depois é executado o movimento de avanço da ferramenta de corte que, deslocando-se axialmente de fora para dentro remove uma camada de material, deixando para trás a zona maquinada (topo).

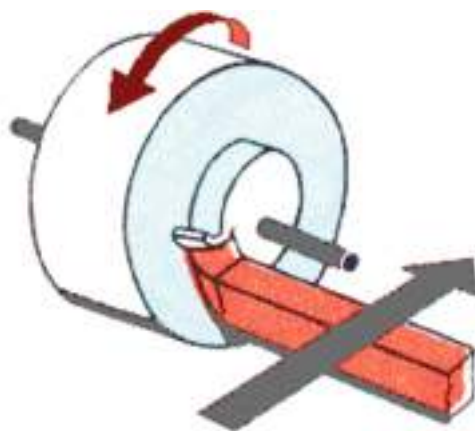


Figura 7 – Torneamento de faces exterior.

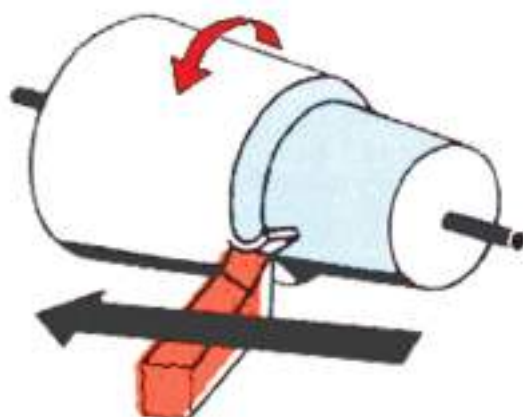
### Torneamento cônico exterior

A peça está animada de movimento de rotação. Primeiro é executado o movimento de penetração do lado exterior da peça (posicionamento), o qual determina a profundidade de corte.





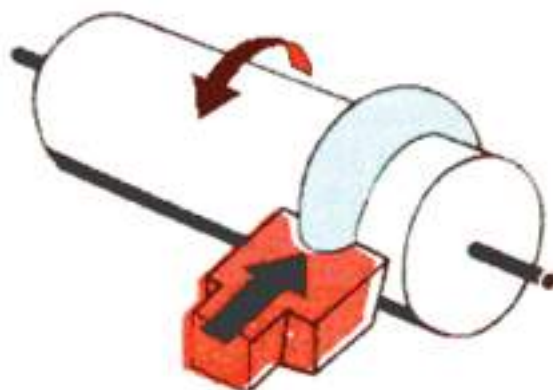
Depois é executado o movimento de avanço da ferramenta de corte que, deslocando-se obliquamente ao eixo da peça remove uma camada de material, deixando para trás a zona maquinada (definindo um tronco de cone exterior).



*Figura 8 – Torneamento cônico exterior.*

#### **Torneamento de forma exterior**

A peça está animada de movimento de rotação. É executado o movimento de penetração do lado exterior da peça (posicionamento), o qual determina a maquinação, deixando a forma de revolução inversa à existente na ferramenta. Aqui não pode ter lugar o movimento de avanço (não existe).



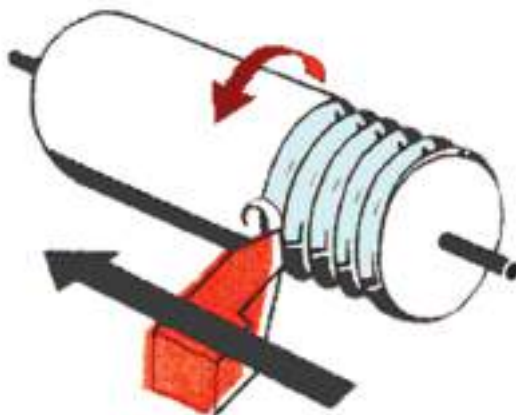
*Figura 9 – Torneamento de forma exterior.*

#### **Abertura de rosca exterior**

A peça está animada de movimento de rotação. Primeiro é executado o movimento de penetração do lado exterior da peça (posicionamento), o qual determina a profundidade de corte (profundidade da rosca).



Depois é executado o movimento de avanço da ferramenta de corte que, deslocando-se ao longo da superfície de revolução sempre paralelamente ao eixo da peça com avanço constante e igual ao passo da rosca vezes o número de rotações remove uma camada de material, deixando para trás os filetes de rosca.



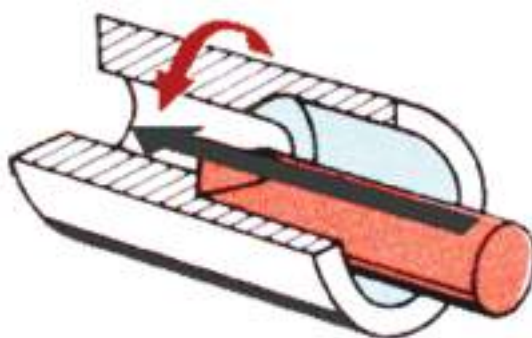
*Figura 9 – Abertura de rosca exterior.*

### *Torneamento Interior*

#### **Torneamento cilíndrico interior**

A peça está animada de movimento de rotação. É executado o movimento de penetração do lado interior da peça (posicionamento radial), o qual determina a profundidade de corte.

Depois é executado o movimento de avanço da ferramenta de corte que, deslocando-se ao longo da superfície de revolução sempre paralelamente ao eixo da peça remove uma camada de material, deixando para trás a zona maquinada (parede cilíndrica interior).



*Figura 10 – Torneamento cilíndrico interior.*



### Torneamento de faces interior

A peça apresenta um furo e está animada de movimento de rotação.

Primeiro é executado o movimento de penetração no interior da peça (posicionamento axial), o qual determina a profundidade de corte.

Depois é executado o movimento de avanço da ferramenta de corte que, deslocando-se axialmente de dentro para fora remove uma camada de material, deixando para trás a zona maquinada (topo).

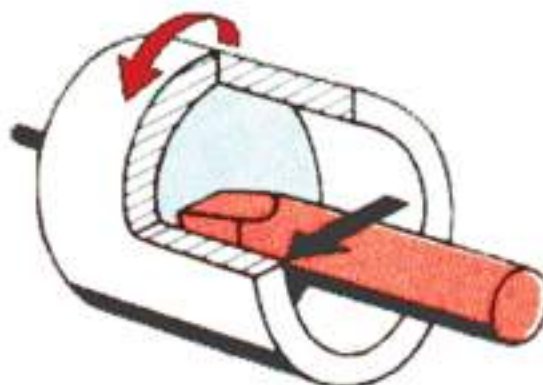


Figura 11 – Torneamento de faces interior.

### Torneamento cônico interior

A peça está animada de movimento de rotação. Primeiro é executado o movimento de penetração do lado interior da peça (posicionamento), o qual determina a profundidade de corte.

Depois é executado o movimento de avanço da ferramenta de corte que, deslocando-se obliquamente ao eixo da peça remove uma camada de material, deixando para trás a zona maquinada (definindo um tronco de cone interior).

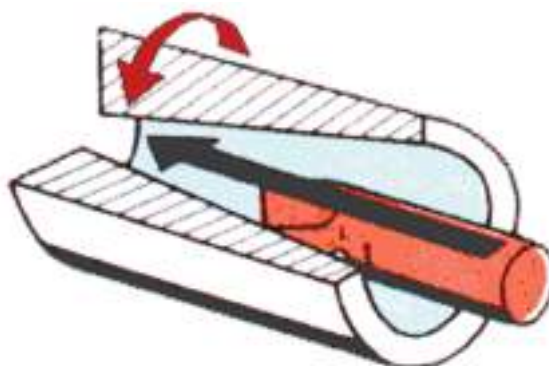


Figura 12 – Torneamento cônico interior.



### Torneamento de forma interior

A peça está animada de movimento de rotação.

É executado o movimento de penetração no lado interior da peça (posicionamento), o qual determina a maquinação, deixando a forma de revolução inversa à existente na ferramenta. Aqui não pode ter lugar o movimento de avanço (não existe).

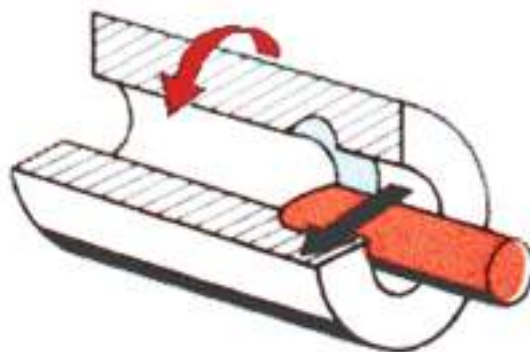


Figura 13 – Torneamento de forma interior.

### Abertura de rosca interior

A peça está animada de movimento de rotação. Primeiro é executado o movimento de penetração do lado interior da peça (posicionamento), o qual determina a profundidade de corte (profundidade da rosca).

Depois é executado o movimento de avanço da ferramenta de corte que, deslocando-se ao longo da superfície de revolução sempre paralelamente ao eixo da peça, com avanço constante e igual ao passo da rosca vezes o número de rotações remove uma camada de material, deixando para trás os filetes de rosca .

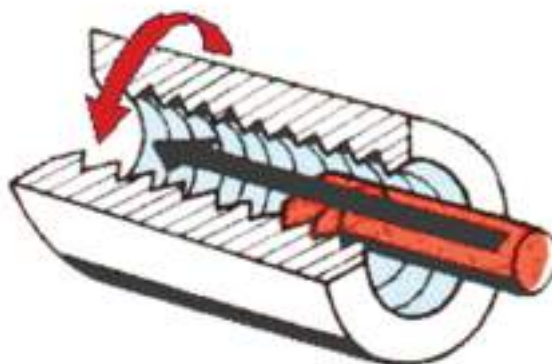


Figura 14 – Abertura de rosca interior.



## Outras Operações

### Recartilhagem

Operação sem arranque de aparas. Consiste no encalhamento do material conferindo uma superfície de revolução com determinada rugosidade.

Aplicado quando se pretende obter superfícies de revolução a qual vai ser rodada à mão.

Esta evita que os dedos escorreguem ao efetuar o movimento pretendido.

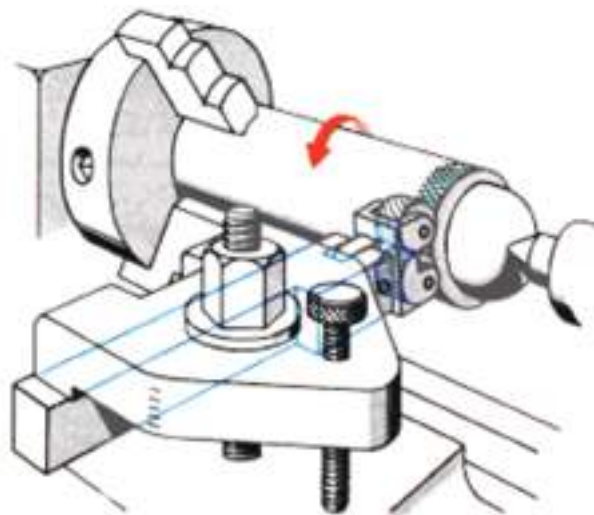


Figura 15 – Recartilhagem.

### Furação

Execução de furo com broca helicoidal. A peça está animada de movimento de rotação.

A broca está fixa no contraponto e faz o movimento de avanço.

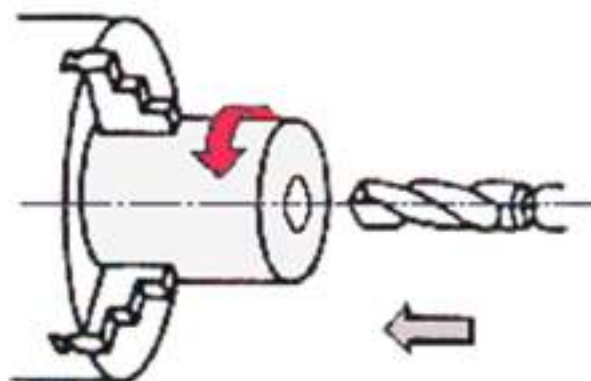


Figura 16 – Furação.



## Mandrilagem com mandril

Furo já existente com diâmetro inferior ao do mandril a ser usado. Mandrilagem do furo com mandril de máquina.

A peça está animada de movimento de rotação. O mandril está fixo no contraponto e faz o movimento de avanço.

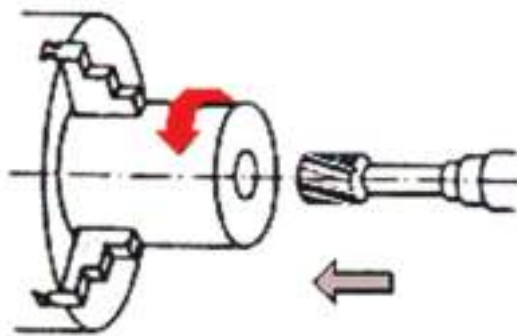


Figura 17 – Mandrilagem com mandril.

## Roscagem manual alinhada pelo contraponto

Operação de roscagem manual. O movimento de rotação da ferramenta (macho) é feito manualmente através do desandador. O movimento de avanço é feito naturalmente pela tração que o macho exerce sobre o contraponto o qual deve encontrar-se solto.

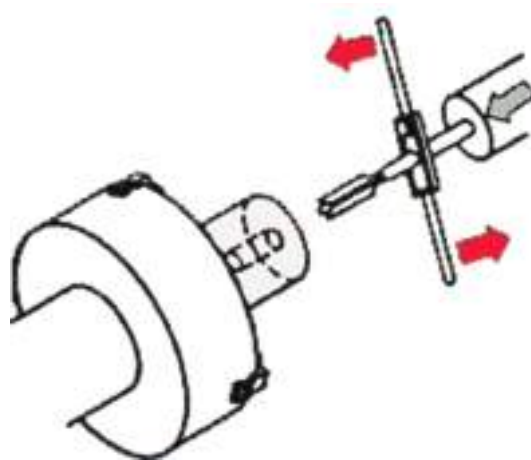


Figura 17 – Roscagem manual alinhada pelo contraponto.



# EXERCÍCIOS TEÓRICOS

**EXERCÍCIO 1.** O que entende por porta-ferramentas de um torno?

**EXERCÍCIO 2.** O que entende por apara?

**EXERCÍCIO 3.** Diga ao que se refere o movimento principal e o movimento de avanço durante o funcionamento do torno.

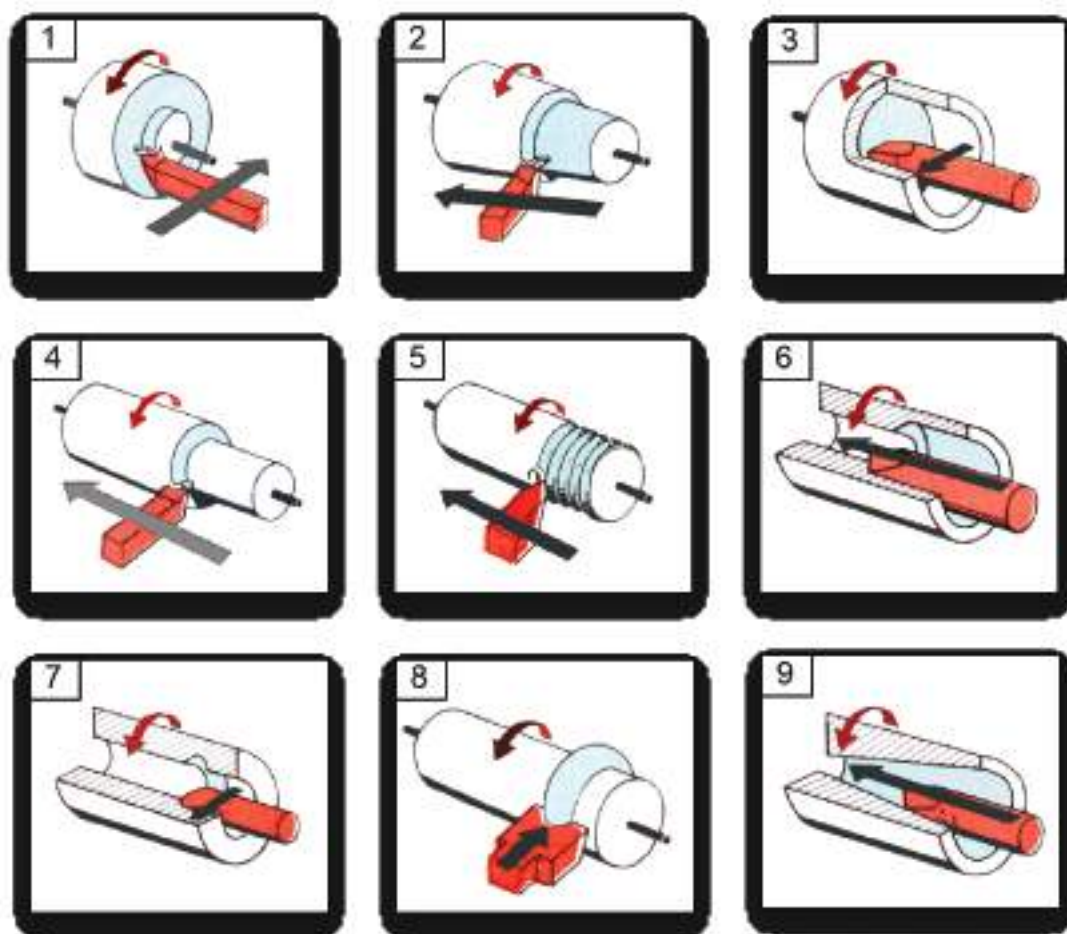
**EXERCÍCIO 4.** Diga qual das operações seguintes dizem respeito ao torneamento.

