

MANUAL DO ALUNO

# DISCIPLINA SOLDADURA

Módulo 4

República Democrática de Timor-Leste  
Ministério da Educação



## FICHA TÉCNICA

### TÍTULO

MANUAL DO ALUNO - DISCIPLINA DE SOLDADURA  
Módulo 4

### AUTOR

NUNO BOAVIDA

COLABORAÇÃO DAS EQUIPAS TÉCNICAS TIMORENSES DA DISCIPLINA

### 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 Civil .....</b>	<b>7</b>
<b>APRESENTAÇÃO MODULAR .....</b>	<b>8</b>
APRESENTAÇÃO .....	8
OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM .....	8
ÂMBITO DOS CONTEÚDOS .....	8
<b>BIBLIOGRAFIA/OUTROS RECURSOS .....</b>	<b>10</b>
<b>PLANIFICAÇÃO E TRAÇAGEM .....</b>	<b>11</b>
TRAÇAGEM PLANA .....	11
TRAÇAGEM NO ESPAÇO .....	12
INSTRUMENTOS DE TRAÇAGEM .....	13
OUTRAS FERRAMENTAS.....	21
PREPARAÇÃO DAS SUPERFÍCIES PARA TRAÇAGEM .....	35
EXECUÇÃO DE MARCAÇÃO COM PONTOS.....	36
TRAÇAGEM DE CIRCUNFERÊNCIAS .....	39
TRAÇAGEM DE UM PLANO HORIZONTAL DE REFERÊNCIA .....	40
TRAÇAGEM DE UM PLANO VERTICAL DE REFERÊNCIA.....	43
TRAÇAGEM DOS EIXOS DE SIMETRIA E DOS PLANOS MEDIANOS .....	45
CUIDADOS A TER NA TRAÇAGEM .....	48
PLANIFICAÇÃO DE UMA PEÇA SIMPLES.....	50
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS .....</b>	<b>52</b>
<b>CORTE E QUINAGEM DE CHAPA FINA.....</b>	<b>55</b>
CORTE A OXIGÁS.....	55
QUINAGEM DE CHAPA FINA .....	60



DOBRAGEM .....	65
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS .....</b>	<b>67</b>
<b>TECNOLOGIA DA CHAPA .....</b>	<b>68</b>
SERROTE MECÂNICO .....	72
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS .....</b>	<b>80</b>
<b>ACABAMENTO DE SUPERFÍCIES.....</b>	<b>81</b>
CLASSIFICAÇÃO DO ACABAMENTO DE SUPERFÍCIES .....	82
QUALIDADE DAS SUPERFÍCIES .....	83
CLASSES DE RUGOSIDADE .....	85
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS .....</b>	<b>86</b>
<b>AJUSTAGEM DE PEÇAS.....</b>	<b>87</b>
TIPOS DE AJUSTAMENTOS .....	87
AJUSTAMENTOS EM FUNÇÃO DA CARACTERÍSTICA, MONTAGEM E APLICAÇÃO .....	90
AJUSTAMENTOS RECOMENDADOS SEGUNDO ISO .....	92
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS .....</b>	<b>96</b>
<b>MONTAGEM DE PEÇAS .....</b>	<b>97</b>
MONTAGEM E DESMONTAGEM DE ÓRGÃOS DE MÁQUINAS .....	97
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS .....</b>	<b>103</b>
<b>LIGAÇÕES MECÂNICAS DE PEÇAS .....</b>	<b>104</b>
TIPOS DE LIGAÇÕES MECÂNICAS DE PEÇAS.....	104
LIGAÇÕES DE PEÇAS ATRAVÉS DE PARAFUSOS, CAVILHAS E TROÇOS.....	105
LIGAÇÕES DE PEÇAS ATRAVÉS DE ENCHAVETAMENTOS.....	112
LIGAÇÕES DE VEIOS .....	112
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS .....</b>	<b>117</b>



<b>MEDIÇÃO, VERIFICAÇÃO E CONTROLO .....</b>	<b>119</b>
INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO.....	119
VERIFICAÇÃO DO TOLERANCIAMENTO GEOMÉTRICO DE PEÇAS .....	123
VERIFICAÇÃO E CONTROLO DE FUNCIONAMENTO DE ÓRGÃOS DE MÁQUINAS.....	128
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS .....</b>	<b>129</b>







# Serralharia Civil

Módulo 4

# APRESENTAÇÃO MODULAR

## APRESENTAÇÃO

Pretende-se com este módulo dar aos alunos conhecimentos envolvendo operações de serralharia mecânica.

## OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM

- Ajustar e montar conjuntos de peças simples, envolvendo operações de serralharia mecânica
- Caracterizar processos e técnicas de trabalho em chapa
- Executar trabalhos de corte e quinagem de chapas
- Executar trabalhos de soldadura em chapa
- Proceder à construção de estruturas em perfilados de ferro

## ÂMBITO DOS CONTEÚDOS

- Traçar, cortar, quinar, dobrar, soldar, limar, furar e escarear, roscar, mandrilar
- Acabamento de superfícies
- União de componentes
- Ajuste e montagem de conjuntos simples
- Ligações mecânicas de peças
- Medição, verificação e controlo
- Tecnologia da Chapa
  - Corte de chapa em aço macio com guilhotina
  - Corte de perfilados com serrote elétrico
  - Furacão com engenho de coluna
- Planificação e traçagem
  - Desenvolvimento de chapas
  - Riscagem de chapas
  - Planificação simples





- Intersecção simples
- Corte e quinagem de chapa fina
  - Quinagem mecânica
  - Quinagem manual
  - Corte com maçarico



# BIBLIOGRAFIA/OUTROS RECURSOS

Soldagem - Processos e Metalurgia – Emílio Wainer, Sérgio Duarte Brandi, MM Editora.

Tecnologia da soldadura - J. F. Oliveira Santos, Modulform.

Caldeiraria – Módulo de Tecnologia dos Processos e Execução, SENAI.

Telecurso 2000 – Dobramento e Encurvamento.

Processos de Fabrico II, Apontamentos da Disciplina, 3º Ano da Licenciatura em Engenharia Mecânica, ISEP, 2007.

Tecnologia \_Mecânica – Processo de Fabricação e Tratamento, vol. II, Vicente Chiaverini, 1986, McGraw Hill.

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.



# PLANIFICAÇÃO E TRAÇAGEM

Dá-se o nome de **traçagem** ao conjunto das operações a realizar para marcar, nas peças a submeter aos vários tipos de trabalho de formação e acabamento mecânico, as linhas e pontos que lhes delimitam as formas.

Poderíamos, portanto dizer, que a traçagem consiste em transportar para as peças os desenhos dos planos ou então em marcar nelas outros pontos ou linhas importantes para as operações de fabrico e acabamento – eixos de simetria, etc..

**É esse, por exemplo, o caso das peças em bruto, de fabricação fundida, que terão de ser trabalhadas mecanicamente para se lhes retirar o excesso de material que ainda têm, sendo necessário efetuar nelas uma traçagem prévia que assinale a quantidade de material a suprimir.**

O trabalho de traçagem pode ser classificado em dois grandes tipos:

- Traçagem plana;
- Traçagem no espaço.

## TRAÇAGEM PLANA

A **traçagem plana** é aquela que se realiza em superfícies planas (chapas ou peças de pequena espessura).

Visto que se trata de marcar sobre um plano linhas e pontos que representam contornos da peça, e limites e pontos singulares da mesma, o problema, é, em tudo, análogo ao do desenho de uma peça no plano do papel.

À parte de pequenas normas que são referidas no traçado espacial, o traçado plano é um desenho, a ele se aplicando as regras de desenho, estudadas no respetivo domínio. O traçado plano não é mais que a reprodução numa face da peça, das linhas desenhadas no papel.

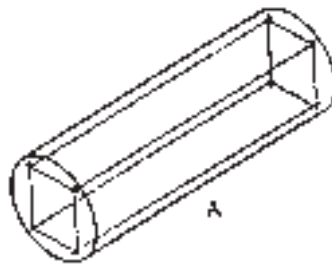
A reprodução das linhas do desenho na face da peça não pode porém realizar-se com o mesmo material do desenho. Deverá, pois, usar-se material adequado e preparar as superfícies da peça para receber as linhas.



## TRAÇAGEM NO ESPAÇO

A **traçagem no espaço** é realizada nas peças mais volumosas, como por exemplo, as peças obtidas por fundição. A traçagem no espaço realiza-se em peças que não são planas e delimita volumes.

Um exemplo característico é o da traçagem que se teria de realizar num cilindro para dele se obter uma barra de secção quadrada. Para esse efeito é necessário traçar um quadrado na face de base do cilindro e traçar também as arestas da barra, conforme representa a figura 1.



*Figura 1 – Traçagem num cilindro.*

A traçagem no espaço tem de ser realizada em casos muito numerosos e variados e tem imensas aplicações, como vamos ver seguidamente.

Sabemos já que as peças obtidas por fundição não ficam com as exatas medidas finais e têm, por esse motivo, de serem submetidas a desbaste manual ou mecânico que as leva à forma e dimensões devidas.

Para se desbastar mecanicamente as peças é necessário, primeiramente, determinar e marcar as partes em excesso, ou seja, marcar as linhas e superfícies que delimitarão a sua forma e dimensões finais.

Ao mesmo tempo, devem ser marcados os centros dos furos a praticar nas peças e, em certos casos, os eixos ou planos de simetria que servirão de guia ao trabalho de desbaste mecânico. Fazer essas marcações é o objetivo da traçagem no espaço. Como se verifica a traçagem no espaço serve os mesmos propósitos e realiza-se segundo os mesmos princípios que a traçagem plana.

Para fazer a traçagem, cobre-se a totalidade da superfície da peça, ou apenas uma parte dela, conforme os casos, com uma substância sobre a qual seja possível obter riscos bem visíveis com uma ponta metálica aguçada, (giz ou tinta de traçagem).



Se houver perigo de a traçagem assim obtida se apagar e desaparecer durante as operações a que a peça vier a ser submetida, marca-se na sua superfície, a punção e martelo, um conjunto de pontos que definam as linhas da traçagem e os seus pormenores mais importantes.

## INSTRUMENTOS DE TRAÇAGEM

O **riscador** tem o corpo geralmente recartilhado e utiliza-se para fazer traços sobre os materiais. Existem riscadores de várias formas, como mostra a Figura 1.

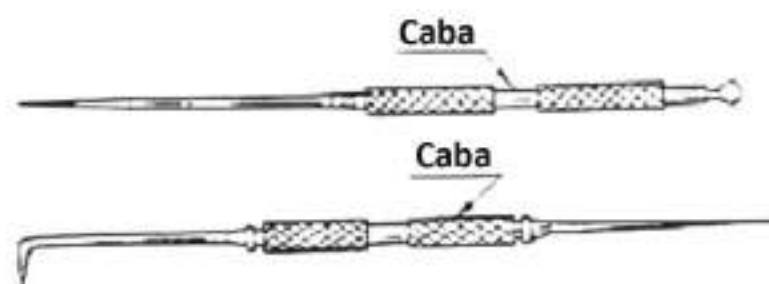


Figura 1 – Tipos de riscadores.

Os riscadores também podem ser usados para traçar contornos previamente definidos por gabaritos (moldes ou modelos). O corpo de muitos tipos de riscadores é recartilhado, para permitir uma boa aderência no manuseamento.

Cada ponta existente no riscador deve ser sempre afiada em forma cônica, num ângulo de 15°. Quando se utiliza um riscador com duas pontas, a ponta que não será utilizada poderá ser protegida, por exemplo, com um bocado de cortiça ou borracha evitando-se, assim, acidentes pessoais e danos na ponta.

Após a sua utilização, os riscadores devem ser limpos cuidadosamente com uma estopa, lubrificados e guardados em locais apropriados, protegidos contra choques e oxidações.

O **esquadro metálico** é um instrumento constituído por uma lâmina de aço, em forma de “L”, e é usado para traçar retas perpendiculares ou verificar ângulos de 90°. A base do esquadro pode estar montada na lâmina ou constituir um prolongamento dela. Se a base do esquadro estiver montada na lâmina, o esquadro recebe o nome de **esquadro de base**; caso contrário, o esquadro recebe o nome de **esquadro de precisão**.





*Figura 2 – Esquadro de base e de precisão.*

O esquadro de base é usado para traçar retas perpendiculares e para verificar ângulos retos de peças que exigem pouca precisão. O esquadro de precisão tem fios retificados e é usado para verificar ângulos de peças que exigem grande precisão. O ângulo de 90° dos esquadros deve, de tempos a tempos, ser comparado com o ângulo de 90° de um esquadro padrão para ser verificada a sua exatidão. Após o uso, os esquadros devem ser limpos, lubrificados e guardados em locais apropriados.

Salientamos que todos os instrumentos de traçagem, de verificação e de medidas devem, durante o uso, ser colocados sobre um pano macio assente sobre a bancada. Essa medida evitará que ocorram danos com os instrumentos.

A **régua de aço** é uma lâmina de aço, sem escalas, de faces planas e paralelas, usada como guia ou apoio para o riscador na traçagem de semi-retas.



*Figura 3 – Régua de aço.*



Após o uso, a régua de aço deve ser limpa, lubrificada e guardada em local adequado. Os compassos são instrumentos de aço ao carbono, constituídos por duas pernas, que se abrem ou se fecham através de uma articulação. As pernas podem ser retas terminadas em pontas afiadas e endurecidas ou com uma reta e outra curva (Figura 4).

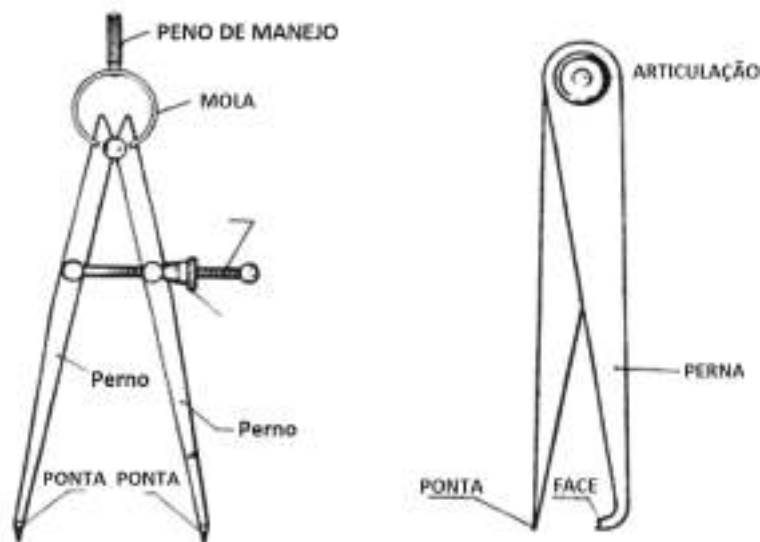


Figura 4 – Compasso de ponta e de face.

O compasso de pernas retas, denominado **compasso de pontas**, é utilizado para traçar circunferências, arcos e transportar medidas de comprimento. O de perna curva, denominado **compasso de centrar**, é utilizado para determinar centros ou traçar paralelas. Os tamanhos mais comuns são: 100, 150, 200 e 250 mm (4", 6", 8" e 10", aproximadamente).

O **punção de bico** é uma ferramenta de aço ao carbono, com ponta cônica temperada e corpo geralmente octogonal (Figura 5) ou cilíndrico recartilhado (Figura 6). Serve para marcar pontos de referência no traçado e centros para furação de peças.



Figura 5 – Punção.

Os punções podem ser classificados pelo ângulo do bico. Existem de 30°, 60°, 90° e 120°. Os de 30° são utilizados para marcar os centros onde se apoiam os compassos de traçar e os de 60° para pontear traços de referência (Figura 6).





Figura 6 – Punção de 60º.

Os de 90° e 120° (Figura 7) são utilizados para marcar os centros que servem de guia para as brocas na operação de furação. O comprimento varia de 100 a 125 mm.

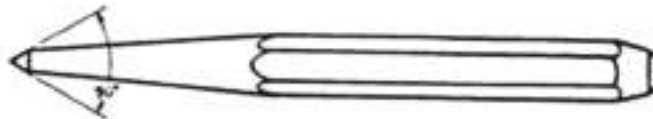


Figura 7 – Punção de 90º.

Em termos de conservação e cuidados, os punções devem ser mantidos afiados e não se devem deixar cair.

O **graminho** é um instrumento formado por uma base geralmente de ferro fundido ou aço ao carbono e uma haste cilíndrica ou retangular, sobre a qual desliza um suporte-corrediça com um riscador. A haste e o suporte-corrediça são em aço ao carbono.

Existem graminhos de precisão que possuem escala graduada e nónio. O graminho serve para traçar e controlar peças, e também para centragem de peças nas máquinas-ferramentas.

Dentro dos vários tipos de graminho o chamado **graminho simples** tem uma base construída em ferro fundido, rebaixada na face de contacto para diminuir o atrito sobre a mesa de traçagem, mesa de máquina ou mesa de controlo. Possui uma haste cilíndrica de aço ao carbono, um cursor com parafuso de fixação e uma agulha de aço temperado.

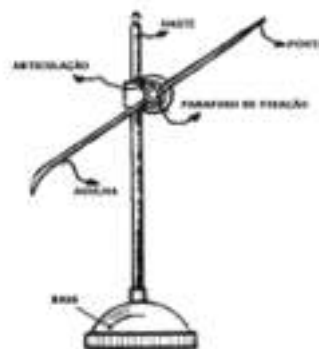
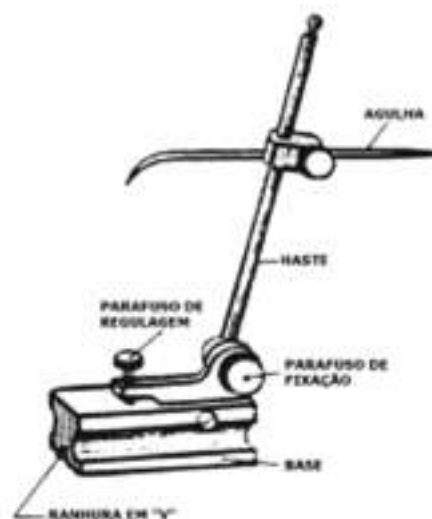


Figura 8 – Graminho simples.





O **graminho com articulação** tem uma base feita em aço ao carbono ou ferro fundido, possuindo uma ranhura em V na face de contacto para melhor adaptação sobre os barramentos de tornos e para reduzir o atrito sobre a mesa de traçagem. Possui, também, um cursor de uma base cilíndrica sustentada por um parafuso de fixação, alojado numa peça que move-se em redor de um eixo, quando acionada pelo parafuso de regulação. Esse movimento permite variar de forma precisa a ponta da agulha.



*Figura 9 – Graminho com articulação.*

O graminho de precisão tem uma base de aço carbono temperado, retificado, de precisão e fino acabamento. Possui, também, uma escala em milímetros, uma haste retangular com perpendicularidade de precisão, um cursor com aproximadamente 0,2 mm, um mecanismo de ajuste mecânico e um riscador com ponta de metal duro.

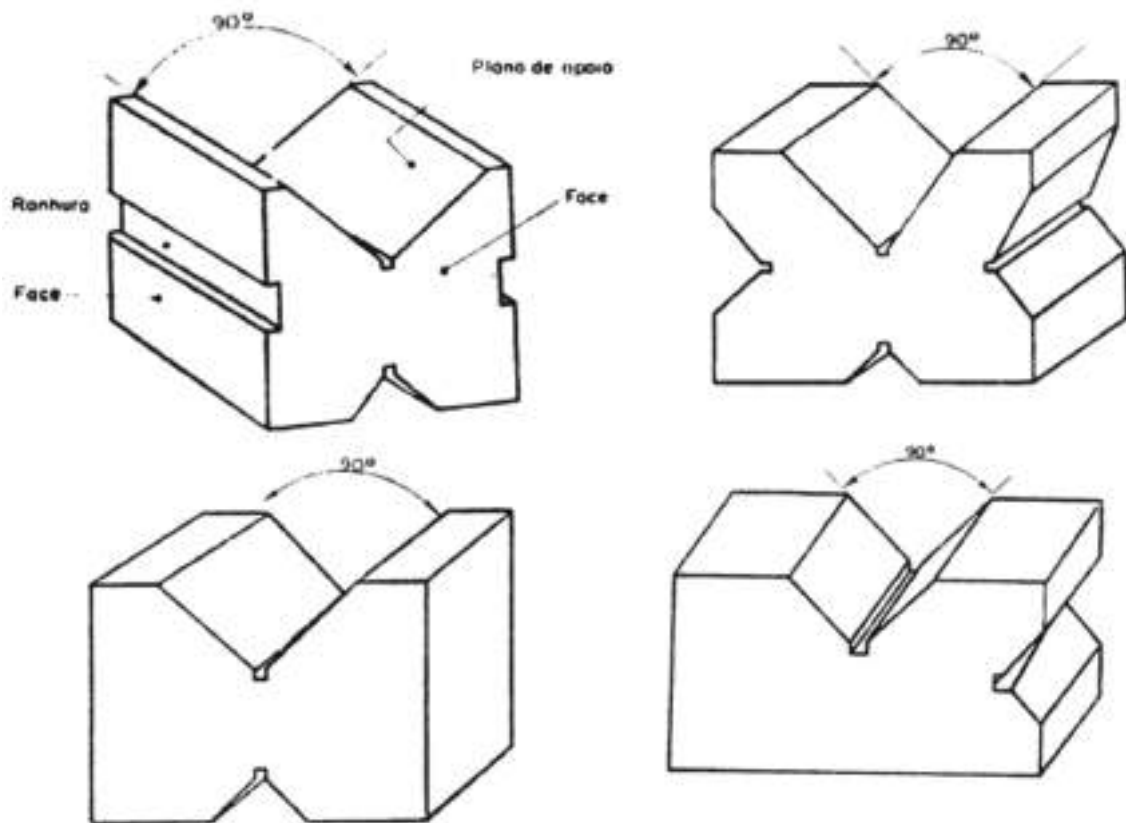


*Figura 10 – Graminho de precisão.*



As **cantoneiras de traçagem** são utensílios geralmente construídos de ferro fundido, cujas faces planas e maquinadas formam um ângulo de  $90^\circ$ . Há cantoneiras de diversos tamanhos e, normalmente, possuem ranhuras por onde se introduzem os parafusos que fixam as peças para maquinar ou traçar. Estas ferramentas devem ter as suas faces lisas e sem deformação. Devem ser conservados limpos e protegidos com uma camada de óleo após o seu uso.

Os **blocos prismáticos** são utensílios normalmente construídos em aço ou ferro fundido, maquinado em forma de prisma com rasgos paralelos e em V, dando origem ao seu nome. O bloco prismático, devido aos seus rasgos em forma de V, também é chamado bloco paralelo em V.



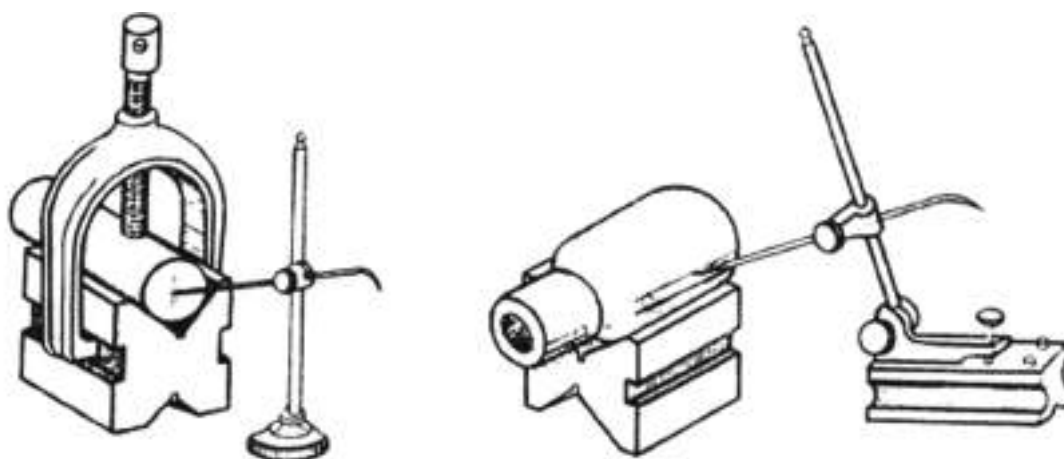
*Figura 11 – Blocos prismáticos.*

Os rasgos laterais servem para encaixe de um grampo especial com o arco forjado na largura dos blocos. Este grampo apenas é usado em casos de fixação de peças sobre os mesmos. Os blocos prismáticos são utilizados para darem um apoio estável às peças, geralmente cilíndricas, facilitando, assim, a execução de várias operações, principalmente a de



traçados de peças. Os de aço são temperados e retificados, enquanto os de ferro fundido são apenas retificados. Os seus tamanhos são variáveis, porém os mais comuns têm 2" (50,8 mm) e 1½" (38 mm).