- a. Mandrilar;
- b. Fresar;
- c. Retificar;
- d. Sangrar;
- e. Recartilhar.

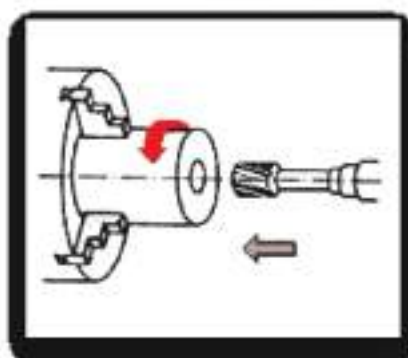
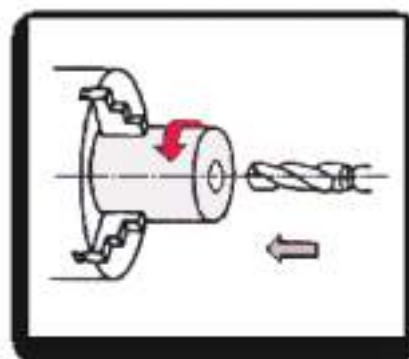
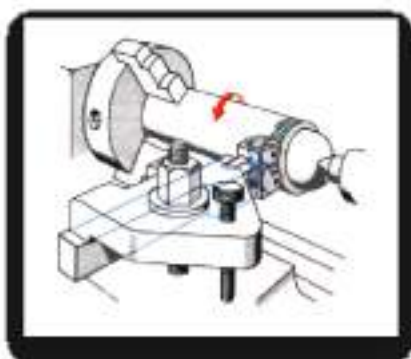
**EXERCÍCIO 5.** Considere as figuras seguintes. Digas a que operação corresponde cada uma delas:

- a. Torneamento cilíndrico exterior;
- b. Torneamento de faces exterior;
- c. Torneamento cônico exterior;
- d. Torneamento de forma exterior;
- e. Abertura de rosca exterior;
- f. Torneamento cilíndrico interior;
- g. Torneamento de faces interior;
- h. Torneamento cônico interior;
- i. Torneamento de forma interior;





EXERCÍCIO 6. Diga o nome das operações apresentadas nas figuras seguintes.





# TORNEAMENTO CÓNICO

O torneamento cónico consiste na execução de sólidos de revolução cujas geratrizes não são paralelas, mas que se encontram num ponto chamado vértice. Os trabalhos, de torneamento cónico dizem respeito à construção de troncos de cone que, em linguagem oficial, se designam apenas por cones.

## Cone de revolução

Um cone de revolução é o sólido gerado por um triângulo retângulo que roda em torno de um dos lados do ângulo reto (cateto), o qual constitui o eixo **XY** do cone.



Figura 1 – Cone de revolução.

## Tronco de cone

Um tronco de cone é o sólido gerado pela rotação de um trapézio retângulo, em torno da sua altura ( $h$ ), a qual constitui o eixo do tronco de cone.

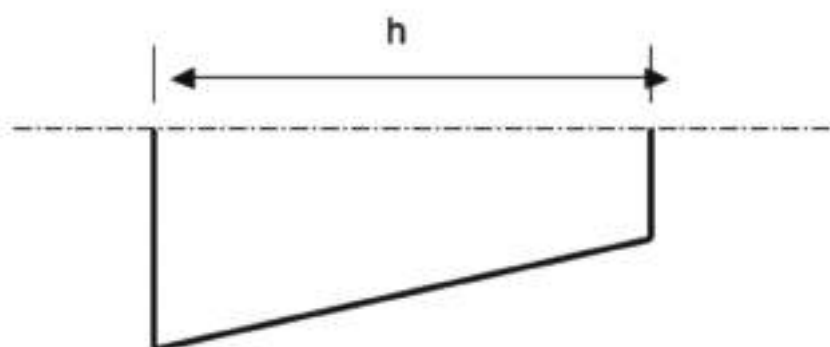


Figura 2 – Tronco de cone.



Os cones mais usuais estão normalizados tendo-se fixado as designações de conicidade ou cone 1 : K, de inclinação ou declive 1 : X. Assim, numa peça cônica, denomina-se conicidade ao quociente da diferença dos diâmetros, maior e menor, pelo comprimento do cone. Este valor pode exprimir-se em percentagem mas é mais vulgar indicar-se a grandeza cone 1 : K sobre a linha de eixo principal, significando que o diâmetro da secção do cone varia de 1 mm, para um comprimento de K mm.

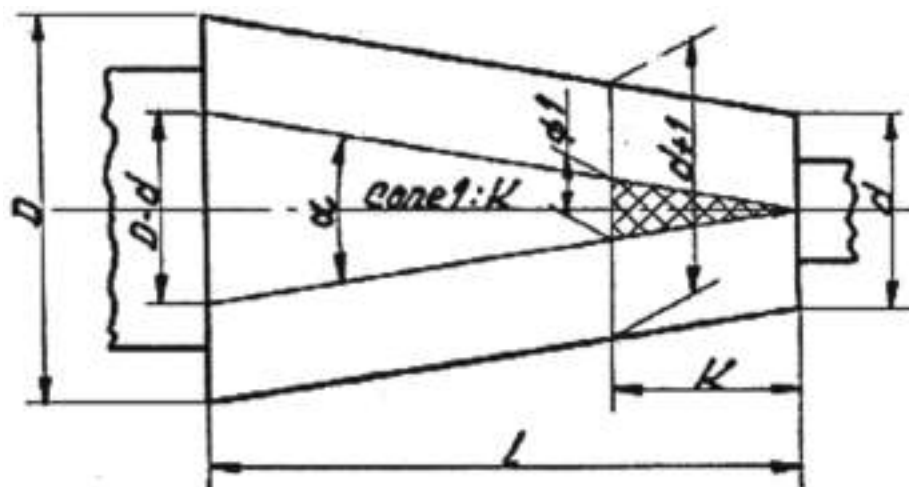


Figura 3 – Inclinação ou declive.

A inclinação ou declive é o quociente da diferença dos raios, maior e menor, pelo comprimento ou altura do cone. Corresponde, em trigonometria, à tangente do ângulo formado ( $\alpha$ ) ou ângulo de inclinação, que é igual a metade do ângulo no vértice do cone. Ou seja, a inclinação é igual a metade da conicidade.

Pode-se exprimir, também, em percentagem (%), mas é mais vulgar indicar-se a inclinação na geratriz superior do desenho.

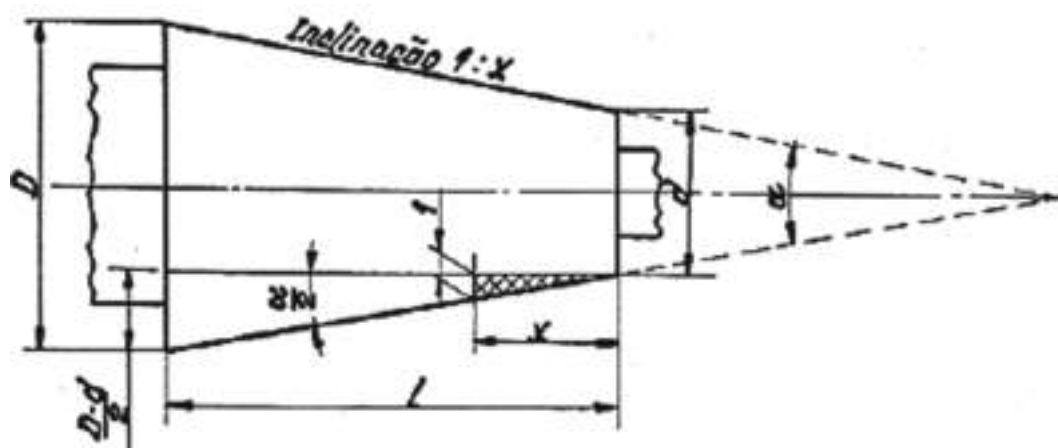


Figura 4 - Inclinação 1 : X.



Deste modo, a inclinação 1 : X significa que o raio da secção do cone varia de 1 mm para um comprimento correspondente a X mm.

**EXEMPLO.** Suponhamos que pretendemos determinar a conicidade, a inclinação e o ângulo do vértice de um tronco de cone em que

- diâmetro maior **D** = 60 mm
- diâmetro menor **d** = 40 mm
- comprimento **L** = 80 mm

Teremos :

$$\text{Cone } \frac{D - d}{L} = \frac{60 - 40}{80} = \frac{20}{80} = \frac{1}{4} \text{ ou } 1:4$$

$$\text{Inclinação } \frac{D - d}{2L} = \frac{60 - 40}{2 \times 80} = \frac{20}{160} = \frac{1}{8} \text{ ou } 1:8$$

$$\text{tg } \frac{\alpha}{2} = \frac{D - d}{2L} = \frac{60 - 40}{2 \times 80} = \frac{20}{160} = \frac{1}{8} = 0,125$$

Recorrendo a uma tabela de tangentes verifica-se que a 0,125 corresponde um ângulo de 7° 10' pelo que o ângulo do vértice do cone será de 14° 20'.

### *Método Operatório*

Existem quatro processos para a realização do torneamento cónico:

- Por orientação do carro superior porta-ferramentas;
- Por deslocação do cabeçote móvel;
- Com a régua inclinável e graduada (régua de cones);
- Por peça Padrão.



Qualquer que seja o processo de torneamento cônico utilizado, o gume da ferramenta deve encontrar-se, rigorosamente à altura do eixo dos pontos. Caso contrário, o cone obtido não será exatamente o cone que se pretende. A superfície torneada teria, como meridiano, não uma reta, mas uma curva.

Durante o processo de maquinação podemos prever o número de passagens a efetuar, em qualquer dos processos, da seguinte forma:

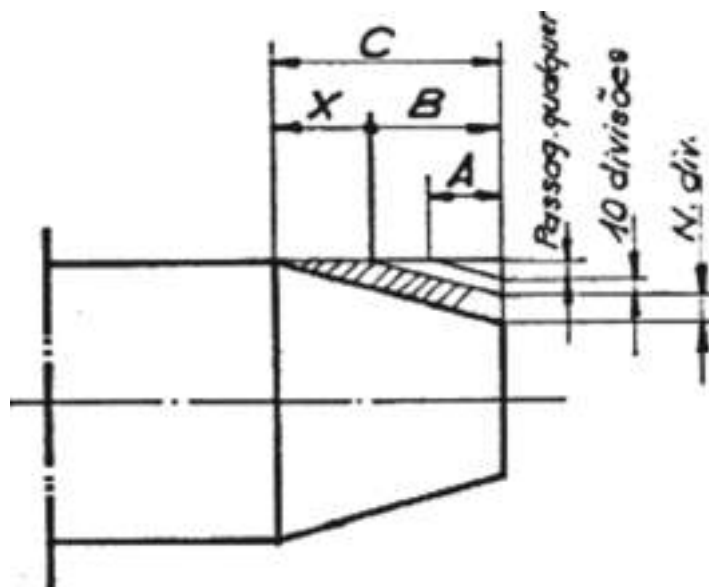


Figura 5 – Torneamento cônico.

1. Fazer uma passagem com uma profundidade qualquer e medir a distância **A**.
2. Colocar o limbo do tambor a zero, anulando as folgas.
3. Avançar um número simples de divisões - 10 - e executar uma passagem. Medir a distância **B**.
4. Subtrair de **B**, a quantidade **A**. Encontra-se a medida de 6,8 mm.
5. Determinar o comprimento a tornejar, para acabar o cone.

$$X = C - B = 10,2 \text{ mm}$$

6. Estabelecer uma regra de três simples
 

6,8 mm de comprimento do cone	-----	10 divisões
10,2 mm de comprimento do cone	-----	N divisões

Logo,

$$N = (10,2 \times 10) / 6,8 = 15 \text{ divisões}$$

7. É, portanto, necessário deslocar a espera transversal de mais 15 divisões.



## TORNEAMENTO CÓNICO POR ORIENTAÇÃO DO CARRO

### - Cálculo da inclinação

Este método só é prático no torneamento de peças com grande conicidade e de pouco comprimento e permite toronar só com avanço manual, tanto superfícies cónicas exteriores, como interiores mas de comprimento igual ao curso do carro.

Para a execução, podem dar-se dois casos:

- **1º Caso:** O cone é definido pelos seus diâmetros **D** e **d** e pelo seu comprimento **L** (Figura 6).

$$\operatorname{tg} \alpha = (D - d) / 2 \times L$$

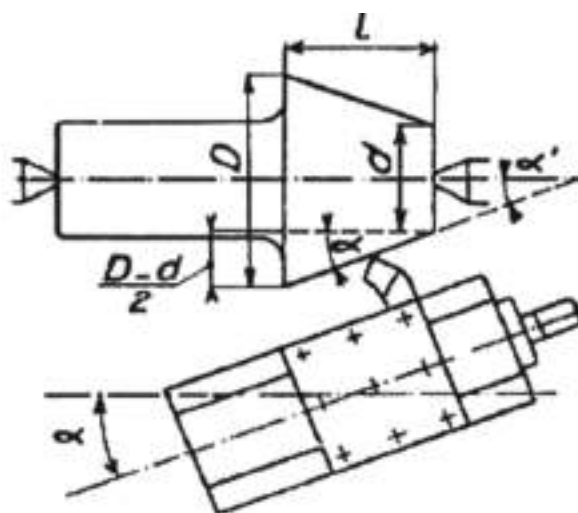


Figura 6 – Cone definido pelos diâmetros *D* e *d*.

**EXEMPLO.** Calcular o ângulo de inclinação da corredeira do carro porta-ferramentas, para executar o cone da Figura 7.

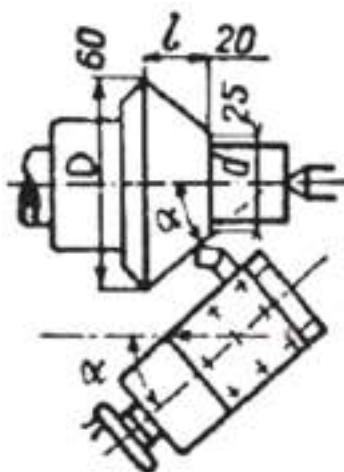


Figura 7 – Maquinação do cone.



$$\operatorname{tg} \alpha = (D - d) / 2 \times L = (60 - 25) / (2 \times 20) = 0,875$$

$$\alpha = 41^{\circ} 10'$$

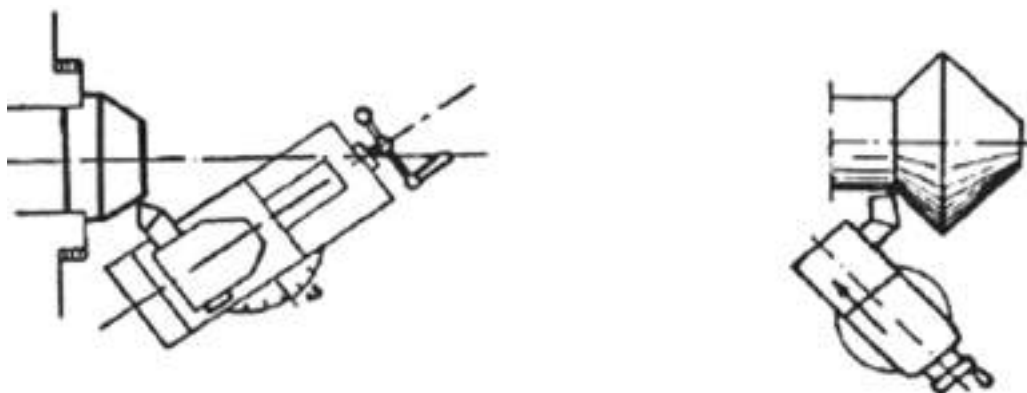


Figura 8 – Maquinação do cone.

- **2º Caso** – O cone é definido pela sua conicidade **c**, o diâmetro **D** e o comprimento **L**

$$\operatorname{tg} \alpha = c / 2$$

de onde se tira  $\alpha$ .

**EXEMPLO.** Determinar o ângulo de inclinação a dar à corrediça do carro portaferramentas, para tornear um cone.

$$\operatorname{tg} \alpha = c / 2 = 10\% / 2 = 0,1 / 2 = 0,05$$

$$\alpha = 2^{\circ} 52'$$

## CONES DE PEQUENA CONICIDADE

Na maior parte dos casos, os cones de acoplamento têm uma pequena conicidade. Nestes casos, devem aplicar-se fórmulas rápidas que dão diretamente o ângulo de inclinação, em graus e subdivisões decimais do grau, com uma aproximação suficiente. São fórmulas práticas, que dispensam o recurso a uma tabela de tangentes.