Os blocos prismáticos devem ter as suas faces completamente planas e paralelas e devem ser mantidas em lugares livres de choques e de contactos com outras ferramentas que possam causar deformações.



*Figura 12 – Utilização dos blocos prismáticos.*

A suta é um instrumento utilizado para traçar, transferir, comparar e verificar ângulos. É constituída por uma base, uma lâmina e uma porca-borboleta para fixação. A base é feita em aço ou em madeira, com um rasgo onde se encaixa a lâmina.



*Figura 13 – Suta.*



A lâmina é de aço e também tem um rasgo que possibilita o seu deslocamento para a frente ou para trás, conforme a dimensão da superfície da peça.

A porca-borboleta é acompanhada de uma arruela e serve para prender a lâmina à base e para fixar a lâmina na abertura desejada do ângulo.

Para verificar um ângulo com a suta é preciso primeiro afrouxar ligeiramente a borboleta, fazer deslizar a lâmina e abri-la em relação à base. Em seguida, deve-se adaptar o instrumento ao ângulo. Este ângulo pode ser de uma peça ou um ângulo predeterminado por um goniómetro e que deve ser transferido para uma peça.

Aperta-se então a borboleta, tendo o cuidado de não permitir deslocamento da lâmina ou da base para que a medida tomada se mantenha a mesma. Desta forma, a suta está pronta para ser utilizada no valor fixado.

O **nível** é um instrumento que serve para verificar a horizontalidade de um plano. Consiste numa régua que pode ser em madeira ou aço, na qual está fixado um tubo de vidro ligeiramente curvado próprio para nível, com uma quantidade de álcool que permite a formação de uma bolha de ar no seu interior. O vidro fica horizontalmente fixo na régua de madeira de tal modo que, quando a régua está perfeitamente horizontal, a bolha de ar para no centro do vidro, tendo para servirem de referência duas linhas nele marcadas.



*Figura 14 – Nível.*

Muitos níveis têm também um ou dois vidros fixos perpendicularmente e na diagonal em relação ao comprimento da régua. Estes são chamados “vidros de prumo” e servem para verificar se uma parede, viga, peça ou máquina está no prumo ou perpendicular à linha horizontal.



Os níveis feitos com corpos de aço variam muito de forma e de comprimento e são muito utilizados na mecânica, nas montagens ou fixações de máquinas nas suas bases e noutros trabalhos, por serem de maior precisão que os de madeira.

A **mesa de traçagem e controlo** é um bloco robusto, retangular ou quadrado, construído em ferro fundido ou granito, com a face superior rigorosamente plana. Constitui esta face o plano de referência para traçado com graminho ou para o controlo de superfícies planas.



*Figura 15 – Mesa de traçagem.*

As mesas de traçagem e controlo são tecnicamente projetadas e cuidadosamente construídas. O ferro fundido é de qualidade especial e envelhecido para ficar isento de tensões. As ranhuras são estudadas e dispostas de modo a não permitir deformações, mantendo bem plana a face de controlo. as mesas podem ter

## **OUTRAS FERRAMENTAS**

Existem outras ferramentas que, não são diretamente utilizadas em operações de traçagem, mas que estão presentes numa oficina ou fábrica de metalomecânica e que ajudam o metalomecânico a trabalhar as peças. Vamos ver de seguida algumas dessas ferramentas.



Os **martelos** são ferramentas manuais de impacto, caracterizando-se fundamentalmente por uma peça de aço, cementada e temperada, de forma alongada, cujas extremidades são chamadas cabeça e pena, montada num cabo de madeira dura, servindo de alavanca para dinamizar o impacto.

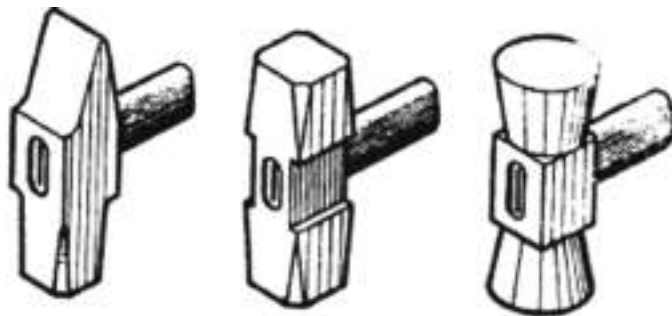


*Figura 16 – Martelo.*

Os **martelos** podem ser feitos em aço ao carbono, ligas não-ferrosas, madeira ou plástico. Os martelos têm pesos da ordem dos 0,3 e 2 kg. Quando o seu peso supera 1 kg tomam o nome de **marretas**.

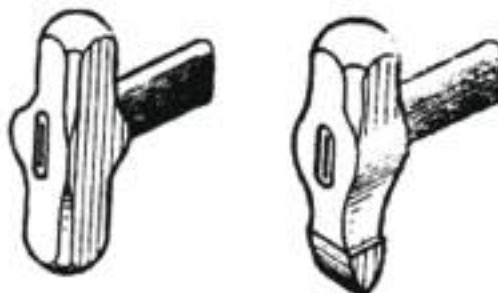
Em caldeiraria utilizam-se diversos tipos de martelos consoante a sua utilização:

- a) Martelos de face plana próprios para alisar superfícies;



*Figura 17 – Martelos de faces planas.*

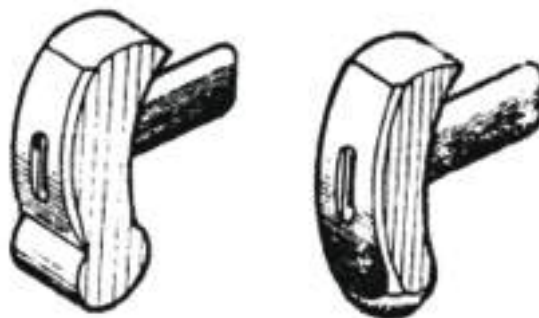
- b) Martelos de face convexa, próprios para curvar as superfícies planas, para cavar, nas chapas, zonas côncavas ou convexas.



*Figura 18 – Martelos de Face Convexa.*



- c) Martelos com ângulo agudo, entre o cabo e a face, adequados a trabalhar superfícies internas.



*Figura 19 - Martelos com Ângulo Agudo.*

Existem alguns cuidados a ter em conta na utilização dos martelos:

- Nunca usar pregos para prender o cabo ao corpo do martelo. No caso de se usar uma cunha, banhá-la em cola antes de introduzi-la na fenda do cabo;
- Verificar sempre, antes do uso, se o cabo ficou bem firme e vertical à linha da face. Um bom método para impedir que o corpo escape durante o trabalho é inserir duas cunhas laterais, perfurá-las juntamente com o cabo e atravessá-las com um pino;
- Conservar o martelo limpo, principalmente de graxa e óleo, que poderiam permitir que o cabo deslizasse da mão ou que a face escorregasse sobre o material em que se bate;
- Verificar, antes do uso, se a face se encontra em bom estado, para evitar perigosos estilhaços; rejeitar sempre, martelos com faces rachadas, com farpas e acentuado desgaste;
- Nunca deixar um martelo suspenso porque este pode, numa queda, atingir alguém.

O **maço** é uma ferramenta de impacto, constituído de uma cabeça de madeira, alumínio, plástico, cobre, chumbo ou couro e um cabo de madeira. É utilizado para bater em peças ou materiais cujas superfícies não podem sofrer deformações por efeito de pancadas. O encabeçado de plástico ou cobre pode ser substituído quando gasto. Os macetes distinguem-se pelo seu peso e pelo material que constitui a cabeça.



Quanto às suas condições de utilização:

- A cabeça do macete deve estar bem presa ao cabo e livre de rebarbas;
- Devem ser utilizados unicamente em superfícies lisas.



*Figura 20 – Maço.*

A **bigorna** é um importante utensílio nas operações de forja, porque é neles que o ferreiro apoia ou prende a peça aquecida para dar-lhe o formato desejado, sendo considerada a mesa de trabalho do ferreiro.



*Figura 21 – Bigorna.*

A **talhadeira** é uma ferramenta de corte, feitas de uma haste de aço de secção circular, retangular, hexagonal ou octogonal. Tem um extremo forjado, provido de cunha temperada e afiada convenientemente, e outro chanfrado e arredondado denominado cabeça.



*Figura 22 – Talhadeira.*





A **escova de aço** e a **picadeira** são ferramentas adequadas para a limpeza das peças antes e depois de soldar. Funcionam em conjunto, embora tenham características diferentes.



*Figura 23 – Escova de aço e picadeira.*

A **lima** é uma ferramenta de aço ao carbono, manual, denticulada e temperada, que se usa na operação de limar. As limas classificam-se pela sua forma, riscado e tamanho.



*Figura 24 – Vários tipos de limas.*

O Quadro 1 mostra uma classificação das limas quanto à forma e ao seu picado.



LIMAS			
CLASSIFICAÇÃO	TIPO		APLICAÇÕES
QUANTO À FORMA	PLANAS	CHATAS	Superfícies planas
		PARALELAS	Superfícies planas internas, em ângulo reto, rasgos internos e externos.
	QUADRADAS		Superfícies planas em ângulo reto, rasgos internos e externos
	REDONDAS		Superfícies côncavas
	MAIAS-CANAS		Superfícies côncavas
	TRIANGULARES		Superfícies em ângulo agudo maior que 60 graus
	FACAS		Superfícies em ângulo menor que 60 graus
QUANTO AO PICADO	QUANTO À INCLINAÇÃO	SIMPLES	Materiais metálicos não-ferrosos (alumínio, chumbo)
		DUPLO (CRUZADO)	Materiais metálicos ferrosos
	QUANTO AO NÚMERO DE DENTES	BASTARDAS	Desbastes grossos
		BASTARDINHAS	Desbastes médios

Quadro 1 – Classificação das limas.

As limas, para serem usadas com segurança e bom rendimento, devem estar bem acabadas, limpas e com o picado em bom estado de corte. Para a sua limpeza usa-se uma escova de finos de aço e, em certos casos, uma vareta de metal macio (cobre, latão) de ponta achatada.

Para uma boa conservação das limas, deve-se:

- 1) Evitar choques;
- 2) Protegê-las contra a humidade a fim de evitar oxidação;
- 3) Evitar o contacto entre si para que seu denticulado não se estrague.

A **lixa** serve para o polimento das superfícies das peças, por meio de um material abrasivo. Apresenta-se sob as formas de fitas, folhas retangulares ou discos de pano ou de papel, nos quais está colocada a substância abrasiva.





Figura 25 – Lixa.

Numa lixa pode encontrar-se três partes distintas:

- 1) A granulação abrasiva, constituída de inúmeros grãos duríssimos e de arestas vivas. São estes grãos que, por atrito, arrancam minúsculas partículas da superfície da peça;
- 2) O aglomerante ou aglutinante, ao qual é aplicada a granulação abrasiva, para que os grãos fiquem ligados uns aos outros e também ao fundo. É uma cola animal ou vegetal, ou uma resina sintética;
- 3) O fundo, de papel ou de pano, que constitui o suporte de toda a granulação abrasiva:
  - a. de papel tipo manilha ou de fibra de juta (lixas para madeira, couro e materiais macios);
  - b. de pano (lixas para metais e lixas de fita ou esteira).

Os **grampos** em “C” e “U” caracterizam-se por ter um parafuso de aperto manual e servem de elemento auxiliar para prender as peças.





*Figura 26 – Grampos.*

O **torno de bancada** é um dispositivo de fixação, constituído por duas mandíbulas, uma fixa e outra móvel, que se desloca por meio de parafuso e porca.



*Figura 27 – Torno de bancada.*

As mandíbulas são providas de mordentes estriados e temperados para maior segurança na fixação das peças. Em certos casos, estes mordentes devem ser cobertos com mordentes de proteção, para evitar marcas nas faces já acabadas das peças.

Os tornos de bancada podem ser construídos em aço ou ferro fundido, em diversos tipos e tamanho.

Os **alicates** são ferramentas manuais de aço carbono feitas por fundição ou forjamento. São constituídos por dois braços e um pino de articulação. Numa das extremidades dos braços encontram-se garras, cortes e pontas, que são temperadas e revenidas. Servem para segurar por apertos, cortar, dobrar, colocar e retirar determinadas peças nas montagens.