Esta prática só é aceitável para os cones que não ultrapassam 36% de conicidade (ângulo no vértice correspondente =  $20^{\circ} 24'$ ), determinando um ângulo de inclinação da corrediça de  $10^{\circ} 12'$ , no máximo (tangente correspondente = 0,18).

Acima destes valores, o erro, que aumenta com o ângulo, torna-se muito importante.



Para a sua execução, podem dar-se 2 casos:

- **1º Caso:** O cone é definido pelos seus diâmetros e pelo seu comprimento.

$$\alpha = ((D - d) / L) \times 28,65$$

em que  $\alpha$  = ângulo de inclinação.

**EXEMPLO.** Determinar o ângulo de inclinação da corrediça do carro porta-ferramentas, para executar o cone interior da figura seguinte.

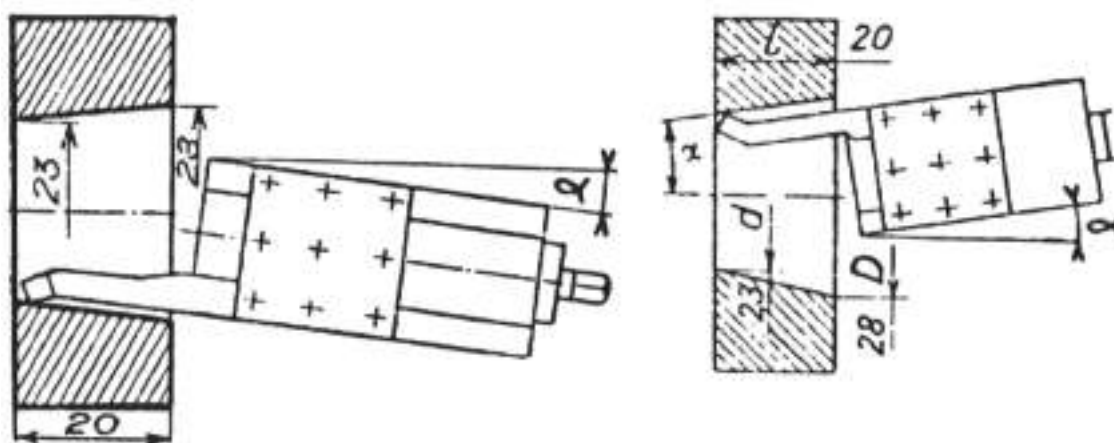


Figura 9 – Maquinação de um cone interior.

$$\alpha = 28,65 \times (28 - 23) / 20 = 28,65 \times 0,25 = 7,16^\circ$$

Convertendo o resultado em graus e minutos fica,

$$7^\circ + (16 \times 60') / 100 = 7^\circ 9'$$

- **2º Caso:** O cone é definido pela sua conicidade.

$$\alpha = c \times 28,65$$

em que  $\alpha$  – ângulo de inclinação

**EXEMPLO:** Dado um cone com uma conicidade de 15%, como mostra a figura seguinte, determinar o ângulo de inclinação da corrediça do carro.



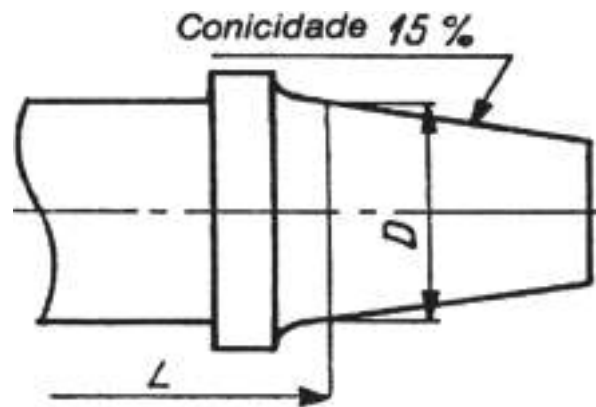


Figura 10 – Conicidade de 15%.

Conicidade de 15% =  $15 / 100 = 0,15$

$\alpha = c \times 28,65 = 0,15 \times 28,65 = 4,29^\circ$

Convertendo o resultado em graus e minutos fica,

$\alpha = 4^\circ + (29 \times 60') / 100 = 4^\circ 17'$

Para ângulos pequenos, até  $10^\circ$ , podemos considerar o comprimento do arco **ab** igual à tangente do ângulo  $\alpha$ , sem estarmos a criar um grande erro.

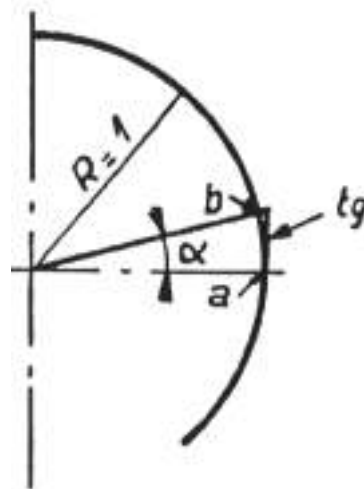


Figura 11 – Arco ab.

Consideremos uma circunferência de  $R = 1$ . O seu comprimento mede  $2\pi R$ .

A um ângulo ao centro  $\alpha$  corresponde um arco **ab** de comprimento **X**.

$$X = (2\pi R / 360) \times \alpha$$

$$\alpha = (360 \times X) / 2\pi R$$





$$\alpha = 57,29 \times X$$

E, uma vez que até cerca de  $10^\circ$  se pode considerar o arco e a tangente do ângulo  $\alpha$  como sendo iguais, pode escrever-se:

$$\alpha = 57,29 \times \text{tg } \alpha$$

$$\text{tg } \alpha = (D - d) / 2L = c / 2$$

$$\alpha = 57,29 \times (D - d) / 2L$$

$$= 28,65 \times (D - d) / L$$

$$\alpha = 57,29 \times (c / 2)$$

$$= 28,65 \times c$$

O comprimento de um arco correspondente a um ângulo de  $10^\circ$  é igual a 0,1745 (suposto o  $R = 1$ ) e o comprimento da tangente igual a 0,17633, ou seja, uma diferença de  $0,17633 - 0,1745 = 0,00183$  correspondente a um erro de cerca de  $6'$ , praticamente desprezável. Este erro é, com efeito, inferior às possibilidades de apreciação da orientação do carro porta-ferramentas.

Para  $\alpha = 5^\circ 30'$ , o erro não ultrapassa  $1'$ .

### TORNEAMENTO CÓNICO POR DESLOCAÇÃO DO CABEÇOTE MÓVEL

Este processo permite o torneamento automático pelo deslocamento do carro longitudinal e o da execução de cones de razoáveis comprimentos. Tem como desvantagem torner cones exteriores de pouca conicidade, pois o desalinhamento do cabeçote móvel não vai, geralmente, além dos 10 mm.

Pelo facto da sujeição da peça ser defeituosa (devido ao desalinhamento), os pontos cónicos de centragem sofrem deformações, o que implica correções constantes no reaperto do cabeçote móvel.

### CÁLCULO DO DESALINHAMENTO

Seja  $X$  o desalinhamento a dar ao contraponto, como mostra a figura seguinte. O eixo do cone é, teoricamente, a reta definida pelas extremidades **A** e **C**. Uma geratriz horizontal, **FH**, é paralela ao eixo inicial **AB**. Portanto, a reta **AC** deve fazer com o eixo inicial **AB**, um ângulo  $\alpha$ , igual ao semieixo no vértice do cone  $\alpha'$ .



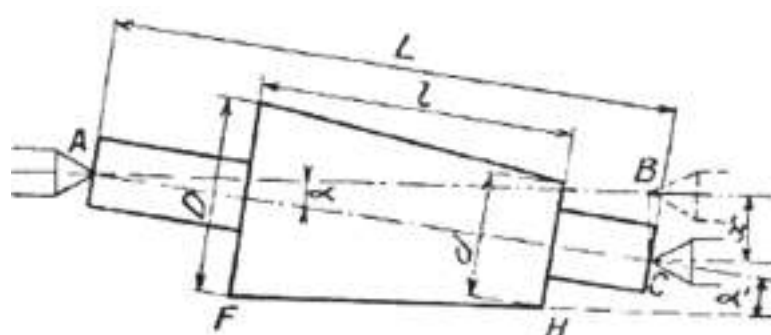


Figura 12 – Cálculo do desalinhamento.

O deslocamento **BC** do contraponto calcula-se perpendicularmente a **AB**.

No triângulo retângulo **[ABC]**:

$$BC = AC \times \text{sen } \alpha$$

$$X = L \times \text{sen } \alpha$$

mas, para os pequenos ângulos (até 10°), pode-se considerar a tangente igual ao seno do ângulo  $\alpha$  (o que é o mesmo, **EC** e **BC** na figura 13), de modo que:

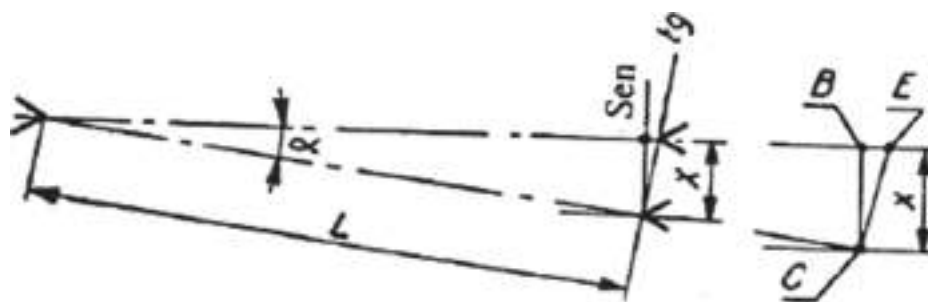


Figura 13 – Cálculo do desalinhamento.

$$X = L \times \text{tg } \alpha$$

Sabemos também que

$$\text{tg } \alpha = (D - d) / 2l = c / 2$$

Por conseguinte, será fácil conhecer o deslocamento a imprimir ao contraponto, seja quando se dão as dimensões do cone, seja quando é dada a conicidade e, também, o comprimento total **L** da peça.

**1º Caso:** O cone é definido pelas suas dimensões

$$X = ((D - d) / 2l) \times L$$



**2º Caso:** O cone é definido pela sua conicidade

$$X = (c / 2) \times L$$

**EXEMPLO.** Calcular o desalinhamento do contraponto para torneiar um cone com as seguintes dimensões:  $D = 28 \text{ mm}$ ;  $d = 25 \text{ mm}$ ;  $L = 300 \text{ mm}$ ;  $l = 125 \text{ mm}$ .

Aplicando a fórmula,

$$X = (28 - 25) / (2 \times 125) = 0,012 \times 300 = 3,6 \text{ mm}$$

**EXEMPLO.** Dado um cone com a conicidade de 5% (0,05), calcular o desalinhamento do contraponto, sabendo que o comprimento total da peça é de 200 mm.

Aplicando a fórmula,

$$X = 0,05 / 2 \times 200 = 0,025 \times 200 = 5 \text{ mm}$$

### Realização prática do desalinhamento

Alguns cabeçotes móveis estão munidos de uma graduação situada na base, com nónio por cima ou de um mostrador com ponteiro, colocado sobre o eixo do parafuso de desalinhamento, permitindo ler a medida diretamente e em fração de milímetro, aumentando a precisão da regulação.

No entanto, podem pôr-se algumas reservas: para realizar o desalinhamento é preciso desapertar no barramento o perno que imobiliza o cabeçote.

Por causa da possível folga entre as guias do barramento, a base pode ficar imobilizada, com uma ligeira obliquidade em relação à sua primeira posição. Daqui resulta um desvio do contraponto e, por conseguinte, um erro no ângulo do cone. Contudo, este contratempo não é de recear, se a guia do cabeçote móvel for prismática.

### DESALINHAMENTO POR MEIO DA RÉGUA INCLINÁVEL E GRADUADA (RÉGUA DE CONES)

Em certos tornos pode adaptar-se um aparelho, para torneamento cónico, que acompanha a máquina.

É utilizado da seguinte forma:

1. Depois de desapertar o parafuso **V** que sujeita a porca do parafuso transversal ao carro **H** (para libertar o carro é necessário, em certos casos, desmontar completamente o fuso de comando), fixa-se o tirante de acoplamento **R**, ao carro **H**.



2. Em seguida, fixa-se a tabela graduada **E**, ao barramento **A**, por intermédio dos braços de suporte (consolas) **C**.
3. Sobre a tabela **E** está colocada uma régua de guia **F**, na qual se desloca o indicador **B**, solidário com o tirante **R**.
4. A inclinação da régua **F** pode variar segundo o ângulo  $\alpha$  a formar com a peça.

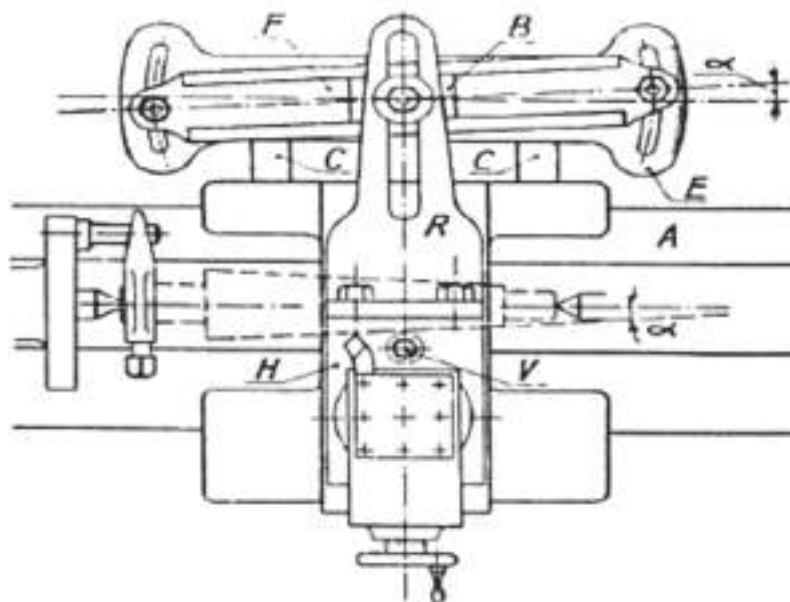


Figura 14 - desalinhamento por meio da régua inclinável e graduada.

Salvo no caso de um torno munido de duplo carro com guias ortogonais, isto é, em ângulo reto, como já não se dispõe do carro transversal, para efetuar passagens em profundidade coloca-se a corredeira porta-ferramentas perpendicular ao eixo do torno. Assim, o carro principal desloca-se, arrastando com ele o indicador **B** que, por sua vez, seguindo o caminho que lhe impõe a régua inclinada **F** desloca, transversalmente, o carro **H** e, ao mesmo tempo, a ferramenta.

O deslocamento angular da régua de sustentamento **F** é limitado a cerca de  $15^\circ$  para um lado e de  $0^\circ$  para o lado oposto. Ultrapassar estes valores angulares poderá provocar o empenamento do indicador na guia.

A inclinação da régua de guia calcula-se por meio das fórmulas indicadas no torneamento cónico, por orientação do carro.

Para  $X > 10^\circ$ ,

$$\operatorname{tg} \alpha = (D - d) / 2 L$$



Para  $X < 10^\circ$ ,

$$\alpha = ((D - d) / L) \times 28,65$$

### DESALINHAMENTO POR PEÇA PADRÃO

Podem também torneiar-se automaticamente, superfícies cónicas de grande comprimento por meio de um dispositivo que obriga a construir, para cada caso, um modelo (padrão) em aço temperado, com o declive conveniente.

Esta peça padrão, representada por **A** (reprodutor) está fixa numa extremidade por um eixo **a**, sobre uma braçadeira **B**, imobilizada no barramento em forma de luneta.

A outra extremidade está livre e apoiada na corredeira transversal.

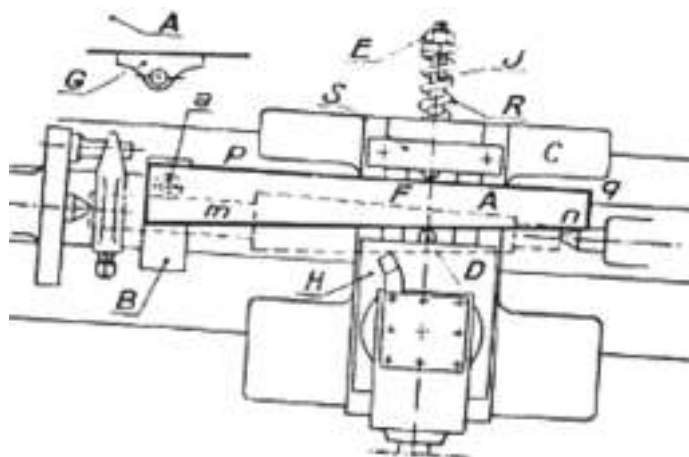


Figura 15 – Desalinhamento por peça padrão.

Com o parafuso de arrasto do carro transversal levantado introduz-se na sua rosca uma haste filetada que atravessa livremente o corpo **C** do carro principal.