As características, tamanhos, tipos e formas são variáveis, de acordo com o tipo de trabalho a executar. Os principais tipos são:

- Alicates universal;
- Alicates de corte;
- Alicates de bico;
- Alicates de compressão;
- Alicates de eixo móvel.



*Figura 28 – Alicates universal.*

As **tesouras** são ferramentas de corte manual, formadas por duas lâminas, geralmente de aço ao carbono, temperadas e afiadas em ângulo determinado.

As lâminas das tesouras são furadas, unidas e articuladas por meio de um eixo (parafuso e porca). Utilizam-se para cortar metais de espessura determinada. Os ângulos do gume de corte das lâminas variam de  $76^\circ$  a  $84^\circ$ .



*Figura 29 – Tesoura.*

O manejo de parafusos e porcas realiza-se com o auxílio das chaves, ferramentas destinadas a imprimir ao parafuso ou à porca o esforço de torção que é necessário



para produzir o respetivo aperto ou afrouxamento. De acordo com a forma e o tipo do parafuso ou da porca, emprega-se a chave adequada. As mais comuns são as **chaves de boca** e as **chaves de lunetas**.

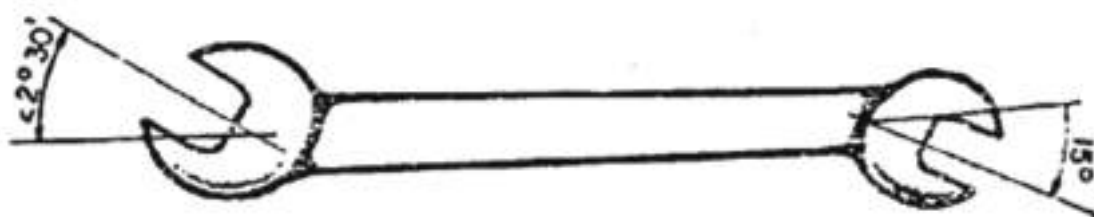


*Figura 30 – Chave de boca.*



*Figura 31 – Chave de luneta.*

As chaves de boca podem ter as bocas paralelas ao eixo do punho ou fazer com ele um ângulo qualquer, sendo mais comuns os ângulos de  $15^\circ$  e  $22^\circ 30'$ .



*Figura 32 – Ângulo das chaves de boca.*

Esta angulosidade da boca em relação ao punho permite aumentar a utilização da chave em locais apertados. Uma chave com o ângulo de  $15^\circ$ , por exemplo, permite trabalhar numa porca colocada numa posição tal que só permite um passeio da chave de  $30^\circ$ , desde que seja em cada passeio, traçado por uma rotação do punho, a face que estava para cima pela que estava para baixo (Figura 33).



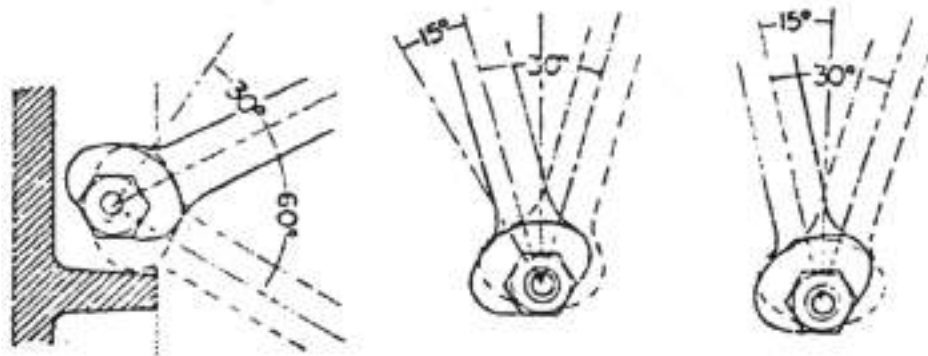


Figura 33 – Utilização da chave de boca.

As chaves de luneta são encontradas nos mesmos padrões das chaves de boca. Este tipo de chave é mais recomendado sob vários pontos de vista. As chaves de luneta ajustam-se ao redor da porca, dando maior firmeza e proporcionando um aperto mais regular e maior segurança ao operador. Enquanto as chaves de boca permitem, por meio de artifícios, trabalhar dentro de ângulos até  $30^\circ$ , as chaves de luneta podem ser utilizadas descrevendo um arco de apenas  $15^\circ$ .

A chave de lunetas apresenta uma desvantagem em relação à chave de boca, pois, depois de terminado o aperto, para retirar inteiramente o parafuso ou a porca com uma chave de lunetas, esta terá de ser retirada inteiramente para ser colocada numa nova posição, depois de cada curso. Depois de terminado o aperto, pode-se trabalhar muito mais rapidamente com uma chave de boca. É por esta razão que existe a chamada **chave combinada**.



Figura 34 – Chave combinada.

Pode-se incluir entre as chaves de estrias as **chaves de caixa**.





*Figura 35 – Conjunto de chaves de caixa.*

Essas chaves, além de poderem ser empregues em substituição às já descritas, permitem ainda operar em montagem com o parafuso embutido. Para as porcas ou para os parafusos hexagonais ou quadrados, existe ainda uma chave de boca ajustável, também conhecida como chave inglesa.



*Figura 36 – Chave inglesa.*

Esta chave, embora de uso muito generalizado, deve ser evitada, tanto pelo risco a que expõe o operador, como pelos danos que sempre provoca nas porcas e nos parafusos.



*Figura 37 – Chave de fenda.*





A **chave de fenda** ou chave de parafuso é uma ferramenta manual utilizada na montagem e desmontagem de peças unidas por parafusos cujas cabeças apresentam fenda ou ranhura. Na fenda ou ranhura da cabeça do parafuso, a cunha da chave de fenda é encaixada e, por meio de giros dados à ferramenta, o parafuso pode sair ou entrar num furo. A chave de fenda comum é constituída por uma haste de aço ao carbono ou aço especial. Esta haste geralmente é cilíndrica e apresenta uma das extremidades forjada em forma de cunha. A outra extremidade apresenta-se na forma de espiga prismática ou cilíndrica estriada, na qual é acoplado um cabo.

O cabo normalmente é feito de plástico rígido e apresenta ranhuras longitudinais que permitem uma boa empunhadura do operador evitando, assim, que a ferramenta escorregue da mão.

Para permitir o correto ajustamento na fenda do parafuso, as chaves de fenda comuns de boa qualidade apresentam faces esmerilhadas em planos paralelos, próximas ao topo. A vantagem das faces esmerilhadas em planos paralelos é dificultar o escorregamento da cunha na fenda do parafuso quando este está a ser apertado ou desapertado. O escorregamento da cunha da chave de fenda, além de poder causar acidentes, pode danificar a fenda do parafuso que fica inutilizado.

A região da cunha de uma chave de fenda de boa qualidade é temperada para resistir à ação cortante das ranhuras existentes nas fendas dos parafusos. O restante da haste, incluindo a espiga, deve apresentar uma boa tenacidade para resistir ao esforço de torção quando a chave de fenda estiver sendo utilizada.

Durante as operações de forja, sempre a quente, o ferreiro precisa de ter uma ferramenta que lhe permita segurar a peça com firmeza, seja para colocá-la ou retirá-la do fogo, seja para mantê-las nas posições convenientes à execução do trabalho. A ferramenta de pega utilizada chama-se tenaz.

a **tenaz** é uma ferramenta fabricada em aço de baixo teor de carbono, cujas garras podem ter variadas formas, de acordo com os perfis das peças a serem seguradas e os tipos de trabalhos a serem executados nas mesmas.

As tenazes podem ter, normalmente, um comprimento de 500 mm. Há, no entanto, tenazes menores e maiores, segundo as dimensões e os trabalhos a serem executados nas peças. Dada a simplicidade da ferramenta, é muito comum a sua confecção pelo próprio ferreiro, conforme a exigência da tarefa que executa.





Figura 38 – Tenaz.

Devemos ter os seguintes cuidados no manuseio de uma tenaz:

- Aperte com firmeza nos braços da tenaz, ao empurrá-la com a peça presa nas garras;
- Quando necessário ou conveniente, deve-se manter o aperto das garras na peça, por meio de um anel metálico envolvendo os cabos. Isto diminui a fadiga do operador, enquanto forja a peça;
- As garras das tenazes não devem permanecer expostas ao calor direto do fogo da forja. Isto porque, se forem aquecidas ao vermelho, resulta um afrouxamento de pressão. Além disso, poderiam se tornar duras e quebradiças, em virtude de sucessivos aquecimentos.
- Durante o uso, a tenaz deve ser arrefecida em água constantemente, a fim de evitar que ela se aqueça demais e, em consequência, sofra deformação.

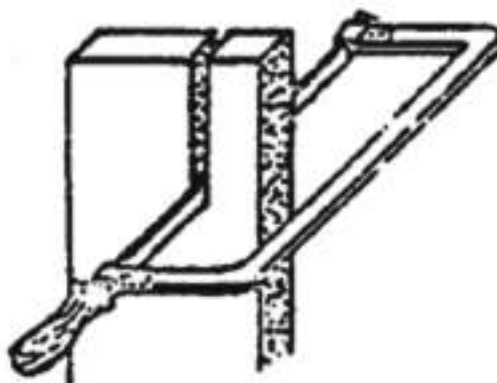
Para serrar, o metalomecânico usa o arco de serra ao qual adapta uma lâmina de serra adequada. O **arco de serra** é uma armação de aço, provida de um cabo de madeira ou plástico.



Figura 39 – Arco de serra.



Em todos os modelos de arco de serra há um dispositivo nos extremos que nos permite girar a lâmina num ângulo de 90° tornando-se, assim, possível serrar grande comprimento, como mostra a Figura 40.



*Figura 40 – Utilização de um arco de serra numa peça de grandes dimensões.*

A lâmina de serra é uma peça estreita e fina com dentes em uma das bordas de aço carbono temperável ou de aço rápido. Estas últimas, em geral, são utilizadas nas máquinas de serrar. Quando a têmpera abrange toda a lâmina, é designada de rígida, devendo ser usada com mais cuidado, porque é muito frágil. Quando apenas o dentado é temperado, este é denominado flexível ou semiflexível.



*Figura 41 – Lâmina de serra.*

## **PREPARAÇÃO DAS SUPERFÍCIES PARA TRAÇAGEM**

Antes de iniciar a traçagem propriamente dita, há que preparar convenientemente as peças. Em primeiro lugar é necessário limpá-las para lhes tirar toda a sujidade,



partículas estranhas, etc. Em seguida, é preciso revestir-lhes as superfícies com uma pintura especial ou com alguma substância que proporcione boa visibilidade dos traços do riscador. O revestimento pode ser total ou parcial, quer dizer, pode ser aplicado a toda a superfície exterior da peça ou apenas àquela parte onde se vai traçar. Sempre que seja necessário, coloca-se pontes e tampões de madeira nas aberturas da peça, conforme representam as Figuras 2 e 3. As substâncias utilizadas no revestimento das peças são o giz, o sulfato de cobre (que dá cor às superfícies) o verniz de goma-laca ou a tinta especial para traçagem.

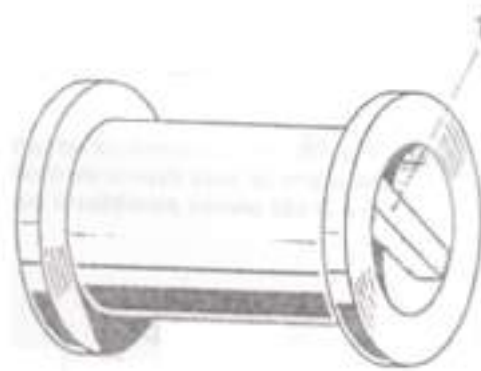


Figura 2 – Preparação de peças para traçagem.

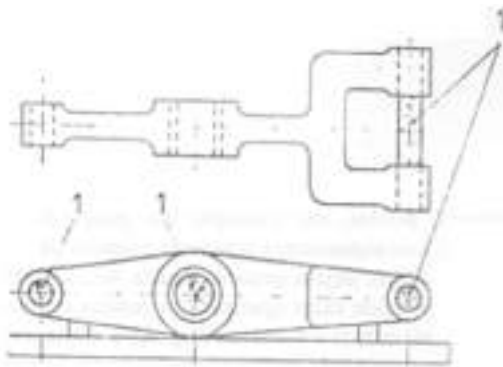


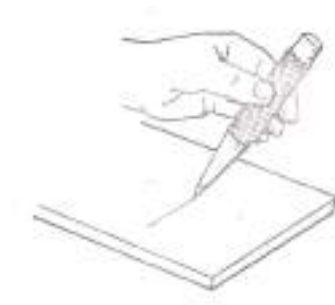
Figura 3 – Preparação de peças para traçagem.