Uma porca **E** metida em **J** permite regular a reação de uma mola **R**. Apoiando-se no carro principal **C**, esta mola impele para trás a porca **E**, a haste **J** e, por conseguinte, a corredeira **H**, cujo ponteiro **D** vem apoiar-se sobre o plano inclinado do reprodutor (padrão).

Um segundo ponteiro **F** que possui uma sapata **S**, fixa na guia transversal, mantém o lado **p q**, do reprodutor, paralelo às guias do barramento.

Uma ligeira ovalização, do furo da cavilha **a** facilita a realização do paralelismo.

Deslocando-se o carro principal, a ferramenta reproduz na peça o declive do modelo reprodutor. Podem substituir-se os ponteiros por indicadores retangulares **G**, montados sobre o eixo.



**EXEMPLO.** Tornear um cone, com as seguintes dimensões:  $D = 70 \text{ mm}$ ;  $d = 50 \text{ mm}$  e  $L = 400 \text{ mm}$ .

Para tal, construímos um reprodutor mais comprido que  $L$ , por exemplo, com  $600 \text{ mm}$ .

O declive da geratriz sobre o eixo é de:

$$\frac{\frac{D-d}{2}}{L} = \frac{70-50}{400} = 0,025$$

Quer dizer, que num comprimento de  $1 \text{ mm}$ , a medida da inclinação é de  $0,025 \text{ mm}$  ou de  $2,5 \text{ mm}$ , num comprimento de  $100 \text{ mm}$ .

Recorde-se que **declive** é o valor da inclinação duma superfície plana, em relação a um plano de base.

O declive determina-se pela tangente do ângulo  $\alpha$ , resultante da interceção da superfície plana com o plano de base (Figura da esquerda).

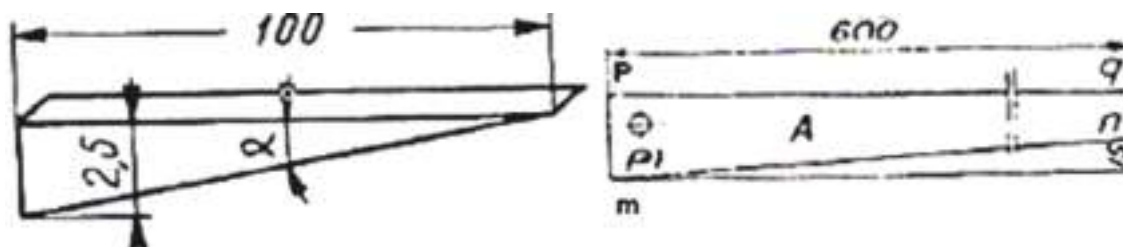


Figura 16 – Declive.

Tomar uma placa de dimensões suficientes, desbastar cuidadosamente, um lado **pq** (Figura em cima da direita).

De seguida, traçar com o esquadro de encosto, dois traços **pm** e **qn**, perpendiculares a **pq** e distantes  $600 \text{ mm}$ .

Levantar dum lado uma altura conveniente, **pm** e do outro, uma altura **qn**, tal que

$$qn = pm - (pq \times \text{declive})$$

$$qn = pm - (600 \times 0,025) = pm - 15$$

Podemos, então, construir o plano inclinado (rampa) **mn**.



## VERIFICAÇÃO E CONTROLO

### Verificação da Regulação da Inclinação da Corrediça

Com a peça torneada entre pontos (ou com uma barra do mesmo comprimento) e perfeitamente cilíndrica desloca-se a ferramenta ou um comparador, que é mais correto, depois de o ter posto em contacto com a peça, num comprimento  $l'$ , registado no mostrador e verificar-se-á, pelas indicações do mostrador do carro transversal (ou pelas que são fornecidas pelo comparador), se a ferramenta efetuou, de facto, o avanço  $e$ , calculado pela fórmula:

$$e = l' \times \text{sen } \alpha \quad (1)$$

em que  $\alpha$  - ângulo de inclinação da corrediça, é determinado por uma das fórmulas já descritas anteriormente.

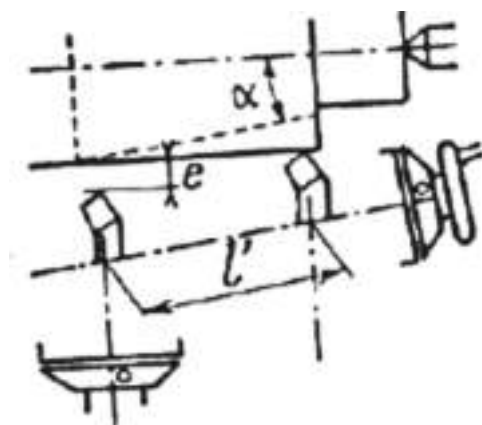


Figura 17 - Verificação da regulação da inclinação da corrediça.

Adotar para  $l'$ , uma cota inteira (um múltiplo do passo do parafuso), tão grande quanto possível para facilitar e tornar os cálculos mais precisos. Por esta razão, os mostradores graduados serão levados a zero antes das manobras de controlo do deslocamento da ferramenta.

Por exemplo, depois de se ter levado a ferramenta até ficar tangente à peça, no fim do percurso  $l'$  (Figura seguinte) observam-se 20 divisões sobre o mostrador indicador do deslocamento  $C$ .

Se a rotação de uma divisão diante da marca fixa  $R$  corresponde a um deslocamento de 0,05 mm (5/100 de mm) conclui-se que a ferramenta se deslocou  $e = 1$  mm, que deverá estar de acordo com o valor de  $e$ , obtido através da fórmula (1).



Caso seja diferente, deve-se corrigir em conformidade a regulação da corrediça do carro porta-ferramentas.

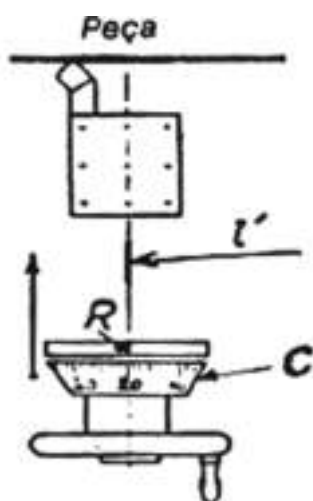


Figura 18 - Verificação da regulação da inclinação da corrediça.

## Verificação da Conicidade

É indispensável verificar a conicidade da superfície cônica antes de atingir a cota definitiva e de corrigir, se for caso disso, a inclinação da corrediça porta-ferramentas ou o desalinhamento do cabeçote móvel ou os órgãos interessados.

O padrão utilizado é, conforme o caso, um calibre cônico retificado, macho ou fêmea (Figura 19), ou seja, uma peça macho ou fêmea já torneada que se ajusta à peça em curso de execução.

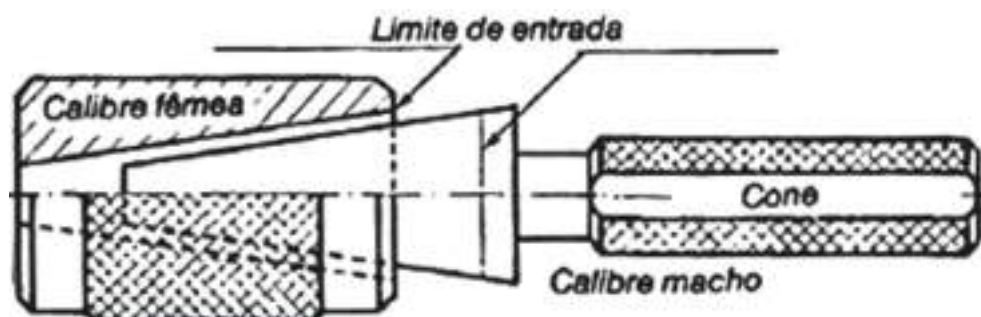


Figura 19 – Verificação da conicidade.

Se não se verificar nenhuma oscilação entre uma e outra peça, ao efetuar-se a penetração (Figura 20), pode passar-se à operação de reajustamento.





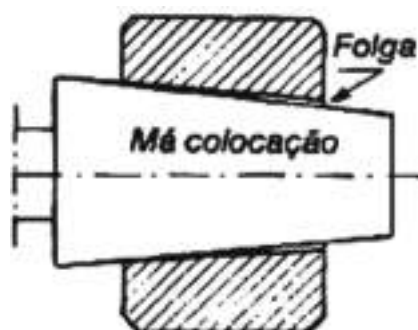


Figura 20 – Reajustamento.

A margem de penetração a reservar antes dos ensaios de comprovação deve ser tanto maior quanto mais pequena é a conicidade, sendo a introdução, neste caso, muito pronunciada para uma pequena profundidade de passe: 4 mm para uma profundidade de passe de 0,1 mm num cone de 5 % de conicidade (semi-ângulo no vértice: cerca de  $1^{\circ} 26'$ , caso de um casquilho do cone Morse).

### AJUSTAMENTO

Procede-se através de pequenas passagens sucessivas sendo cada uma delas seguida dum nova verificação no calibre. Para este efeito, traça-se a giz ou com lápis grosso dois ou três traços finos, segundo 2 ou 3 geratrizes do cone macho.

De seguida, introduz-se este na perfuração e procede-se ao seu lento torneamento. Se se constatar que os traços não se apagam, a não ser numa das extremidades, ajusta-se definitivamente a posição da corrediça ou do contraponto.

Se, pelo contrário, os traços foram apagados ou arrastados a todo o comprimento, o ajustamento é correto. Resta realizar o trabalho de acabamento na cota exata.

Se os traços se apagaram, ao mesmo tempo, nas duas extremidades do cone (Figura 21), deve-se verificar a regulação do suporte em altura.

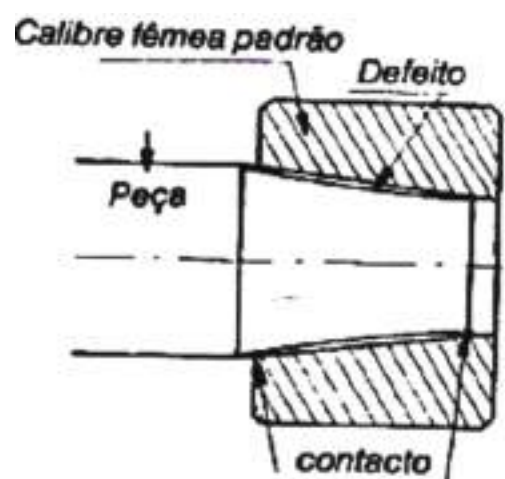


Figura 21 – Ajustamento.



### *Verificação e Controlo dos Cones*

As superfícies cónicas de revolução são utilizadas para os encabadouros de suportes e nos conjuntos mecânicos desmontáveis, para os quais se exige uma concentricidade rigorosa dos elementos.

Na oficina, a medida exata das peças cónicas consegue-se através de peças cilíndricas complementares (cilindros tangentes ou bitolas) e cunhas padrão de extremidades paralelas (chamadas cunhas de Johansson).



*Figura 22 – Encabadouro.*

Em geral, mede-se o cone macho e ajusta-se, em seguida, o cone fêmea sobre o macho conhecido. Nos trabalhos em série usa-se, tanto num como no outro caso, calibres fêmeas ou calibres machos temperados e retificados.

O exame dimensional de um tronco de cone é feito através das duas operações principais seguintes:

1. O controlo da conicidade ou do ângulo  $\alpha$ .
2. A medida do diâmetro de penetração numa secção normal, de posição determinada em relação a uma das bases.

### **DETERMINAÇÃO DO DIÂMETRO MENOR DE UM CONE POR MEDIDA INDIRECTA**

Na impossibilidade de medir o diâmetro menor de um cone, eis como se pode operar para determinar se ele está na medida exigida:

- Apoiar o cone (Figura 23) sobre um calço T (ou aplicar uma anilha contra a face terminal da base menor).
- Por meio de um paquímetro com as esperas apoiadas a direito sobre o calço (ou contra a anilha), marcar a medida  $d'$  do cone, atendendo à espessura  $E$  dos bicos do calibre, como mostra a figura 23.



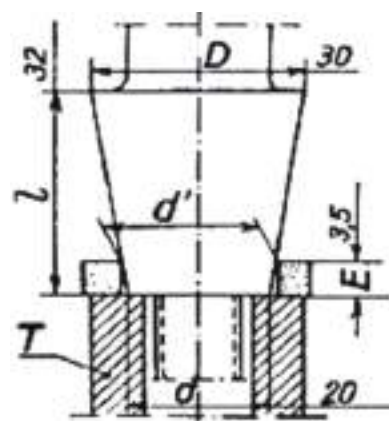


Figura 23 - determinação do diâmetro menor de um cone por medida indireta.

Sendo conhecido  $d$  (ver o cálculo dos elementos do cone, em função de valores conhecidos) pode-se, com a fórmula seguinte, saber se o diâmetro da base menor está na cota pedida, considerando  $d'$  em função de  $d$ :

$d$  está na cota de  $d'$  medir:

$$d' = d \times \frac{(D - d) \times E}{l}$$

$$d' = 20 \times ((30 - 20) \times 3,5) / 32$$

$$d' = 21,09 \text{ mm}$$

Se o cone for definido pela sua conicidade,

$$d' = D - (l - E)$$

ou ainda

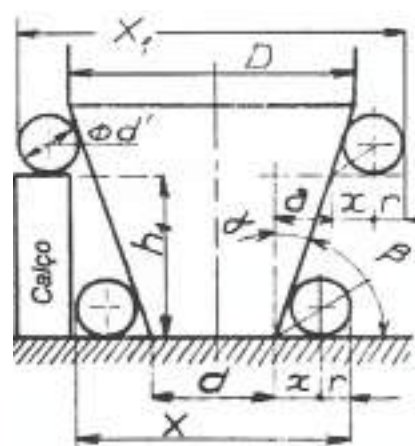
$$d' = d \times (c \times E)$$

## VERIFICAÇÃO DOS DIÂMETROS DE UM CONE

### Medida por meio de cilindros tangentes

Um cone exterior pode ser medido utilizando duas bitolas cilíndricas perfeitamente calibradas, de  $\varnothing d'$  definido e duas cunhas (Johansson, de altura apropriada  $h$ ).

Figura 24 – Verificação dos diâmetros de um cone:  
 $X$  e  $X_1$  - Cotas a ler fora das bitolas;  $\alpha$  - Semi-ângulo no vértice do cone.



$$\operatorname{tg} \alpha = (D - d) / 2l = c / 2$$

$$X = d + 2x + d'$$

$$X_1 = d + 2a + 2x + d'$$

Nestas fórmulas,

$$X = r \times \operatorname{cotg} (\beta / 2)$$

e

$$\beta = 90^\circ - \alpha$$

$$a = h_1 \times \operatorname{tg} \alpha$$

No caso de bitolas dispostas sobre uma dupla série de cunhas, segundo as Figuras 25 e 26

$$X = d + 2a + 2x + d'$$

com

$$a = h \times \operatorname{tg} \alpha$$

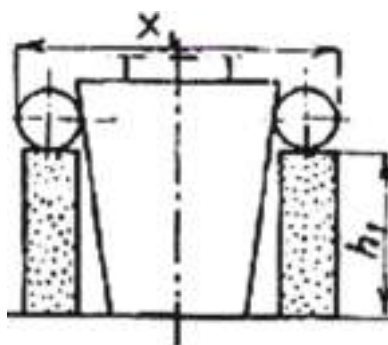


Figura 25 - Bitolas dispostas sobre uma dupla série de cunhas.

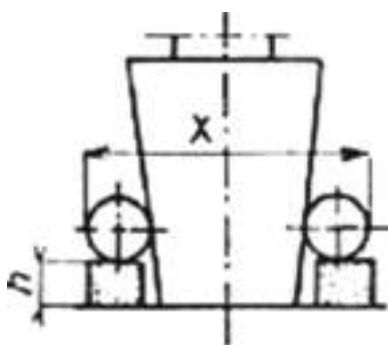


Figura 26 - Bitolas dispostas sobre uma dupla série de cunhas.

**EXEMPLO.** Verificar um cone com  $D = 30 \text{ mm}$ ;  $d = 20 \text{ mm}$ ; altura do cone  $l = 32 \text{ mm}$ , com as bitolas de  $8 \text{ mm}$  de diâmetro e duas cunhas de  $28 \text{ mm}$  de comprimento (Figura 24).



Cálculo de  $\alpha$

$$\operatorname{tg} \alpha = (D - d) / 2 l = (30 - 20) / (2 \times 32) = 0,1562$$

$$\alpha = \operatorname{arc} \operatorname{tg} 0,1562 = 8^{\circ} 53'$$

Cálculo de  $\beta$

$$\beta = 90^{\circ} - \alpha = 90^{\circ} - 8^{\circ} 53' = 81^{\circ} 7'$$

$$\beta / 2 = 81^{\circ} 7' / 2 = 40^{\circ} 33'$$

Cálculo de  $x$

$$x = r \times \operatorname{cotg} \beta / 2 = 4 \times \operatorname{cotg} 40^{\circ} 33' = 4 \times 1,1688 = 4,675 \text{ mm}$$

Cálculo de  $a$

$$a = h_1 \times \operatorname{tg} \alpha = 28 \times 0,1562 = 4,373 \text{ mm}$$

Cálculo de  $X$

$$X = d + 2 a + 2 x + d' = 20 + (2 \times 4,373) + 8 = 37,35 \text{ mm}$$

Cálculo de  $X_1$

$$X_1 = d + 2a + 2x + d' = 20 + (2 \times 4,373) + (2 \times 4,675) + 8 = 46,1 \text{ mm}$$

### CONTROLO DA CONICIDADE

Este controlo deve permitir verificar a conicidade em curso de fabricação antes mesmo de obter as cotas de rigor. Pode-se, na falta de um padrão para verificação da conicidade, utilizar um dos métodos seguintes:

#### Verificação por meio de bitola e de cunhas

Mede-se a conicidade  $c$ , com o dispositivo das figuras 25 e 26, recorrendo à fórmula seguinte:

$$c = \frac{X_1 - X}{h_1 - h}$$

donde

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{c}{2} = \frac{X_1 - X}{2(h_1 - h)}$$



sendo  $\alpha$  – semi-ângulo no vértice do cone invertido.

### Verificação por meio de um paquímetro

Mede-se o cone diretamente como paquímetro, segundo o dispositivo da Figura 27, utilizando a fórmula seguinte:

$$c = (D - d) / l$$

de onde se tira que

$$\text{tg } \alpha = c / 2 = (D - d) / 2 l$$

sendo  $\alpha$  – semi-ângulo no vértice do cone invertido.

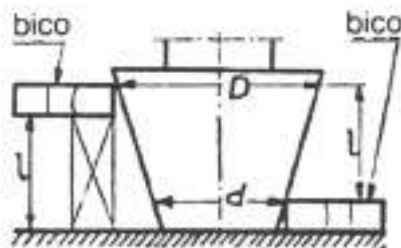


Figura 27 - Verificação por meio de um paquímetro.

### Verificação de um cone no torno

Para controlar a conicidade pode-se proceder à verificação com fundamento no método indicado na Figura 28, colocando a peça colocada entre pontos. Fixa-se um comparador na torre porta-ferramentas, com o palpador regulado à altura do eixo dos pontos.

Depois de ter posto o palpador em contacto com a peça, em a e trazido o disco graduado a zero, desloca-se o carro principal à mão, de um comprimento  $l'$ , ligeiramente inferior ao do cone (comprimento controlado por meio de uma cunha C, na dimensão devida ou com um indicador dos comprimentos, se o carro principal o tiver).

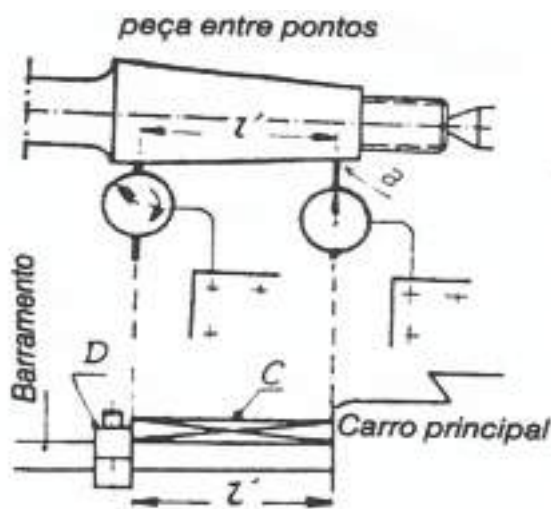


Figura 28 - Verificação de um cone no torno.



Verifica-se então pelas indicações do comparador, se o palpador efetuou no comprimento  $l'$  o deslocamento  $x$  correspondente à diferença dos raios do cone, o deslocamento calculado com uma das fórmulas seguintes:

$$x = \frac{D - d}{2l} \times l'$$

ou

$$x = \frac{c}{2} \times l'$$

em que

D – Diâmetro da base maior

d – Diâmetro da base menor

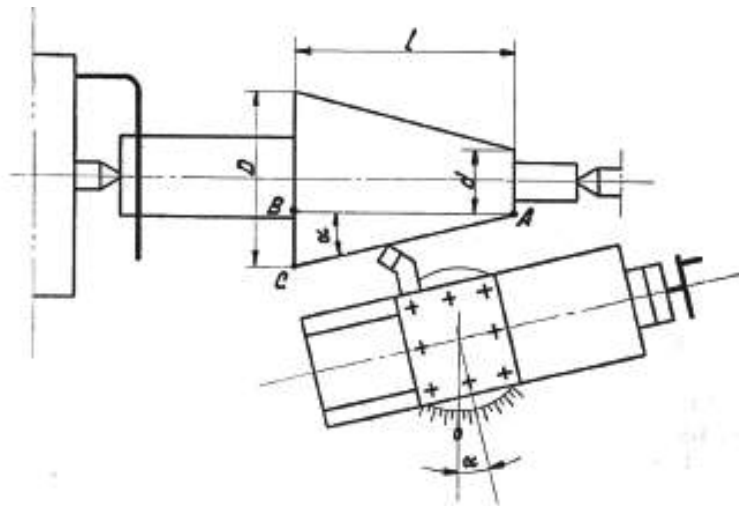
l – comprimento ou altura do cone



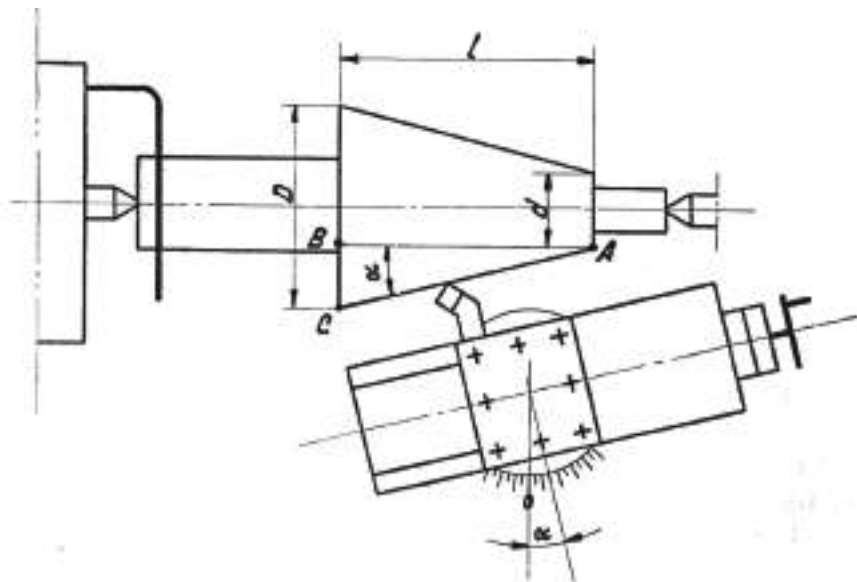
# EXERCÍCIOS TEÓRICOS

## TORNEAMENTO CÔNICO POR ORIENTAÇÃO DO CARRO SUPERIOR (ESPERA) PORTA-FERRAMENTA

**EXERCÍCIO 1.** Determinar o ângulo de inclinação a dar à espera porta-ferramenta para executar a parte cônica de uma peça cujo diâmetro maior mede 80 mm e o menor 30 mm. O comprimento da peça entre aqueles dois diâmetros é de 25 mm.



**EXERCÍCIO 2.** Calcular o ângulo a marcar no limbo da espera porta-ferramenta de um torno para executar um cone interior definido pelas seguintes indicações no desenho:  $D = 58 \text{ mm}$ ;  $l = 32 \text{ mm}$ ; cone = 1 : 5.



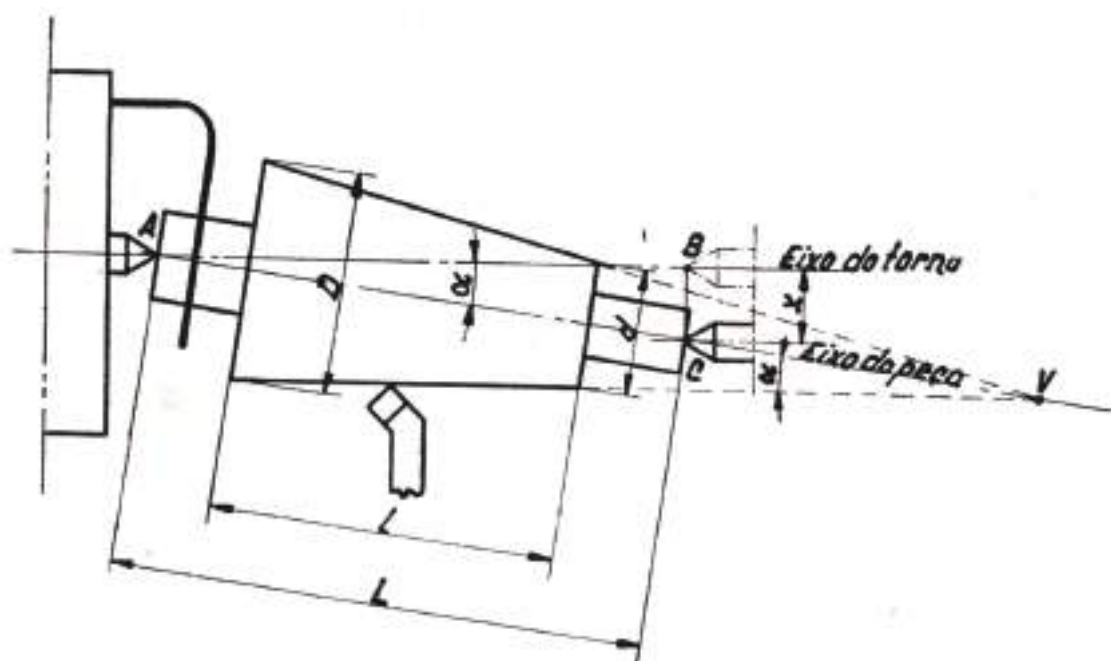


**EXERCÍCIO 3.** Pretende-se executar um cone com 26 mm de diâmetro maior, 22 mm de diâmetro menor e o comprimento de 30 mm entre faces. Determinar o ângulo de inclinação a dar à espera do torno.

**EXERCÍCIO 4.** Determinar o ângulo de inclinação a dar à espera porta-ferramenta do torno para executar um cone que tenha 18% de conicidade.

### TORNEAMENTO CÔNICO POR DESLOCAÇÃO DO CABEÇOTE MÓVEL

**EXERCÍCIO 5.** Calcular o afastamento a dar ao cabeçote móvel para se torneiar uma peça cônica com o comprimento total de 450 mm e cujo desenho indica ter a parte cônica 320 mm, o diâmetro maior 36 mm e o diâmetro menor 30 mm.

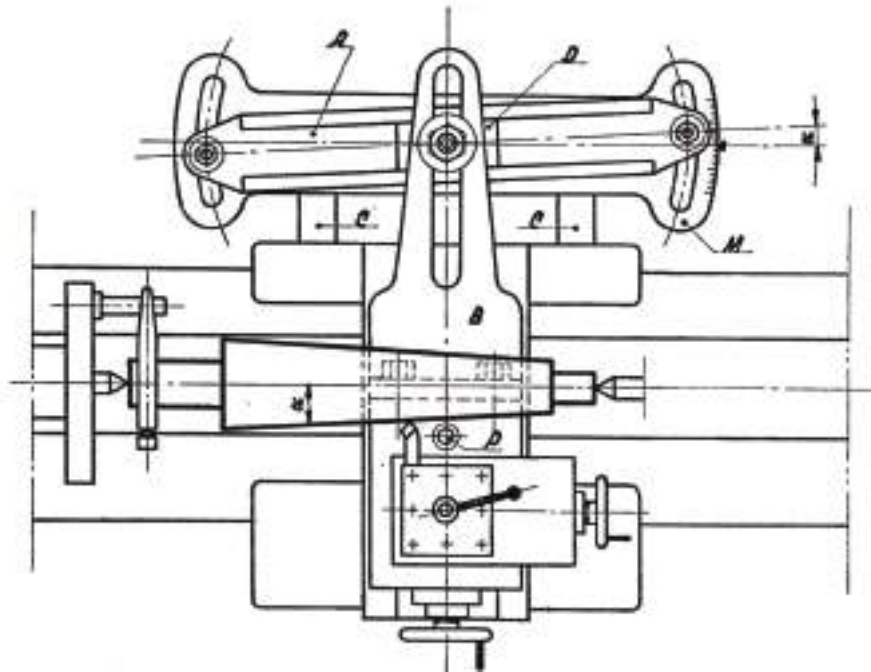


**EXERCÍCIO 6.** Uma peça com 335 mm de comprimento destina-se a ser torneada entre pontos de modo a ficar com uma conicidade de 4%. Calcular o afastamento a dar ao cabeçote móvel para a sua maquinação.



## TORNEAMENTO CÔNICO COM RÉGUA DE CONES

**EXERCÍCIO 7.** Determinar o ângulo a marcar na régua de cones para o torneamento entrepontos de um veio de diâmetro 40 mm que termina por um cone de diâmetro na ponta 22 mm e comprimento 40 mm.



**EXERCÍCIO 8.** Pretende-se toronar entrepontos utilizando a régua de sutamento (régua de cones) uma série de peças cónicas cuja conicidade é de 9%. Calcular o valor do ângulo a marcar naquele aparelho.



# ROSCAGEM

## ROSCAS

**Roscas** são ranhuras e relevos superficiais de forma helicoidal situadas no exterior (parafusos) e no interior (porcas) de cilindros (rosca cilíndrica).

As roscas são normalizadas para facilitar a força de elementos roscados e também o seu fabrico. As normas de roscas determinam a forma do perfil do filete, as suas dimensões, bem como o passo e as dimensões correspondentes a determinados diâmetros exteriores de parafusos.

A rosca mais utilizada é a rosca direita, gerada mediante movimento helicoidal direito (girando no sentido dos ponteiros do relógio produz-se movimento de avanço segundo o eixo). Em alguns casos é usada a rosca esquerda gerada mediante movimento helicoidal esquerdo. Como regra simples, basta colocar o parafuso na posição vertical e verificar:

- Se os filetes descem da esquerda para a direita, a rosca é esquerda;
- Se os filetes descem da direita para a esquerda, a rosca é direita.

## ELEMENTOS FUNDAMENTAIS DE UMA ROSCA

Como elementos fundamentais de uma rosca temos:

**Eixo da rosca** – é o eixo do cilindro roscado.

**Filete da rosca** - é o sólido prismático, muito longo, que está enrolado segundo uma hélice sobre o cilindro.

**Número de entradas** - é o número de filetes que constituem a rosca, podendo ser rosca simples ou múltipla.

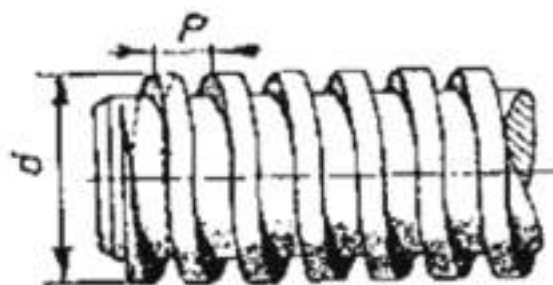


Figura 1 - Rosca simples.



Uma **rosca simples** ou rosca de uma entrada é a rosca constituída por um só filete (Figura 1). Uma **rosca múltipla** (dupla, tripla, etc.) ou de duas entradas, três entradas, etc., é a rosca constituída por 2, 3 ou mais filetes (Figura 2).

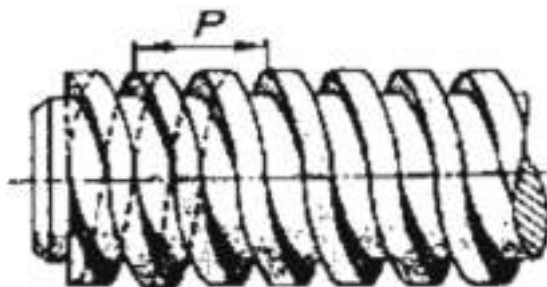
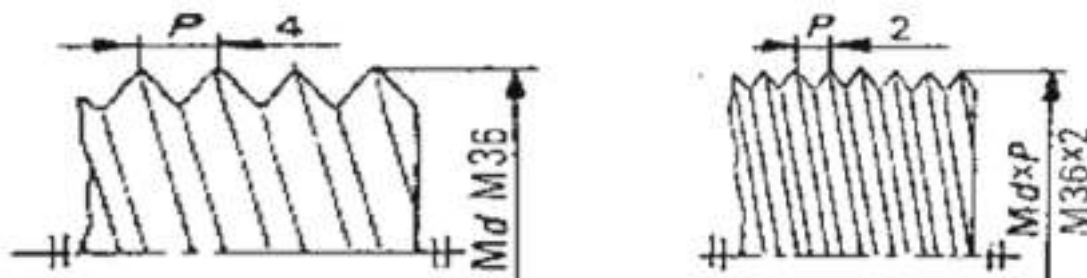


Figura 2 - Rosca dupla (duas Entradas)

**Diâmetro nominal ( $d$ )** - é o maior diâmetro da rosca exterior (parafuso), o que corresponde ao diâmetro do fundo do filete da rosca interior (porca).