## EXECUÇÃO DE MARCAÇÃO COM PONTOS

Esta operação é realizada colocando-se a ponta do punção no sítio exato onde se quer marcar o ponto e golpeando depois a cabeça do instrumento com o martelo. A pancada do martelo deve ser regulada conforme o material sobre que se trabalha e conforme o tamanho da marca desejada. A maneira correta de colocar o punção consiste em aplicá-

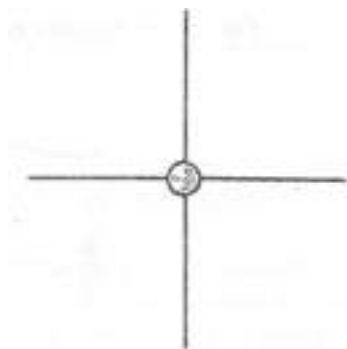


lo primeiro com certa inclinação para a parte da frente do operador, para ser bem visível a posição exata do contacto obtido, como mostra a figura 4.



*Figura 4 – Marcação com punção.*

Uma vez realizado esse contacto no sítio exato, leva-se o punção à vertical para receber a pancada do martelo (Figura 5).



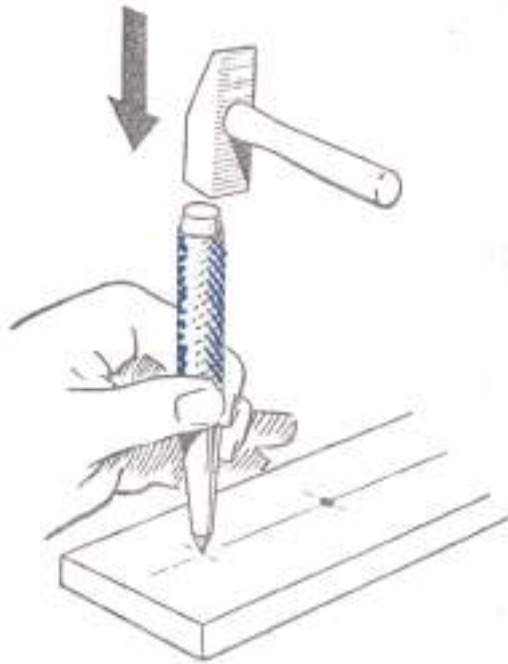
*Figura 5 – Marcação com punção.*

A marcação de centros com o punção é de grande importância, a marca deixada pelo punção deve ter um diâmetro aproximado de 0,5 mm e, em certos casos, até mesmo de 3 a 5 mm, isso depende das dimensões da peça, da importância da marcação, etc. O mais importante de tudo é a posição do vértice da cavidade cónica feita com o punção. Esse vértice deve estar exatamente no cruzamento das duas linhas que o determina. Na figura 7 pode ver-se um centro corretamente marcado. Observe-se que o vértice da marca está exatamente no cruzamento das duas linhas retas.

Se, com a primeira pancada do martelo, a marca ficar desviada da posição correta, facto que é frequente, pode proceder-se à sua correção do seguinte modo: inclina-se o punção para o lado para onde se deve deslocar a marca e, com ele assim inclinado, dá-se uma nova pancada; depois, com o punção novamente na vertical, dá-se uma pancada definitiva.



Para marcação de traçagem, não é necessário fazer pontos demasiado aproximados: isso resultaria em grande perda de tempo e de precisão. Os pontos devem ficar, pelo menos, a 30 mm de distância uns dos outros em linhas pouco extensas, e esta distância entre os pontos pode ser aumentada até 100 mm em linhas mais extensas. Aqui, tal como na marcação de centros, deve ter-se o cuidado de a ponta do punção ser colocada exatamente na linha a assinalar (Figura 6).



*Figura 6 – Marcação com punção.*

Se as linhas a pontear forem mistas, isto é, se tiverem linhas retas e curvas, a distância de ponto a ponto não deve ser uniforme: os pontos devem ficar mais próximos uns dos outros nas uniões e nas curvas. Por outro lado, é importante marcar os pontos-chave do desenho (por exemplo, os pontos correspondentes às máximas saliências), em relação aos eixos da simetria e, principalmente, nas arestas e uniões de linhas.

A Figura 7 mostra uma peça traçada e marcada depois a punção; no desenho **A** pode ver-se as marcas corretamente colocadas, definindo perfeitamente a forma da peça e permitindo a sua fácil obtenção mesmo que o desenho venha a ser apagado durante o trabalho.



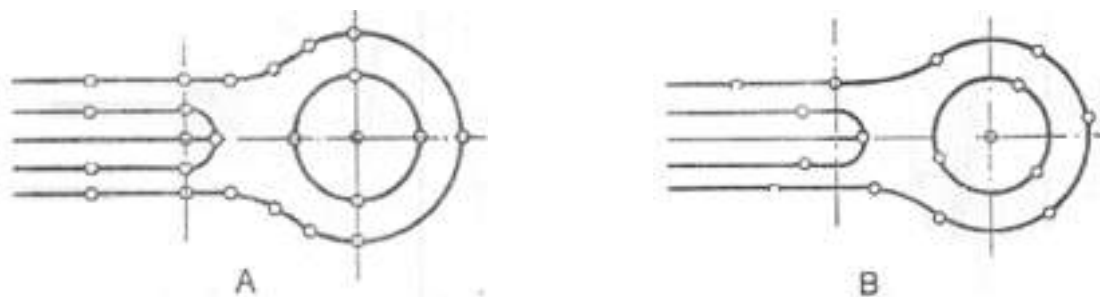


Figura 7 – Peça traçada e marcada com um punção.

No desenho **B**, (Figura 7), o mesmo não se verifica: as marcas foram feitas de maneira desordenada, não definem os pontos notáveis do desenho da peça e, se esse desenho desaparecer, será impossível acabar a peça.

## TRAÇAGEM DE CIRCUNFERÊNCIAS

Para a correta traçagem de circunferências e arcos de circunferência com o compasso de bicos, deve-se previamente fazer a correta marcação do centro. O punção de marcar deve estar bem afiado para que a ponta do compasso encontre um bom apoio. A utilização de um punção mal afiado pode provocar erros de traçagem devido à falta de precisão no apoio da ponta do compasso conforme está representado na Figura 8.

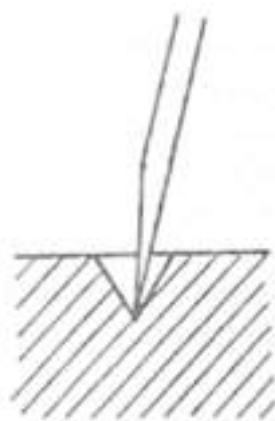
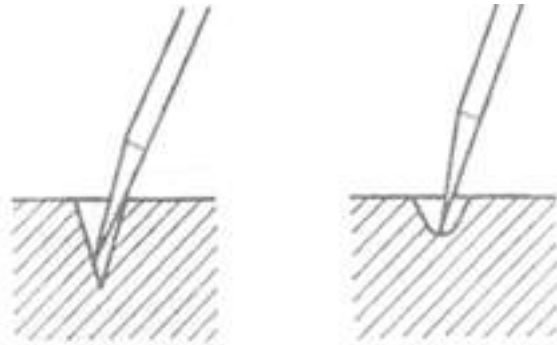


Figura 8 – Traçagem de circunferências com compassos de bicos.

Quando existe a necessidade de traçar arcos de circunferência com centro na aresta da peça, nunca se deve apoiar simplesmente a ponta do compasso na aresta porque não se obteria precisão suficiente.

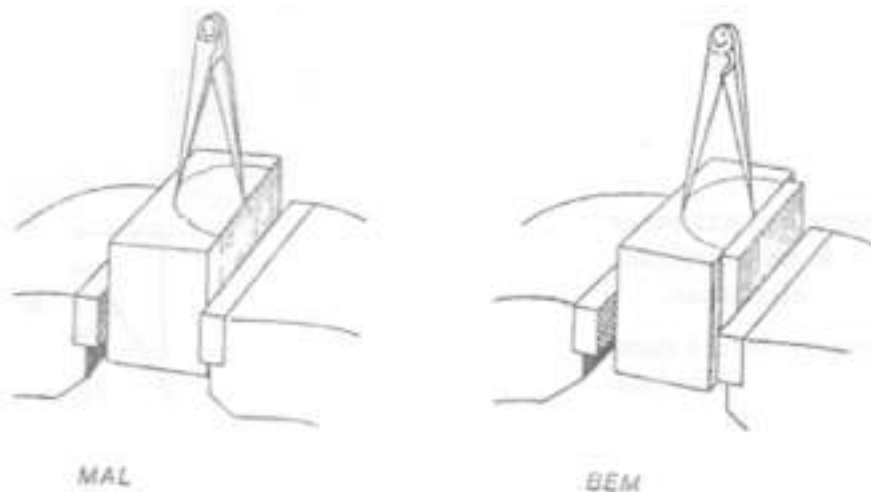


Nestes casos, deve-se recorrer a uma peça auxiliar para que a ponta do compasso tenha apoio estável conforme representa a Figura 9.



*Figura 9 – Traçagem de circunferências com compassos de bicos.*

Nestes casos, deve-se recorrer a uma peça auxiliar para que a ponta do compasso tenha apoio estável conforme representa a Figura 10.



*Figura 10 – Traçagem com compasso de bicos.*

## TRAÇAGEM DE UM PLANO HORIZONTAL DE REFERÊNCIA

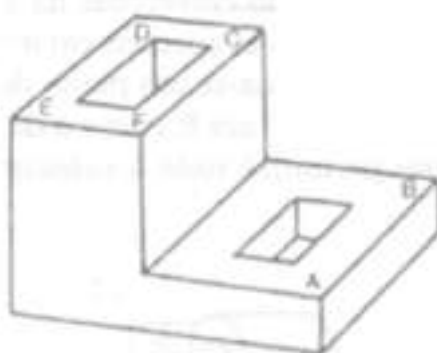
### Exemplo 1

Na traçagem no espaço é muito frequente suceder que a peça não tenha uma superfície mecanicamente trabalhada que se possa tomar como referência para a traçagem de planos, centros, etc. Nesta situação, tem de se colocar a peça no plano com o auxílio do graminho e de calços, macacos, cunhas, etc., de modo a poder-se estabelecer um plano de referência.





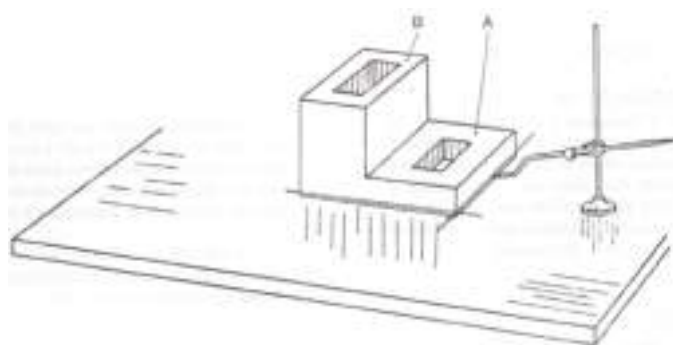
Vejamos um exemplo: supondo que a peça representada na Figura 11 não tem nenhuma superfície mecanicamente trabalhada que se possa tomar como referência e que é preciso traçar nela planos, centros de furos, etc., a primeira operação a realizar é nivelar e orientar a peça para ter nela um plano horizontal de referência.



*Figura 11 – Peça para traçar.*

Para isso, coloca-se a peça sobre o plano de traçagem, na posição que se vê na figura, e, com o graminho, experimenta-se os contos **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, e **F** para verificar se está bem nivelada.

Para corrigir a posição, utiliza-se pequenas cunhas de madeira ou de metal. Seguidamente, traça-se a toda a volta da parte inferior da peça um plano paralelo ao plano-base da traçagem Figura 12, tomando a precaução de verificar que as dimensões em bruto compreendem amplamente as dimensões da peça acabada, o traço assim praticado não é, portanto, mais que a delimitação do plano de base da peça. Depois desta operação, fica-se a dispor de um plano em relação ao qual se possa traçar definitivamente as faces planas superiores **A** e **B**. Neste exemplo, o nivelamento da peça é muito fácil, pois é possível apoiá-la no plano de traçagem por uma das faces e tudo se resume, afinal, à colocação de umas pequenas cunhas.