**Passo ( $P$ )** - é a distância ente dois filetes consecutivos. Podem existir os passos grossos e finos. Passos grosso é o passo de uma utilização corrente (Figura 3). Passos finos são passos menores que os passos grossos (Figura 4).

**Núcleo da rosca** - é o cilindro que constitui a base da rosca sendo o seu diâmetro, o diâmetro interno da rosca.

**Perfil da rosca** - é a linha que limita a secção da rosca feita por um plano que contém o eixo.

As roscas são classificadas principalmente pelo seu **perfil**:

- Roscas triangulares, que podem ser:
  - o Roscas métricas;
  - o Roscas withworth;
  - o Roscas “gás”;



- Roscas quadradas;
- Roscas redondas;
- Roscas de dente de serra;
- Roscas trapezoidais;
- Roscas elétricas.

## ABERTURA DE ROSCADO NUM TORNO

Para o roscado, ou a abertura de roscas no torno, trabalho também conhecido nas oficinas mecânicas por **roscagem** e **filetagem** (de filete - fio de rosca), o movimento do carro tem de ser automático, pois é intuitivo que, com comando manual, é humanamente impossível obter um movimento uniforme do carro de modo que, combinado com o movimento uniforme de rotação, dê um movimento helicoidal, como sabemos.

É que, para um roscado perfeito, o movimento de translação deve estar relacionado rigorosamente com o movimento de rotação, visto que o passo da hélice deve corresponder sempre a uma rotação completa. Isto consegue-se no movimento automático do trabalho de desbastar ou cilindrar, cujo carro adquire o seu movimento de translação a partir da transmissão do movimento do veio principal. Simplesmente, aqui, não há necessidade duma sincronização rigorosa entre o movimento de rotação e o de translação já que, apenas, o trabalho consiste em retirar uma camada ou capa de material numa ou em várias passagens, podendo o avanço (movimento transversal do carro por cada rotação), ser aproximado.

Em contrapartida, na abertura duma rosca, ou roscagem, esse avanço tem de ser o mais rigoroso possível, pois é ele que dá o passo **p** da rosca requerida.

Por tudo isto, o avanço do carro deve ser comandado por um veio roscado de passo muito rigoroso que designamos, como sabemos, por **fuso**.

A fim de evitar o desgaste deste veio não deve fazer-se a sua utilização nos trabalhos de desbastar e alisar já que o torno possui um veio semelhante designado por vara para a execução daqueles trabalhos. Quando se pretende abrir roscados engata-se a porca de metades e desengatam-se as engrenagens de desbastar e, pelo contrário, quando se quer desbastar, alisar ou cilindrar, desengata-se a porca de metades do fuso e engata-se o sistema de engrenagens da vara.



E do conhecimento geral que existem tornos que têm apenas um veio de transmissão para o movimento do carro. Igualmente existem tornos em que o próprio fuso tem estrias e, ao mesmo tempo que nele engrena a porca de metades, engrena também um carrete cónico ou um segmento de sem-fim, comandados pelas estrias que acionam o sistema de engrenagens para o trabalho de desbastar.

Posto isto, podemos dizer que, antes da execução do trabalho de roscado propriamente dito, há que preparar previamente a máquina para o efeito para o que se consideram as fases seguintes:

1. Preparação do torno para o avanço escolhido.
2. Preparação do torno para a velocidade de corte adequada.
3. Colocação e sujeição da peça a roscar.
4. Colocação e sujeição da ferramenta.

A preparação do torno para a execução dum trabalho de roscado é ditada, fundamentalmente, pelo tipo de máquina de que dispomos. Assim, podemos distinguir os casos seguintes:

1. O torno não possui caixa Norton nem caixa de roscas e avanços, realizando-se a transmissão do movimento ao fuso por intermédio dum conjunto ou trem de rodas dentadas montadas na grade.
2. O torno possui caixa Norton.
3. O torno possui caixa de roscas e avanços.
4. O torno possui caixa de roscas e avanços mas não tem grade para a montagem do trem de rodas dentadas.

Em virtude do âmbito desta obra apenas consideraremos o primeiro caso que consiste em determinar, por cálculo, os números de dentes das rodas necessárias a montar na grade para a execução do trabalho.



### Passo do fuso

Já vimos que o fuso permite não só dar avanço ao carro principal como, também, abrir roscas. A tendência atual para a utilização geral do Sistema Métrico em todo o mundo fez com que as roscas dos fusos dos tornos modernos sejam, na sua maioria, dadas em milímetros, ao passo que os fusos antigos tinham todos a rosca em polegadas.

Também já sabemos que a transmissão do movimento ao fuso se realiza por meio de engrenagens, cujas rodas se têm de mudar conforme o passo da rosca a abrir, rodas essas designadas por **rodas de muda**, as quais podem ser comandadas manual ou mecanicamente. Assim, para determinadas relações de transmissão impossíveis de realizar por meio das alavancas de velocidades, são montadas no lado esquerdo do torno, num suporte ou dispositivo metálico ranhurado chamado **grade**, as rodas de muda que as permitem efetuar (Figura 5).

As rodas mandantes (R. M.) são as rodas **z1** e **z2**; as rodas mandadas (r. m.) são as rodas **z'1** e **z'2**. A roda **z1** é montada no veio do cabeçote que corresponde, nos tornos mais modernos, ao veio intermédio chamado, como vimos, veio de muda; as rodas **z'1** e **z2** são montadas na grade e a roda **z'2** no fuso.

Casos há em que, para resolver o problema, será preciso um conjunto ou trem de seis rodas (três mandantes e três mandadas) mas, de um modo geral, bastará um trem de quatro rodas (Figura 5) ou, às vezes, um conjunto de, somente, duas rodas (uma mandante e outra mandada), com qualquer intermédia.

Além destas rodas mandantes e mandadas há, por vezes, necessidade de incluir no jogo de rodas, umas outras que não têm influência na relação de transmissão e que servem, apenas, para estabelecer a ligação entre as mandantes e as mandadas ou, então, para inverter o sentido de rotação entre uma mandante e uma mandada. Outras vezes necessitamos de utilizar rodas intermédias para ganhar a distância entre a roda mandante e a roda mandada. Assim, se no conjunto obtido, a roda mandante tiver transmitido à mandada um sentido contrário ao que pretendemos, tiramos uma roda intermédia ou acrescentamos mais uma.

Às rodas intermédias dá-se também a designação de **rodas parasitas** e distinguem-se num conjunto porque engrenam sempre com duas rodas ao mesmo tempo, ao contrário do que sucede com as mandantes ou mandadas, que engrenam sempre com uma ou outra roda.



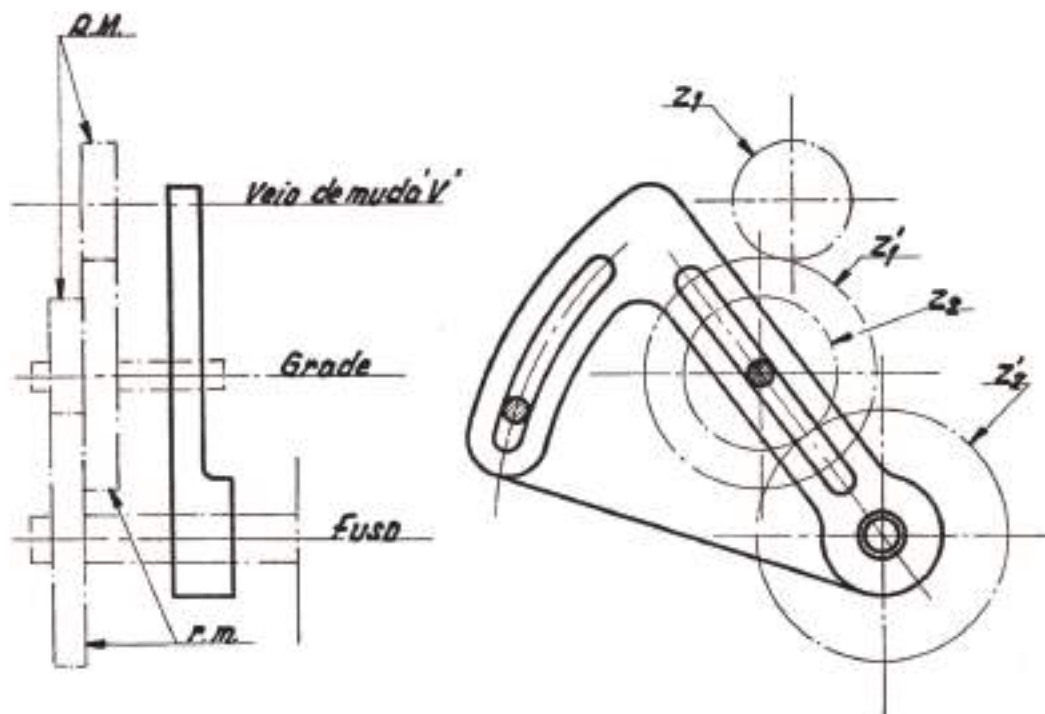


Figura 5 – Rodas de muda e grade de um torno.

Suponhamos que se pretende abrir uma rosca de  $i''$  num torno cujo fuso tem, também,  $i''$  de passo. Não há multiplicação nas rodas de comando do fuso, isto é, o fuso recebe o movimento direto do veio do cabeçote por intermédio de duas rodas iguais (com quaisquer intermédias) ou seja, com a relação de transmissão de  $1 : 1$ . Esquemáticamente seriam como mostra a Figura 6.

Nestas condições, o passo assim obtido é o que o torno daria com rodas de muda iguais e é este o passo com que vamos entrar no cálculo com a designação de **passo do fuso Pt**. Assim, o fuso e a árvore do torno, devem girar com a mesma velocidade e, portanto, por cada rotação da árvore o carro desloca-se de  $1''$ .

Agora, se quisermos abrir uma rosca de  $2''$  no mesmo torno, o carro terá de avançar  $2''$  por cada rotação da árvore ou seja, que o fuso deverá dar 2 rotações por cada rotação daquela árvore. Quer dizer, a roda mandante (R. M.) deve ter o dobro do número de dentes da roda mandada (r. m.) montada no fuso.

Do mesmo modo, se pretendêssemos abrir uma rosca de  $1/2''$  neste mesmo torno, por cada rotação da árvore o carro teria de avançar  $1/2''$ , ou seja, a árvore deveria dar 2 rotações por cada rotação do fuso, isto é, a roda mandante (R. M.) deverá ter metade do número de dentes da roda mandada (r. m.).





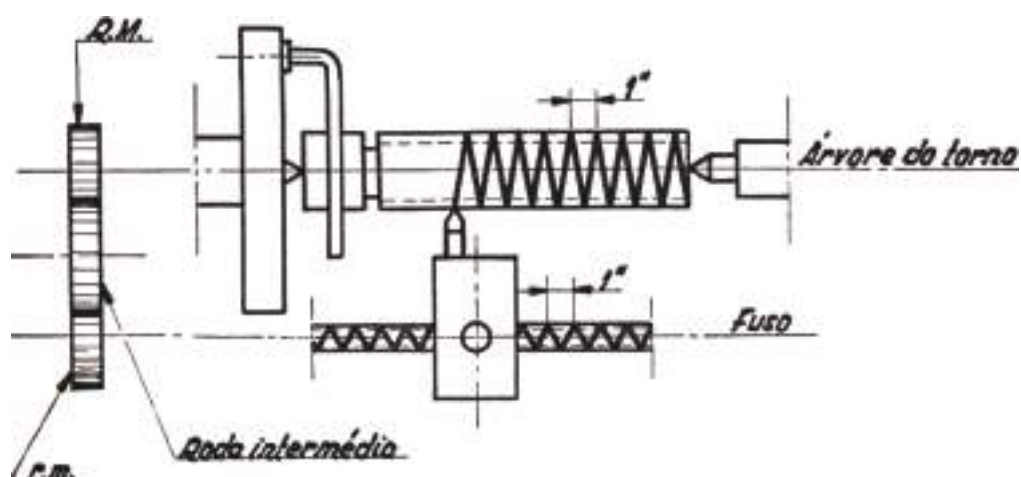


Figura 6 – Realização prática do passo de rosca.

Das considerações acima expostas vemos que, se designarmos por **P** o passo de rosca que pretendemos abrir; por **P<sub>t</sub>** o passo do fuso; por **n'** o número de voltas do fuso e por **n** o número de voltas da árvore do torno, os passos estão na razão inversa dos números de voltas pois, como sabemos da Mecânica, é

$$P \times n = P_t \times n'$$

Daqui, tiramos a relação de transmissão seguinte:

$$n' / n = z_1 / z'_1$$

Igualando as duas expressões vemos que:

$$p_o / p_f = z_1 / z'_1$$

Esta é a fórmula fundamental que utilizaremos no que adiante vamos expor e que, se a solução obtida não for possível somente com duas rodas (uma mandante e outra mandada) se poderá generalizar dizendo que o passo da rosca a abrir está para o passo do fuso, assim como os produtos dos números de dentes das rodas mandantes está para o produto dos números de dentes das rodas mandadas, ou seja:

$$p_o / p_f = (z_1 \times z_2 \times z_3 \times \dots) / (z'_1 \times z'_2 \times z'_3 \times \dots) = R.M. / r.m.$$

em que  $z_1, z_2, z_3, \dots$  representam os números de dentes das rodas mandantes e  $z'_1, z'_2, z'_3, \dots$  os das rodas mandadas.



Porém, em certos tornos, podem existir entre a árvore e o fuso determinadas engrenagens intermédias que, muitas vezes, são difíceis de ver, especialmente nos tornos com caixas de avanços que possuam muitas rodas algumas encobertas por tampas impedindo a contagem dos dentes. Quando isto acontece há que determinar a relação de transmissão e, para este efeito, procede-se à abertura de uma rosca de prova com rodas de muda que deem a relação de transmissão 1 : 1. É claro que o passo assim obtido é o que o torno daria sem rodas de muda e é o que devemos utilizar para o cálculo com a designação de **constante do torno Ct**, isto é, o passo do fuso afetado da relação de transmissão das rodas intermédias fixas (da engrenagem de inversão ou da engrenagem dos avanços).

Evidentemente que a fórmula fundamental é ainda válida já que, em vez de **passo do fuso Pt**, se deverá pôr **constante do torno Ct**, pelo que poderemos escrever :

$$p_a / C_t = R.M. / r.m. = (z_1 \times z_2 \times z_3 \times \dots) / (z'_1 \times z'_2 \times z'_3 \times \dots)$$

A rosca do fuso pode ser, como já se disse, de passo métrico ou de passo inglês e o seu perfil ser quadrado ou trapezoidal sendo este o mais utilizado. Normalmente, os passos de rosca métrica utilizados nos fusos dos tornos são: 4, 6, 12 e 24 mm; os passos de rosca inglesa costumam ser: 4 e 2 fios por polegada (1/4" e 1/2").

Normalmente, nos jogos de rodas de muda, estas têm um número de dentes múltiplo de 5, começando em 15 e terminando em 80 nos tornos mais potentes, e em 125 nos tornos mais pequenos. Isto não quer dizer que não existam construtores de tornos que forneçam as suas máquinas com outros conjuntos de rodas de variados números de dentes como, por exemplo: 32, 35, 40, 44, 48, 50, 51, 56, 64, 72, 80, 88, 96, 104, 112, 120, 127, 128.

Para fazer a conversão de rosca métrica em rosca inglesa ou vice-versa, isto é, abrir uma rosca métrica num torno com o passo do fuso em medidas inglesas, ou abrir uma rosca em passo inglês num torno que tenha o fuso com passo métrico, é fornecido com o jogo de rodas de muda uma roda de 127 dentes (25,4 x 5 = 127).

Nos tornos mais potentes, em vez da roda de 127 dentes que seria muito grande, é fornecida uma roda de 63 dentes para resolver os problemas de conversão acima expostos mas utilizando uma fração de valor aproximado.



Nos exemplos seguintes, para simplicidade de cálculo, vamos supor que o jogo de rodas de muda disponível varia de 5 em 5, começando em 15 e terminando em 125 dentes.

### *Marcha do Cálculo*

Suponhamos que no torno da Figura 6 se pretende abrir uma rosca com 1/2" de passo. Neste caso, escreveremos :

$$p_o / C_t = R.M. / r.m. = ((1 / 2) / 1 = 1 / 2$$

A fim de escolhermos as rodas com números de dentes disponíveis nas rodas do jogo teremos de transformar aquela fração sem lhe alterar o valor o que, matematicamente, se pode fazer multiplicando o numerador e o denominador pelo mesmo número, de modo que os produtos resultantes deem números de dentes das rodas do jogo. Assim, por exemplo, multiplicando ambos os termos por 20, ou 30, ou 35, ou 40, etc., obter-se-ia :

$$R.M. / r.m. = z_1 / z'_1 = (1 \times 20) / (2 \times 20) = 20 / 40$$

$$R.M. / r.m. = z_1 / z'_1 = (1 \times 25) / (2 \times 25) = 25 / 50$$

$$R.M. / r.m. = z_1 / z'_1 = (1 \times 30) / (2 \times 30) = 30 / 60$$

$$R.M. / r.m. = z_1 / z'_1 = (1 \times 35) / (2 \times 35) = 35 / 70$$

$$R.M. / r.m. = z_1 / z'_1 = (1 \times 40) / (2 \times 40) = 40 / 80$$

*etc.*

Tomando, por exemplo, este último resultado, monta-se a roda de 40 dentes (R. M.) no veio do torno (veio de muda) e a de 80 dentes (r. m.) no fuso enquanto que, na grade, se monta uma roda intermédia, ou parasita, com qualquer número de dentes, a fim de fazer a ligação (ganhar distância) entre os dois veios e manter o mesmo sentido de rotação da roda mandante.