*Figura 12 – Exemplo de traçagem de uma peça.*



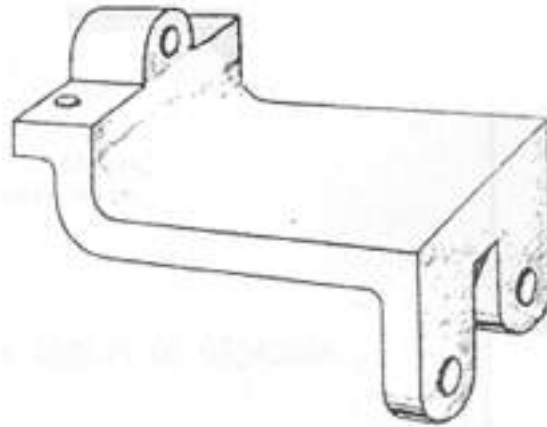


Figura 13 – Exemplo de traçagem de uma peça.

### Exemplo 2

Vejamos, porém, um exemplo um pouco mais complicado, correspondente a grande número de situações da prática. Com a peça da Figura 13, o nivelamento já não se pode fazer apenas com cunhas, será necessário utilizar calços e macacos conforme representa a Figura 14.

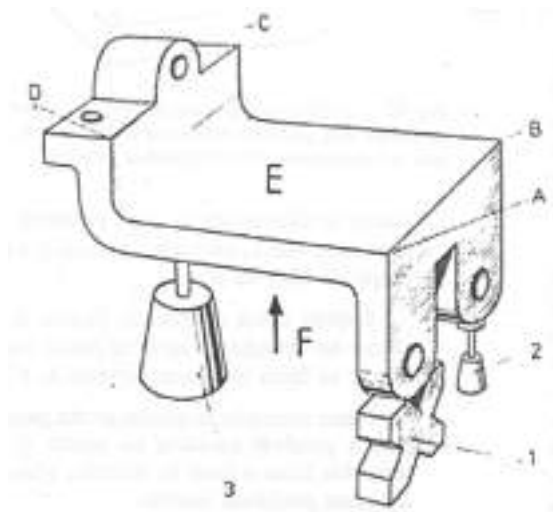


Figura 14 – Vários apoios de uma peça para traçagem.

Observe-se que a peça é nivelada sobre três pontos:

- Um apoio fixo **(1)**, constituído por um calço em V sob uma das orelhas da peça;
- Dois apoios reguláveis, um deles **(2)** sob a outra orelha da peça, o outro **(3)** na parte da frente.



Feito isto, aplica-se o método de nivelamento por tentativas, com o graminho, (como vimos no exemplo anterior) vai-se verificando o nível dos cantos **A, B, C, D** e efetuando correções na altura dos macacos até que todos eles se apresentem nivelados.

Conseguido o nivelamento, traça-se um plano de referência, que tanto pode ser o da face **E** como da face **F** como mostra a Figura 15. Esse plano permitirá toda a subseqüente traçagem da peça.

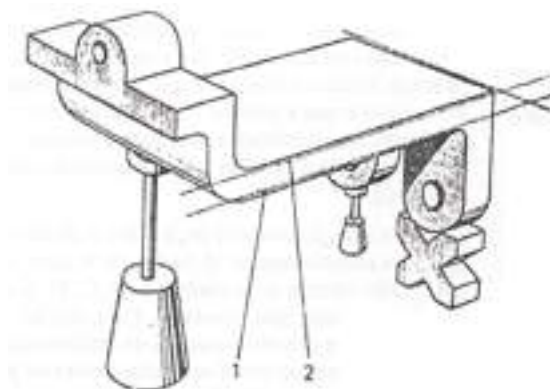


Figura 15 - Exemplo de traçagem de uma peça.

## TRAÇAGEM DE UM PLANO VERTICAL DE REFERÊNCIA

### Exemplo 3

Já vimos como se traça um plano horizontal de referência. Vejamos agora como se traça um plano vertical perpendicular a ele. No caso da peça representada nas Figuras 16 e 17, o procedimento é descrito de seguida.

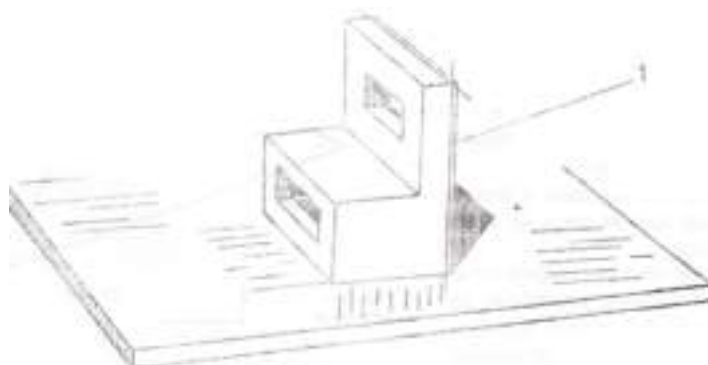
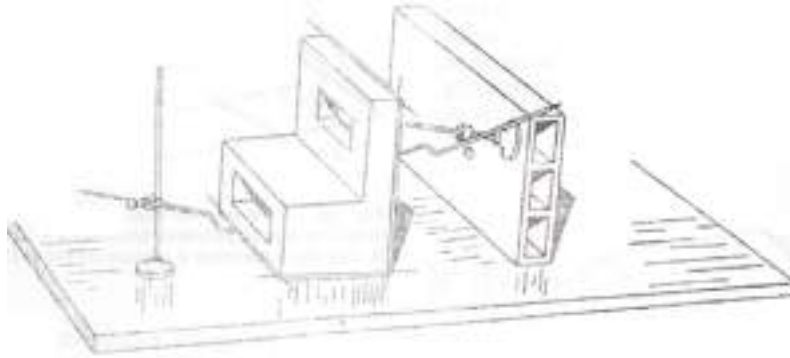


Figura 16 – Colocação da peça para a traçagem de um plano perpendicular ao plano horizontal (1).



Já temos o plano horizontal em relação ao qual definimos as faces A e B da peça, e os planos verticais serão perpendiculares a esse plano.

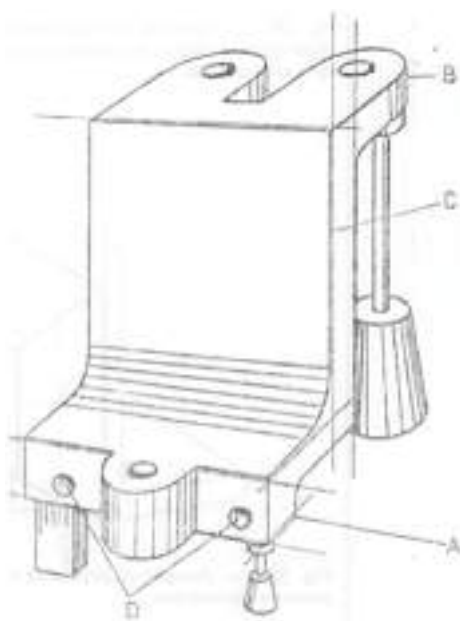
Então, para traçar um plano vertical, não teremos senão de levar o traço desse plano à posição vertical e traçar na peça um novo plano horizontal. Quer dizer que a operação consiste em verificar a verticalidade do traço (1) quando a peça estiver na posição da Figura 18. É fácil realizá-la com o auxílio do graminho e do bloco de caixa, conforme representa a Figura 17.



*Figura 17 – Nivelamento da peça e traçagem do plano perpendicular ao outro. A peça fica perfeitamente em esquadria.*

Depois de verificada a verticalidade do traço **(1)**, eventualmente obtida por meio de cunhas, passa-se o graminho para o plano de base e traça-se um plano a nível muito baixo, como anteriormente.

No caso da peça das Figuras 13, 14 e 15, a peça é colocada verticalmente sobre dois



apoios reguláveis e um fixo, como anteriormente, conforme mostra a Figura 18, a verticalidade do traço já obtido é conseguida pelos mesmos processos. Verticalizado esse traço, marca-se os planos **A** e **B** e um dos eixos dos furos **D**.

*Figura 18 – Colocação da peça para a traçagem de planos verticais perpendiculares ao plano já obtido (A e B são perpendiculares a C).*



## TRAÇAGEM DOS EIXOS DE SIMETRIA E DOS PLANOS MEDIANOS

### Exemplo 4

Os eixos de simetria que, geralmente, se tem de traçar numa peça são dois e é necessário verificar a sua perpendicularidade.

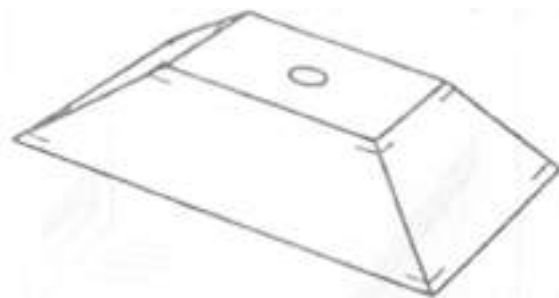


Figura 19 – Peça onde se pode ver os traços que delimitam os planos horizontais.

A marcação destes eixos de simetria é feita depois de se nivelar a peça por tentativas feitas com o graminho nos quatro cantos e de se ter marcado o dentro geométrico, em conformidade com as cotas do desenho, igualmente por tentativas.

No caso da Figura 19, por exemplo, depois de se colocar a peça no plano de traçagem, procede-se ao seu nivelamento por marcação dos planos horizontais, verificando que as dimensões em bruto contêm as dimensões finais.

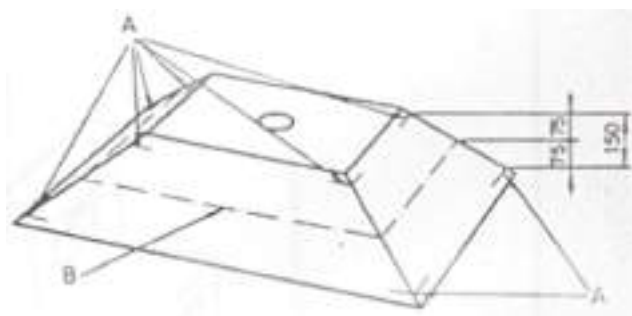


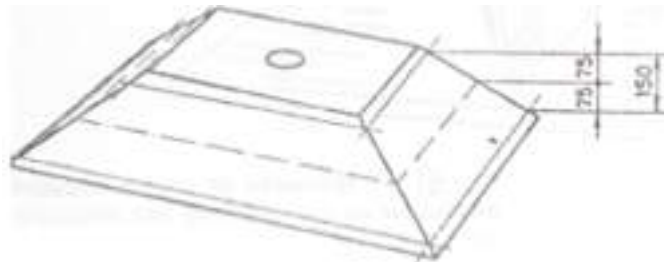
Figura 20 – Pode ver-se nesta peça os traços **A** que delimitam os planos paralelos horizontais e o plano mediano **B**, traçado justamente a metade da distância entre esses dois planos.

Nivelada a peça, procura-se o nível intermédio entre os dois planos, assinalando-o com o riscador. Verificado que o sinal se encontra, efetivamente, a meio dos que indicam



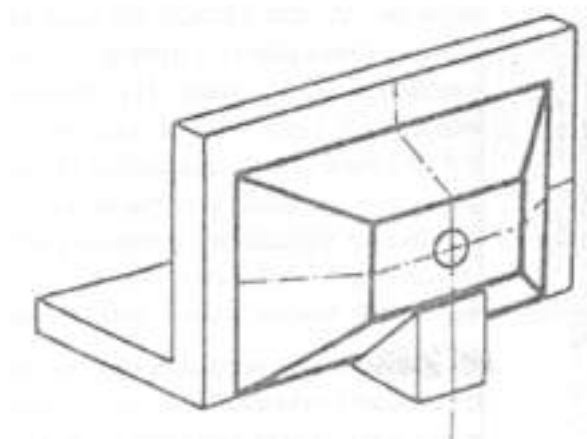
os planos delimitantes, traça-se o plano mediano a toda a volta da peça conforme representado na Figura 20. Os planos medianos e os eixos de simetria são sempre traçados a toda a volta da peça.

Em seguida, e a partir do plano mediano, traça-se também completamente, a linha cheia, os dois planos delimitantes conforme mostra a Figura 21.



*Figura 21 – Desenho que representa a peça da figura anterior com os traços dos planos superior, inferior e mediano a toda a volta da peça.*

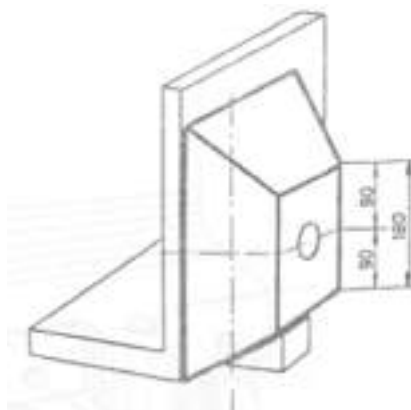
Para traçar um eixo de simetria perpendicular ao plano mediano assim obtido segue-se o mesmo método da traçagem de planos verticais: verifica-se o nivelamento da peça pelos cantos, marca-se os planos paralelos conforme representa a Figura 22 e traça-se o eixo de simetria.



*Figura 22 – Posição da peça para traçagem de um eixo de simetria transversal.*

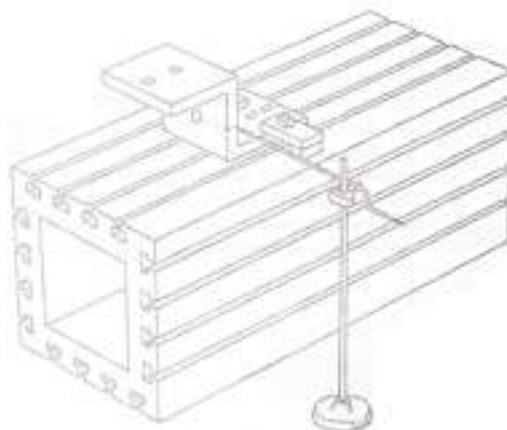
Querendo traçar outro eixo de simetria, coloca-se a peça como se vê na Figura 23 e procede-se do mesmo modo que anteriormente.





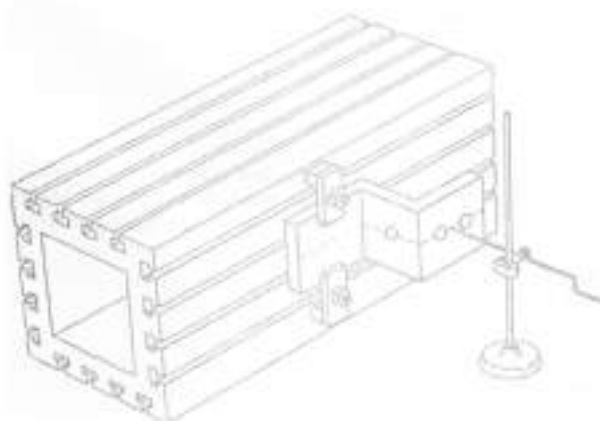
*Figura 23 – Posição da peça para traçagem de um eixo de simetria longitudinal.*

Quando a peça é montada num bloco de traçagem conforme representa a Figura 24, uma vez traçado o primeiro eixo de simetria bastará virar o bloco para se poder traçar o segundo, pois o nivelamento é obtido automaticamente graças à rigorosa esquadria do bloco.



*Figura 24 – Traçagem de um eixo de simetria numa peça fixada num bloco.*

As peças costumam ser montadas num bloco de traçagem quando já trazem uma superfície mecanicamente trabalhada que sirva de referência para a marcação das outras, pois de contrário, é difícil nivelá-las no bloco.



*Figura 25 – Traçagem de um eixo de simetria com o bloco de virado.*



## CUIDADOS A TER NA TRAÇAGEM

Nas operações de traçagem é necessário agir com os devidos cuidados para se obter a maior eficácia das ferramentas de traçagem, evitar o desgaste do material e deixar indicações que possibilitem evitar erros no prosseguimento de traçagem de eventuais sucessores no trabalho.

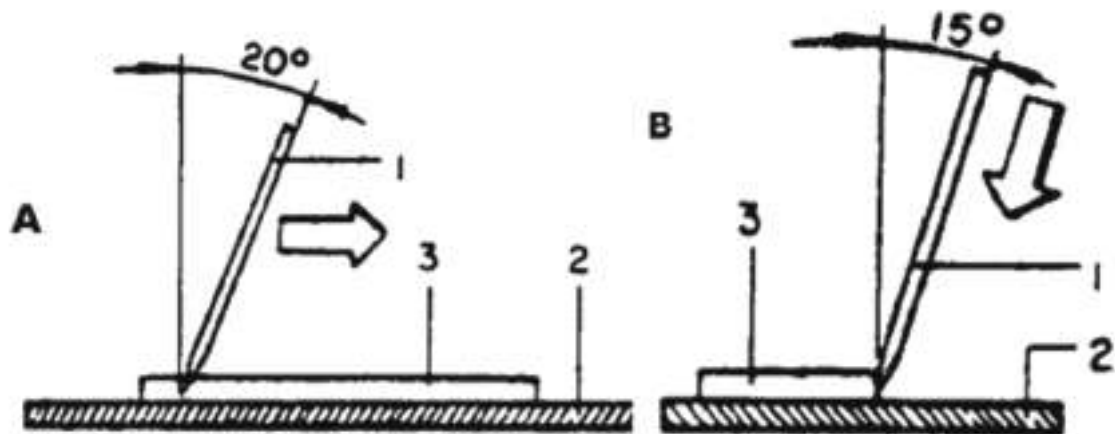


Figura 26 – Posições do riscador: (A) Posição do riscador 1 em relação ao plano perpendicular à chapa (2), segundo a direção da traçagem. O riscador avança no sentido da flecha ao longo da borda da régua (3); (B) Posição do riscador em relação ao plano perpendicular à chapa e à direção da traçagem. Sobre o riscador é exercida uma moderada pressão no sentido da flecha (Figura 26).

### Normas a Ter em Conta

Há que ter em conta as seguintes normas na traçagem:

- Conservar o riscador numa inclinação adequada em relação à superfície a traçar e proceder com firmeza, traçando linhas contínuas e seguras;
- Controlar as dimensões transportadas em relação ao desenho a fazer;
- Proceder à traçagem das retas traçadas e completar a traçagem dos trechos oblíquos, curvos, etc.





A Figura 27 mostra exemplos de traçagem de peças.

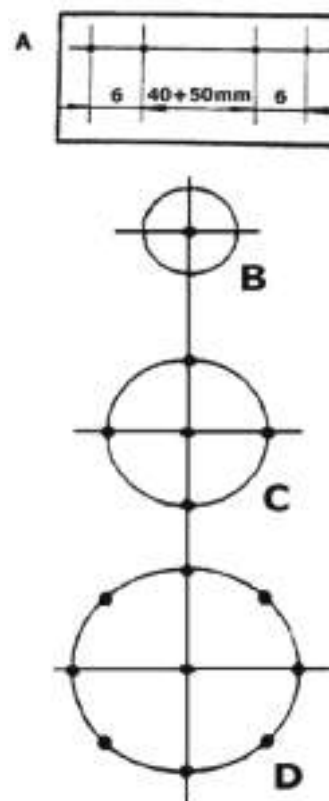


Figura 27 – Exemplos de traçagem: (A) Pontos para traçagem ao longo de uma reta; (B) Traçagem do centro de um furo com  $\varnothing 5$  mm; (C) Traçagem do centro de um furo com  $\varnothing 10$  mm; (D) Traçagem de um furo  $\varnothing 10$  mm.

### Cuidados na Traçagem em Série

Na traçagem que se faz com o emprego de moldes, é conveniente trabalhar evitando desperdício de material. É importante que a direção das fibras no material traçado esteja num sentido adequado, para favorecer a operação sem diminuir a resistência do material. Geralmente, as chapas têm formato retangular e fibras têm a direção do comprimento da chapa, o que permite que, com facilidade, se determine essa direção.

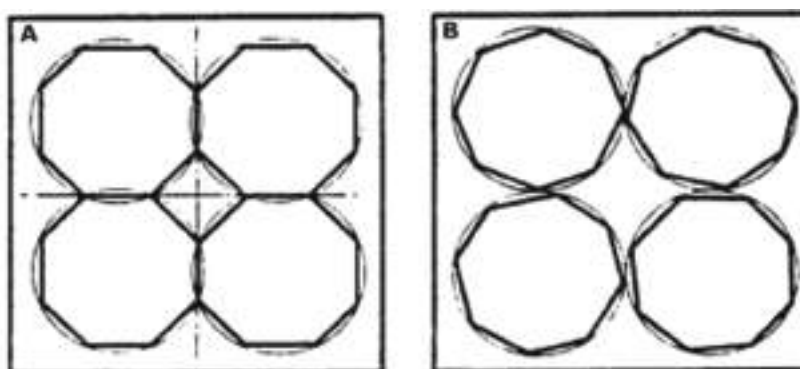


Figura 28 – Aproveitamento do material na traçagem: (A) Exemplo de traçagem que facilita a operação de corte do material; (B) Exemplo de traçagem que dificulta a operação de corte do material.



## PLANIFICAÇÃO DE UMA PEÇA SIMPLES

A **planificação** de uma peça simples consiste na traçagem do desenvolvimento da superfície de uma peça de forma geométrica simples num plano, sendo esta uma operação utilizada na construção de inúmeras peças de mecânica.

### Processos de Execução

**1º passo:** Faça a traçagem de um dos lados e do topo da chapa.

a) Tomar como referência o lado maior e traçar as perpendiculares dos topos, determinando o comprimento total (Figura 29);

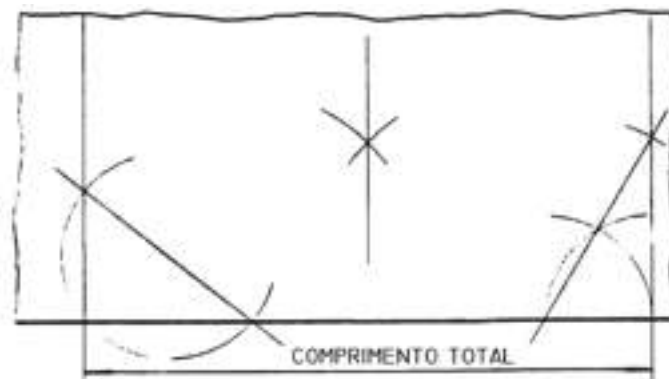


Figura 29 – Traçagem da chapa.

**2º passo:** Trace a largura total (Figura 30).

a) Determine as linhas de centros;

b) Marque a metade para cada lado da largura e do comprimento partindo da linha de centro.

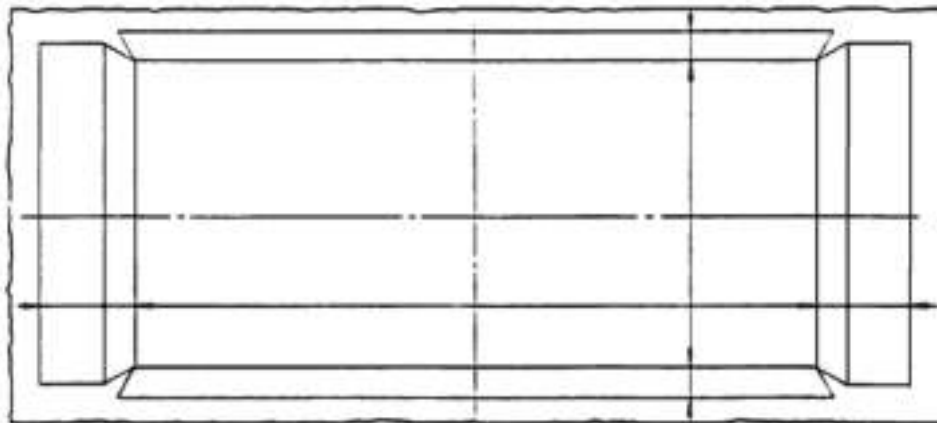


Figura 30 – Traçagem da chapa.



**3º passo:** Trace as abas e os recortes (Figura 31).

- a) Trace as alturas das abas nos lados e nos topos. Note que a medida da altura das abas deve ser tomada na vista de elevação, medindo a diagonal;
- b) Una os pontos de intersecção, puncionando-os levemente.