Se, por acaso, a relação de transmissão é grande, não é possível aplicar só duas rodas com uma intermédia. Há que decompor a fração em duas ou mesmo três, obtendo-se, então, um trem com quatro ou seis rodas dentadas.

Suponhamos, então, que tínhamos uma relação de transmissão de 1/15. Multiplicando o numerador e o denominador por 15 (número de dentes da roda mais pequena do jogo) viria:



$$z_1 / z'_1 = 1 / 15 = (1 \times 15) / (15 \times 15) = 15 / 225$$

Evidentemente que não temos rodas com 225 dentes pelo que teremos de separar a fração em duas, fazendo a sua decomposição em fatores como, por exemplo :

$$R.M. / r.m. = 1 / 15 = (1 / 3) \times (1 / 5)$$

Agora, multiplicando os numeradores e os denominadores por números devidamente escolhidos de modo a obterem-se rodas contidas no jogo, teremos, por exemplo:

$$\begin{aligned} R.M. / r.m. &= (z_1 \times z_2) / (z'_1 \times z'_2) \\ &= 1 / 15 \\ &= ((1 \times 30) / (3 \times 30)) \times ((1 \times 25) / (5 \times 25)) \\ &= (30 / 90) \times (25 / 125) \end{aligned}$$

Assim, as rodas de 30 e 25 dentes são mandantes e as rodas de 90 e 125 dentes são mandadas. Estas rodas montam-se como indicámos na Figura 5.

Também, como sabemos da Matemática, não é obrigatório que sejam os números que ficam um por baixo do outro os multiplicados pelo mesmo fator; a relação de transmissão não se altera se escrevermos:

$$(z_1 \times z_2) / (z'_1 \times z'_2) = ((1 \times 25) / (3 \times 30)) \times ((1 \times 30) / (5 \times 25)) = (25 / 90) \times (30 / 125)$$

Como vemos, as rodas de 25 e 30 dentes continuam a ser as mandantes e as rodas de 90 e 125 dentes as mandadas.



# EXERCÍCIOS TEÓRICOS

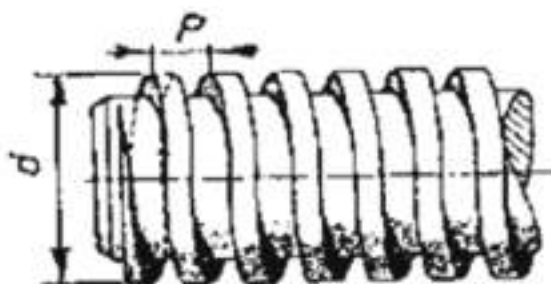
**EXERCÍCIO 1.** O que são as roscas?

**EXERCÍCIO 2.** Complete as frases colocando as palavras **esquerda** e **direita** nos espaços corretos.

A rosca mais utilizada é a rosca \_\_\_\_\_ gerada mediante movimento helicoidal direito (girando no sentido dos ponteiros do relógio produz-se movimento de avanço segundo o eixo). Em alguns casos é usada a rosca \_\_\_\_\_ gerada mediante movimento helicoidal esquerdo. Como regra simples, basta colocar o parafuso na posição vertical e verificar:

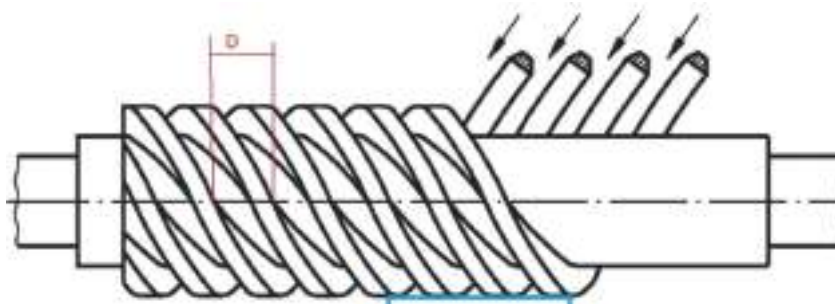
- Se os filetes descem da esquerda para a direita, a rosca é \_\_\_\_\_;
- Se os filetes descem da direita para a esquerda, a rosca é \_\_\_\_\_.

**EXERCÍCIO 3.** Considere a figura de uma rosca simples.



Diga qual o significado das letras **d** e **P**.

**EXERCÍCIO 4.** Considere a rosca da figura seguinte. De que tipo de rosca se trata?



**EXERCÍCIO 5.** As roscas podem ser classificadas pelo seu perfil. Indique três tipos de perfis de roscas que conhece.

**EXERCÍCIO 6.** Pretende-se abrir uma rosca de  $5/16''$  num torno em que o fuso tem o passo de  $1/2''$ . Calcular as rodas de muda necessárias e descrever a sua montagem.

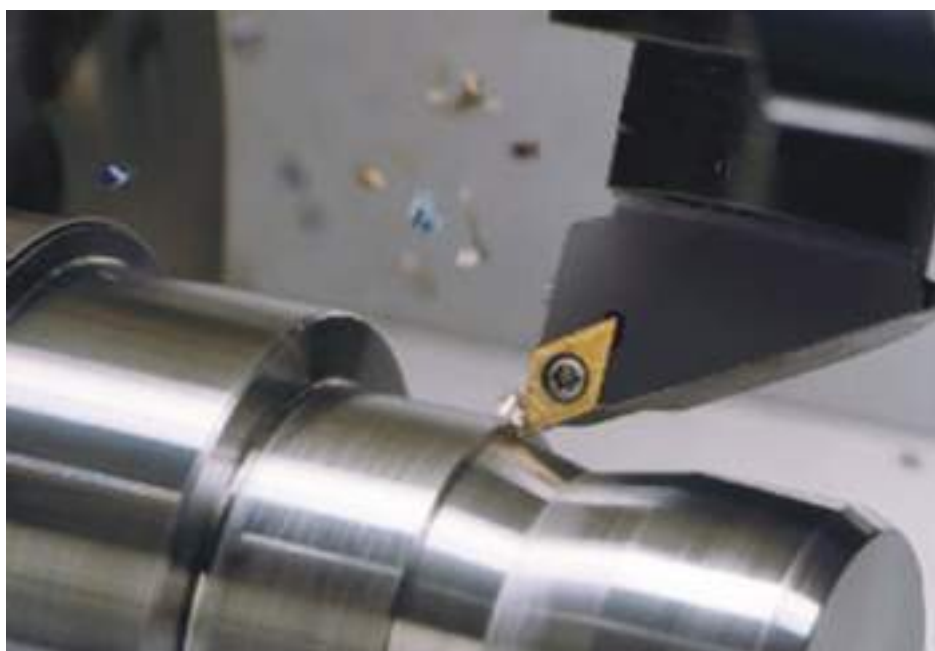
**EXERCÍCIO 7.** Num torno, cujo passo do fuso tem 2 fios por polegada, quais as rodas de muda a montar para abrir um roscado com 14 fios por polegada?



# TORNEAMENTO CILÍNDRICO

## *TORNEAMENTO CILÍNDRICO EXTERIOR*

A peça em bruto é colocada no torno de forma a que gire ao maquinar-se, dando-se à ferramenta de corte o avanço no sentido longitudinal e estritamente paralelo ao eixo dos pontos do torno.



*Figura 1 – Torneamento exterior.*

Para efetuar as operações de torneamento cilíndrico empregam-se ferramentas para toronar. Primeiro utilizam-se as ferramentas de desbaste que, como o nome indica, têm a finalidade de proceder ao desbaste inicial da peça. As ferramentas para toronar geralmente são constituídas por uma plaquete aparafusada ou soldada ao suporte. Os suportes curvos são muito úteis para toronar superfícies das peças porque, além do trabalho de torneado simples, permite também o torneado da face da peça.

As ferramentas de acabamento de torneados cilíndricos empregam-se para dar um acabamento mais uniforme à peça ou peças torneadas, visto que a primeira ferramenta usada (ferramenta de desbaste) deixa a superfície torneada com algumas irregularidades. A Figura 2 mostra vários tipos de ferramentas de desbaste.



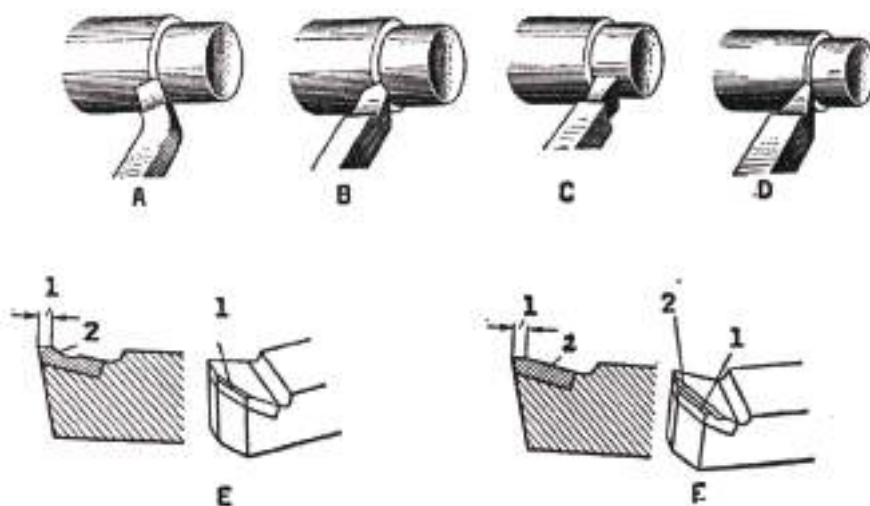
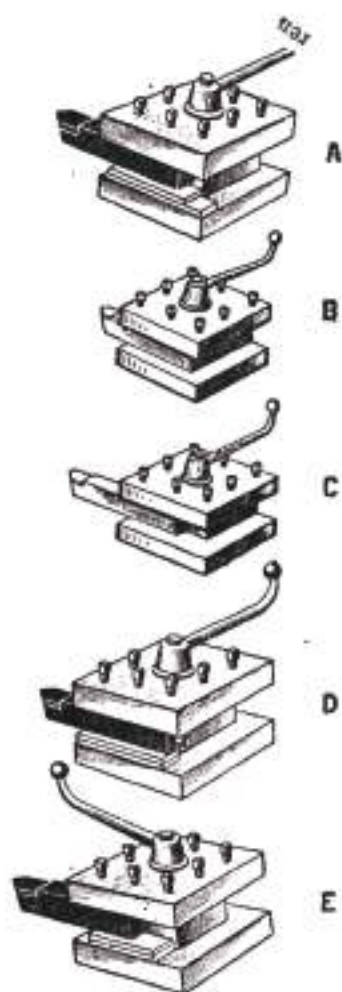


Figura 2 – A - Ferramenta encurvada para desbaste; B - Ferramenta reta para desbaste; C - Ferramenta para torneamentos finos com fio largo; D - Ferramenta para torneamentos finos com fio normal; E e F – Formas de afiadores das ferramentas: 1 – Chanfros; 2 – Ranhuras.



Antes de se proceder ao torneamento é necessário colocar a ferramenta no porta-ferramentas de forma correta. O aperto do corpo não deve ser superior a 1,5 vezes à altura para evitar que as vibrações durante o corte provoquem ondulações e um mau acabamento da superfície que está a ser maquinada. Na maior parte dos casos, é aconselhável colocar a ponta da navalha à altura da linha entre pontos do torno. Para tal, colocam-se calços por baixo da superfície de apoio da ferramenta (Figura 3).

Figura 3 – Formas de fixar a ferramenta no porta-ferramentas: B – Correta; D – Utilização de calços; A, C e E – Incorreto.





A fixação da ferramenta no porta-ferramentas deve ser sólida e segura, devendo esta ser apertada por pelo menos dois parafusos. A refrigeração do torno deve ser ligada antes ou no momento em que a ferramenta começa a ser utilizada para evitar que o seu fio de corte atinja temperaturas elevadas e se desgaste prematuramente.

O torneamento das superfícies faz-se normalmente em dois passos. Primeiro, desbasta-se a parte exterior da peça numa proporção de 2 a 5 mm por diâmetro para um aproximação às dimensões finais da peça. Depois, procede-se ao resto da maquinação numa proporção de 1 a 2 mm por diâmetro.

O diâmetro desejado da peça é obtido pela colocação da ferramenta na posição que corresponda à profundidade de corte necessária usando, para isso, o avanço longitudinal e a manivela do fuso do avanço transversal, de forma a que a ponta da ferramenta se coloque em contacto com a superfície da peça.

No torneamento longitudinal utilizam-se ferramentas de desbaste e de acabamento, como mostra a Figura 3.

### *Medição de Peças Cilíndricas Exteriores*

Existem vários instrumentos de medida usados para esta finalidade. O instrumento de medida mais utilizado pelo torneiro mecânico é o paquímetro. Ao utilizarmos este instrumento temos de verificar se as suas faces de contacto se encontram num plano perpendicular ao da peça a ser medida. Para tal, deve-se pressionar o paquímetro o suficiente para que não haja folga entre as suas superfícies de contacto com as superfícies da peça que vão ser medidas.



*Figura 4 – Paquímetro.*

Quando se trata de peças que exijam uma grande precisão, a sua medição deve ser feita com as peças depois de arrefecidas, de preferência à temperatura ambiente.



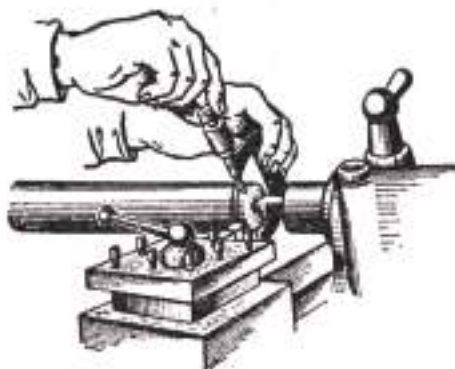
Todas as medições com o paquímetro devem ser feitas com o torno parado, para evitar leituras incorretas e provocar danos no paquímetro.

O paquímetro pode ser utilizado também para medir superfícies interiores e profundidades.

Quando se pretende medir com maior precisão, podemos recorrer aos micrómetros (Figura 5). O micrómetro de exteriores são instrumentos utilizados para medir, com maior precisão que o paquímetro, peças cilíndricas exteriores. A Figura 6 mostra o exemplo de uma medição feita com um micrómetro de exteriores.

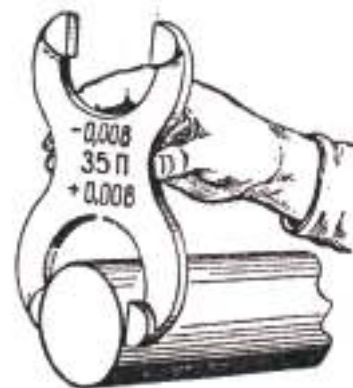


*Figura 5 – Micrómetro de exteriores.*



*Figura 6 – Medição com um micrómetro de exteriores.*

As medições de maior rigor podem ser feitas não só com os micrómetros como também com os calibres (Figura 7).



*Figura 7 – Medição com um calibre.*



## DEFEITOS POSSÍVEIS

Quando as peças são sujeitas ao torneamento cilíndrico exterior, existem alguns defeitos que podem surgir com mais frequência:

1. A superfície torneada aparece cônica;
2. O acabamento da superfície não ficou totalmente plano;
3. A peça não foi totalmente torneada;
4. A peça ficou fora das dimensões;
5. A superfície torneada aparece ovalizada;
6. A superfície torneada apresenta depressões.

O defeito apontado em primeiro lugar surge quando o ponto e o contra-ponto não estão nivelados à mesma altura, ou seja, quando o contra-ponto não foi colocado de forma correta. Uma das causas pode ser a existência de limalha junto à face da base do contra-ponto que não a deixa assentar de forma correta. Para evitar este problema, deve-se proceder à sua limpeza de forma conveniente.

Quando a peça ainda está numa fase inicial de torneamento, em certos casos, ainda é possível corrigir esta situação. Quando as faces da peça já estão torneadas próximo das cotas finais, este problema poderá ser impossível de resolver.

O segundo defeito poderá ter várias origens:

- A ferramenta pode não estar convenientemente afiada de modo a produzir um corte bem acabado e fino;
- A ferramenta pode não estar corretamente apertada no seu suporte;
- A peça pode ter vibrado durante o seu torneamento;
- etc.

Quando o diâmetro da peça se encontra ainda acima dos limites das cotas finais, podemos usar uma lixa ou uma lima para polir a superfície, tendo o cuidado de nunca ultrapassar as medidas finais.

O terceiro defeito pode também ter tido várias causas:

- A peça a ser torneada tem um formato irregular;
- A dimensão da peça na parte exterior é inferior à medida pretendida no acabamento;



- A colocação da peça no torno foi feita de forma incorreta;
- etc.

Este é um defeito com uma solução muito difícil de ser concretizada. Para evitar este problema, a peça deve ser sujeita a uma inspeção visual antes de se começar a torner. O quarto defeito costuma ser uma consequência de não ter sido respeitada convenientemente a profundidade de corte da ferramenta que terá sido maior do que o necessário. Este problema não tem solução, uma vez que não é possível respeitar as dimensões finais da peça.

O quinto defeito é, geralmente, uma consequência do ponto fixo estar descentrado por causa de alguma limalha que não permitiu o seu centragem correto. Este problema poderá ser de difícil correção quando a peça tiver atingido quase as suas dimensões finais.

Por último, o sexto defeito é uma consequência do formato irregular da peça que pode ter sido provocado por fundição, estampagem, entre outros. A melhor solução é trocar a peça por outra que esteja em melhores condições.

Ter em atenção que a maior parte dos defeitos apresentados podem ser evitados desde que sejam observadas as seguintes regras básicas:

- As ferramentas de corte devem ser dimensionadas ou afiadas de acordo com o trabalho e os materiais que vão ser utilizados;
- O posicionamento e aperto das ferramentas deve ser firme e correto para evitar vibrações e danos causados às peças;
- Devem ser feitas medições periódicas e inspeções visuais às peças durante o trabalho.

### *TORNEAMENTO CILÍNDRICO INTERIOR*

Quando as peças saem em bruto de uma operação de fundição, forjamento ou estampagem, já trazem orifícios que podem ser acabados por mandrilagem ou outra forma de torneamento.

A mandrilagem costuma fazer-se com o auxílio de ferramentas próprias, que se distinguem das outras pelo seu ângulo de incidência superior. Este ângulo depende do



diâmetro do furo a mandrilar: quanto maior for o diâmetro do furo, menor deve ser o ângulo de incidência da ferramenta.

O torneamento cilíndrico interior é mais complexo que o torneamento exterior porque é mais difícil verificar o trabalho da ferramenta dentro do furo. É preciso garantir também que o comprimento da ferramenta desde o porta-ferramentas deve ser um pouco maior do que a profundidade do corte a realizar. Em trabalhos de peças com uma profundidade razoável, a ferramenta de corte pode sofrer deflexão. Além disso, as limalhas vão-se depositando dentro do furo da peça tornando a sua maquinação mais difícil.

### *Medição de Peças Cilíndricas Interiores*

Os furos cilíndricos de pequena precisão podem medir-se usando um compasso de interiores e uma régua graduada. Nos furos em que a precisão é importante, a sua medição pode ser feita com paquímetros (Figura 4), micrómetros de interiores (Figuras 8 e 9) ou calibres de interiores (Figura 10).



*Figura 8 – Micrómetro de interiores.*



*Figura 9 – Micrómetro interior de três pontas.*





Figura 10 – Calibre de interiores.

### Defeitos Possíveis

O defeitos mais comuns no torneamento cilíndrico exterior são:

1. A superfície do furo ficou inacabada;
2. O diâmetro final não corresponde ao pretendido;
3. O furo ficou ovalizado;
4. Parte da superfície do furo ficou por torneiar.

O primeiro defeito surge quando o avanço da ferramenta é demasiado elevado, quando a ferramenta não está convenientemente afiada ou quando existe vibração da ferramenta ou da peça durante o torneamento.

O segundo defeito deve-se, geralmente, à incorreta colocação da ferramenta de corte que não obedeceu à profundidade de corte necessária quando se dirigiu para o interior da peça. Este problema pode ser corrigido com uma passagem adicional se o diâmetro do furo for inferior ao pretendido. Este tipo de defeitos pode ser evitado colocando a ferramenta à profundidade de corte pretendida, utilizando ferramentas de maior rigidez e reduzindo o avanço.

O terceiro problema pode dever-se a um aperto excessivo da peça. Para prevenir este problema, a peça deve ser apertada apenas o suficiente, reduzindo-se a velocidade de corte e o avanço.



# EXERCÍCIOS TEÓRICOS

## EXERCÍCIO 1. Assinale as palavras corretas.

- a. A **peça/ferramenta** em bruto é colocada no torno de forma a que gire ao maquinar-se, dando-se à **peça/ferramenta de corte** o avanço no sentido longitudinal e estritamente paralelo ao eixo dos pontos do torno.
- b. Para efetuar as operações de torneamento cilíndrico empregam-se ferramentas para **torneiar/fresar/desbastar/cortar**. Primeiro utilizam-se as ferramentas de **desbaste/corte/serrar** que, como o nome indica, têm a finalidade de proceder ao desbaste inicial da peça. As ferramentas para tornear geralmente são constituídas por uma **broca/fresa/plaquete/serra** aparafusada ou soldada ao suporte.
- c. Antes de se proceder ao torneamento é necessário colocar a ferramenta no porta-ferramentas de forma correta. O aperto do corpo não deve ser superior a **1/1,5/5/10** vezes à altura para evitar que as vibrações durante o corte provoquem ondulações e um mau acabamento da superfície que está a ser maquinada. Na maior parte dos casos, é aconselhável colocar a ponta da navalha à altura da linha entre pontos do torno. Para tal, colocam-se **barrotes/calços/limalhas** por baixo da superfície de apoio da ferramenta.
- d. A fixação da ferramenta no porta-ferramentas deve ser sólida e segura, devendo esta ser apertada por pelo menos **dois/cinco/dez** parafusos. A refrigeração do torno deve ser ligada **antes/depois** do momento em que a ferramenta começa a ser utilizada para evitar que o seu **fio de corte/corpo** atinja temperaturas elevadas e se desgaste prematuramente.
- e. Existem vários instrumentos de medida usados para medição de peças cilíndricas exteriores. O instrumento de medida mais utilizado pelo torneiro mecânico é o **paquímetro/suta/régua graduada/micrómetro**.



- f. Quando se trata de peças que exijam uma grande precisão, a sua medição deve ser feita com as peças **antes/depois** de arrefecidas.
- g. Quando se pretende medir com maior precisão, podemos recorrer ao **paquímetro/suta/régua graduada/micrómetro**.

**EXERCÍCIO 2.** Um dos possíveis defeitos do torneamento acontece quando o acabamento da superfície não fica totalmente plano. Quais as razões e possíveis soluções.

**EXERCÍCIO 3.** Indique três instrumentos de medição de peças cilíndricas interiores com precisão maior do que o paquímetro.

**EXERCÍCIO 4.** Identifique cada um deles nas figuras seguintes.





## CAIXAS E GARGANTAS

No torneamento das superfícies interiores de peças ou furos utilizam-se ferramentas de facejar. As ferramentas são colocadas no topo do furo à longitude correspondente.

O torneamento de ranhuras (ou gargantas) é feito com ferramentas especiais para ranhurar, com a cabeça com a forma que corresponde ao perfil da ranhura pretendida.

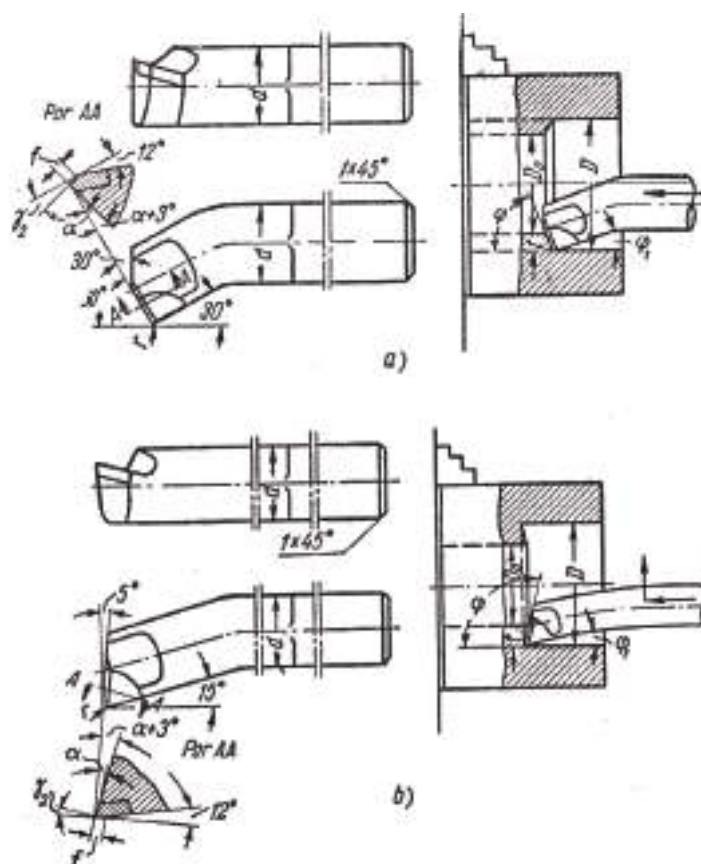


Figura 1 – Ferramentas de torneamento interior.

O torneamento de rebaiços, que se distinguem das ranhuras pela sua maior largura, é explicado de seguidas. Pelo nónio do avanço transversal marca-se a ferramenta de corte pela profundidade do rebaixo e a seguir engrena-se o avanço longitudinal. Quando a ferramenta se aproxima do final do rebaixo, desliga-se o avanço.

No torneamento de furos previamente abertos ou saídos da fundição ou forjamento, para além das ferramentas referidas também se empregam alargadores, que se diferenciam das brocas espirais por terem, em vez de dois fios de corte, três ou quatro



e não possuem fio de corte transversal. Não servem para abrir furos em peças maciças uma vez que servem apenas para alargar os furos já existentes. São guiados por furos mais pequenos e, em função disso, consegue-se uma maior precisão ao trabalhar com estas ferramentas.



Figura 2 – Alargador.

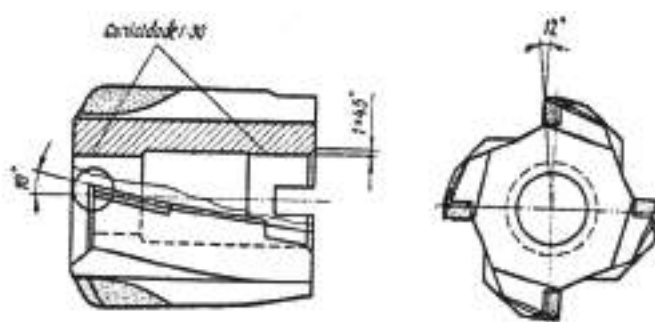


Figura 3 – Alargador de lâminas reguláveis; com plaquetas de metal duro.

Tal como as brocas, os alargadores podem ser colocados no orifício cónico do cabeçote móvel. O avanço é manual, ou seja, depende do movimento da manivela do cabeçote móvel.



Figura 3 – Facejamento interior e torneamento interior.



Existem vários tipos de alargadores, sendo os mais conhecidos os fixos e os ajustáveis, ou seja, com navalhas móveis, que permitem mudar o ângulo do fuso, dentro da sua capacidade.

Em função do diâmetro pretendido, o trabalho pode ser feito por um ou mais alargadores. Quando se pretende realizar um furo com maior precisão, deve-se usar primeiro um alargador de desbaste e, depois, um outro alargador mais fino, de acabamento. É claro que o furo ou orifício deve ser torneado antes de se proceder ao alargamento, uma vez que não é possível utilizar esta ferramenta na abertura de um orifício, a menos que este já tenha sido iniciado. A função do alargador é apenas a de permitir o acabamento ou aumento de um orifício, nunca de lhe dar início.

Como referência, a velocidade de corte que se deve usar durante a execução de trabalhos desta natureza, em materiais como o bronze, ferro fundido e aços, deve ser de 6 a 11 m/min.

Para se conseguir um furo de medidas exatas e bem acabado deve-se usar refrigeração, como é o caso do óleo de corte, em peças de aço. Quando se trabalham materiais como o bronze, ferro fundido ou latão, a maquinação pode ser feita sem lubrificação.

## *MEDIÇÃO DE FUROS CILÍNDRICOS, REBAIXOS E RANHURAS INTERIORES*

Os furos cilíndricos de pequena precisão podem medir-se usando um compasso de interiores e uma régua graduada. Nos furos com maior precisão, a sua medição pode ser feita com paquímetros, micrómetros de interiores (Figura 4) ou calibres (Figura 5).



*Figura 4 – Micrómetro de interiores.*





Figura 5 – Micrómetro interior de três pontas.

A Figura 6 mostra como pode ser feita a medição de um furo cilíndrico com o compasso de interiores. As pontas do compasso colocam-se normalmente à medida necessária, golpeando levemente uma das pontas sobre a peça. Esta medição deve ser feita com algum cuidado para que a leitura não seja incorreta. Quando o compasso de interiores não é colocado na posição em que o seu eixo coincida com o eixo do furo da peça a medir, a separação das pontas do compasso dá uma medida maior que a real (Figura 6 b)). Para se determinar a medida, é necessário medir a separação das pontas do compasso com o auxílio de uma régua graduada ou com um paquímetro.

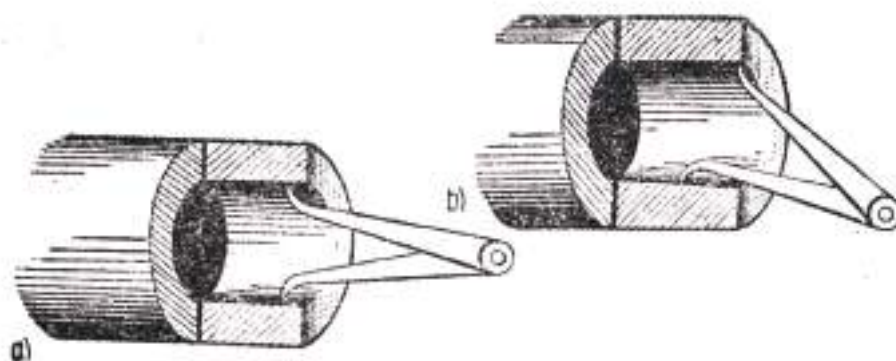


Figura 6 – Medição de um furo cilíndrico com o compasso de interiores.



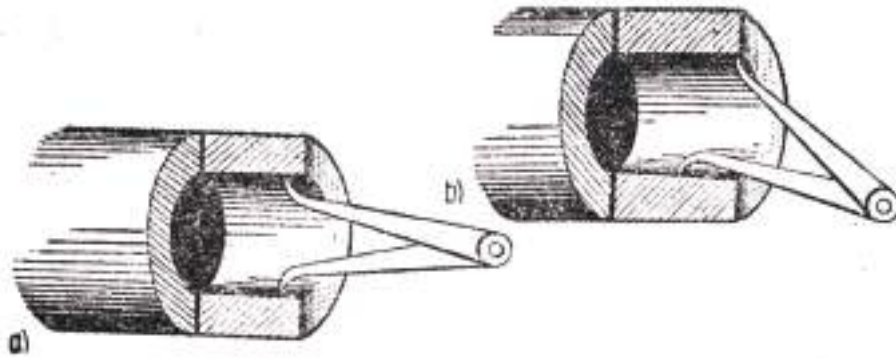
# EXERCÍCIOS TEÓRICOS

**EXERCÍCIO 1.** Assinale as palavras corretas.

- a. No torneamento das superfícies interiores de peças ou furos utilizam-se ferramentas de **facejar/desbaste/acabamento**.
- b. O torneamento de ranhuras (ou gargantas) é feito com ferramentas especiais para ranhurar, com a **cabeça/interior** com a forma que corresponde ao perfil da ranhura pretendida.
- c. No torneamento de furos previamente abertos ou saídos da fundição ou forjamento empregam-se **brocas/alargadores/ferros de sangrar**, que se diferenciam das brocas espirais por terem, em vez de dois fios de corte, três ou quatro e não possuem fio de corte transversal. **Servem/não servem** para abrir furos em peças maciças uma vez que servem apenas para alargar os furos já existentes.
- d. Existem vários tipos de alargadores, sendo os mais conhecidos os fixos e os ajustáveis, ou seja, com navalhas **fixas/móveis**, que permitem mudar o ângulo do fuso, dentro da sua capacidade.
- e. Em função do diâmetro pretendido, o trabalho pode ser feito por um ou mais alargadores. Quando se pretende realizar um furo com maior precisão, deve-se usar primeiro um alargador de **desbaste/acabamento** e, depois, um outro alargador mais fino, de **desbaste/acabamento**.
- f. Os furos cilíndricos de pequena precisão podem medir-se usando um **compasso de interiores/micrómetro de interiores/calibres**. Nos furos com maior precisão, a sua medição pode ser feita com **compasso de interiores/régua graduada/calibres**.



**EXERCÍCIO 2.** Considere a figura seguinte.



- Como se chama o instrumento de medida que está na figura?
- Indique qual das figuras a) ou b) representa a medição correta.