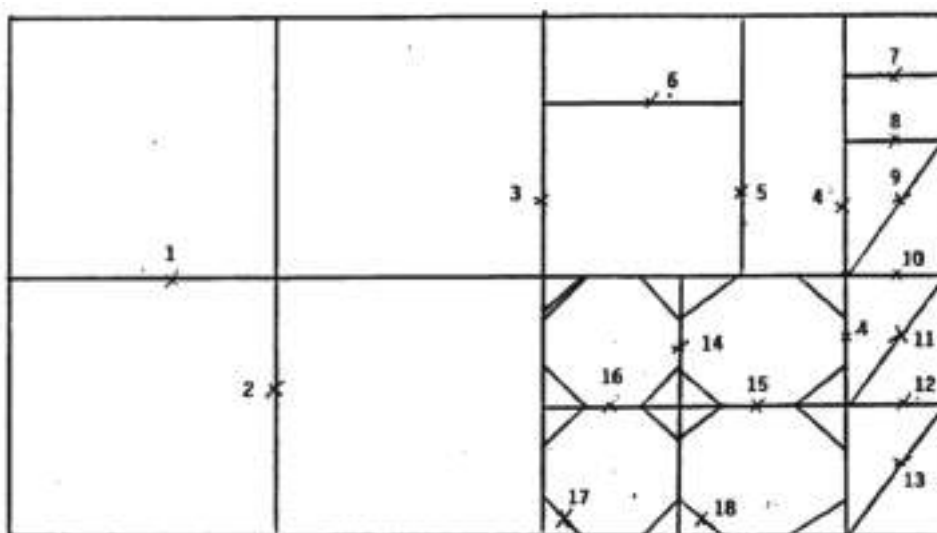


*Figura 31 – Limites da peça.*

**4º passo:** Corte o contorno e os cantos.

- a) Dê acabamento ajustando os cantos e eliminando as rebarbas.

A Figura 32 mostra um exemplo de distribuição das peças no plano X e seqüências dos cortes com economia de tempo e material.

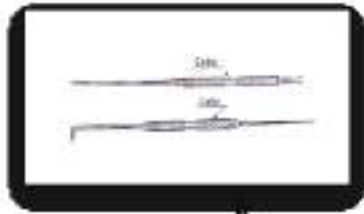


*Figura 32 – Distribuição de peças.*



# EXERCÍCIOS TEÓRICOS

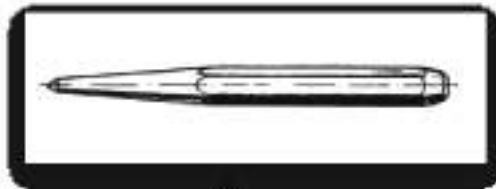
**EXERCÍCIO 1.** Identifique nas figuras os seguintes instrumentos de traçagem:



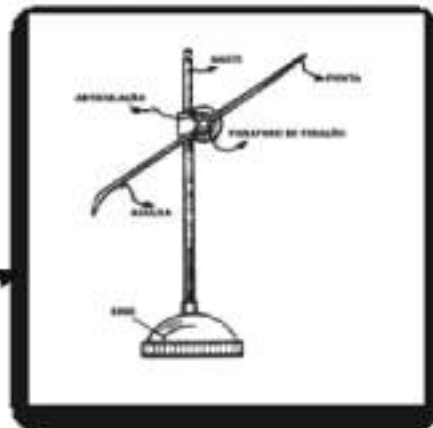
\_\_\_\_\_



\_\_\_\_\_



\_\_\_\_\_



\_\_\_\_\_

**EXERCÍCIO 2.** Os níveis podem ser fabricados em aço ou madeira. Diga qual destes dois materiais é usado na construção dos níveis para a mecânica, justificando.

**EXERCÍCIO 3.** Responda às seguintes alíneas:

- Que nome se dá à mesa da figura?
- Qual a sua utilização?
- Que materiais são utilizados no fabrico do seu tampo?



**EXERCÍCIO 4.** Considere as seguintes frases quanto aos cuidados a ter em conta com a utilização dos martelos. Diga se cada uma das afirmações é verdadeira ou falsa.

- Devem ser usados pregos para prender o cabo ao corpo do martelo, em vez de se usar uma cunha;
- Verificar sempre, antes do uso, se o cabo ficou bem firme e vertical à linha da face. Um bom método para impedir que o corpo escape durante o trabalho é inserir dois pregos laterais;
- Conservar o martelo limpo, principalmente de graxa e óleo, que poderiam permitir que o cabo deslizasse da mão ou que a face escorregasse sobre o material em que se bate;
- Verificar, depois do uso, se a face se encontra em bom estado, para evitar perigosos estilhaços; martelos com faces rachadas, com farpas e acentuado desgaste podem ser reparados sem perigo;
- Nunca deixar um martelo suspenso porque este pode, numa queda, atingir alguém.

**EXERCÍCIO 5.** Considere a figura seguinte.



- a) Como se designa esta ferramenta?
- b) Quais são os materiais utilizados na cabeça?

**EXERCÍCIO 6.** Para uma a boa conservação das limas, deve-se ter e conta alguns cuidados.

Das afirmações seguintes, diga quais as que se aplicam às limas:

- a) Evitar choques;
- b) Passar por água depois de a utilizar para ajudar a arrefecer;
- c) Soldar o cabo de madeira da lima para que este não se saia;



- d) Protegê-las contra a humidade a fim de evitar oxidação;
- e) Aparafusar com firmeza o fio de corte da lima antes da sua utilização;
- f) Bater com o maço no corpo da lima depois da sua utilização para libertar tensões internas;
- g) Evitar o contacto entre si para que seu denticulado não se estrague.

**EXERCÍCIO 7.** Uma lixa da figura é constituída por três partes distintas. Diga quais são.



**EXERCÍCIO 8.** Diga o nome da ferramenta representada na figura. Quais os materiais que são usados na sua construção?



**EXERCÍCIO 9.** Enuncie alguns tipos de alicates usados na mecânica.

**EXERCÍCIO 10.** Diga como se chamam cada uma das chaves representadas nas figuras. Qual delas é a mais recomendada?



# CORTE E QUINAGEM DE CHAPA FINA

## CORTE A OXIGÁS

O processo de corte a oxigás consiste em utilizar um gás combustível (acetileno, GLP, metano, butano...) e um gás comburente (oxigénio) para, através de um maçarico, se obter a chama.

O GLP é utilizado para o corte e soldadura de metais de baixo ponto de fusão. a sua temperatura de queima com o oxigénio varia entre 2400° a 2800° C. Nos processos de corte a oxigás, o acetileno é o gás mais usado por atingir 3200° C, de calor quando em contacto com o oxigénio

### Corte Oxiacetilénico

Neste tipo de corte são utilizados os gases oxigénio e acetileno.

O **oxigénio** é o principal alimentador da combustão, sendo, portanto, o comburente. A velocidade da combustão e a temperatura da chama variam de acordo com a pureza e a dosagem do oxigénio.



*Figura 1 – Acondicionamento das garrafas usadas em soldadura.*

O oxigénio é encontrado no ar (21%), estando sempre combinado com o azoto (78%) e outros. O oxigénio apresenta-se na temperatura ambiente como um gás incolor (sem cor), insípido (sem sabor) e inodoro (sem cheiro). Este gás tem a propriedade de combinar com vários elementos químicos, formando óxidos. O sucesso do corte, portanto, depende da quantidade de oxigénio contido na chama.



O oxigénio é acondicionado em cilindros e os cilindros sem costura são especiais para alta pressão, pois garante um manuseio com maior segurança. a sua capacidade varia de 6 m<sup>3</sup> a 10 m<sup>3</sup> de gás e sua pressão entre 150 a 200 kgf/cm<sup>2</sup>.

Devem ser tidos em conta alguns cuidados em relação ao cilindro de oxigénio:

- Não usar óleo ou graxa nas conexões, pois esta prática poderá ocasionar explosão;
- Não usar oxigénio para soprar a roupa suja ou limpar as máquinas;
- Não transportá-lo sem a tampa de proteção;
- Não usá-lo em locais quentes;
- Não usar o cilindro deitado.

O **acetileno** é um gás com cheiro forte e desagradável, formado por dois átomos de carbono e dois átomos de hidrogénio (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>). É obtido da reação da água (H<sub>2</sub>O) sobre o carbureto de cálcio (C<sub>2</sub>Ca). O carbureto de cálcio, em contacto com a água, decompõe-se, liberando o acetileno.

O acetileno torna-se explosivo quando comprimido acima de 1,5 kgf/cm, pois, neste caso, pode haver a separação entre o C<sub>2</sub> e o H<sub>2</sub>. A acetona possui um alto poder dissolvente. Em condições normais de pressão, um volume de acetona dissolve 24 volumes de acetileno sendo, portanto, o processo mais usado atualmente para armazenar esse gás.

Os cilindros para armazenar e transportar o acetileno são fabricados seguindo todas as exigências impostas pelas normas adotadas no país. São cheios de massa porosa para o acetileno dissolvido e equipado com válvula de segurança e válvula para abrir/fechar a vazão do gás. São munidos de um capuz com as mesmas características do cilindro de oxigénio.

Devem ser observados os seguintes cuidados em relação ao cilindro de acetileno:

- Não usar pressões acima de 1,5 kgf/cm<sup>2</sup>;
- Não usar cobre nas emendas das mangueiras;
- Não usar o cilindro deitado;
- Não golpear o cilindro;
- Usar as válvulas corta-chama para oxigénio e acetileno.





## Equipamentos Necessários

O **maçarico de corte** é um aparelho utilizado para misturar os dois gases nos volumes desejados, obtendo-se uma chama na ponta do bico de corte. Os bicos de corte têm vazão variável e sua escolha é feita de acordo com a espessura do material a ser cortado.



Figura 2 – Bico de corte.

As **mangueiras** são de alta pressão, especialmente fabricadas para uso em gases e devem ser identificadas. Para isso, recomenda-se utilizar uma cor específica para cada um dos gases; verde para oxigênio e vermelha para o acetileno. As mangueiras são acopladas aos maçaricos e manômetros, através de porcas com rosca para a direita (oxigênio) e rosca para a esquerda (acetileno). Isso é para evitar a troca das mangueiras.



Figura 3 – Mangueiras.

O **regulador de pressão** é uma válvula que serve para medir a pressão existente no cilindro e reduzir a pressão para o sistema de trabalho.





Figura 4 – Regulador de pressão.

O regulador de pressão é constituído por:

- Um manómetro de maior pressão e um de menor pressão;
- Um parafuso de ajuste;
- Um diafragma de válvula reguladora.

A **válvula de segurança** é uma válvula intercetadora de explosão, destinada a parar qualquer tipo de retrocesso de gás combustível ou comburente. Pode ser adaptada no maçarico, mangueiras e reguladores de pressão.



Figura 5 – Válvula de segurança.



## *Posto de Soldadura*

É o local onde o soldador trabalha e pode ser uma cabine de soldadura ou um outro local onde seja necessário executar a soldadura ou corte.

Existem algumas precauções a ter em conta:

- Não se devem soldar ou cortar peças pintadas ou encharcadas de óleo ou graxa;
- O local deve ter boa ventilação, para a exaustão de fumo;
- O local deve ter boa iluminação;
- Deve haver no local um extintor;
- O local deve ser adaptado para as normas de segurança;
- Os equipamentos devem estar em bom estado de conservação.

## *Acender e Apagar o Maçarico*

a sequência para acender a chama de aquecimento é a seguinte:

1. Desapertar totalmente o parafuso de regulação do regulador de pressão (oxigénio e combustível);
2. Abrir a válvula do cilindro de oxigénio e combustível;
3. Abrir totalmente o volante do oxigénio de aquecimento do maçarico;
4. Com o volante aberto, regular a pressão desejada do oxigénio de aquecimento, fechando-o em seguida;
5. Abrir totalmente o volante do combustível do maçarico;
6. Com o volante aberto, regular a pressão desejada do combustível, fechando-o em seguida;
7. Abrir levemente o volante do combustível e acender a chama;
8. Ajustar a chama de aquecimento desejada através dos volantes do maçarico (oxigénio e combustível).

A sequência para apagar a chama de aquecimento é a seguinte:

1. Regular a chama para oxidante;
2. Fechar a válvula do acetileno do maçarico;
3. Fechar a válvula do oxigénio do maçarico;
4. Fechar as válvulas dos cilindros de oxigénio e do combustível;



5. Abrir os volantes de oxigênio e combustível do maçarico, para esvaziar as mangueiras;
6. Quando os manômetros dos reguladores (oxigênio e combustível) estiverem com a indicação pressão zero, desapertar os parafusos de regulação dos reguladores de pressão;
7. Deixar abertos os volantes do maçarico;
8. Arrumar as mangueiras e o maçarico sobre o suporte adequado.

### *Desvantagens do Processo*

- Limitado basicamente a aços de baixo carbono e de baixa liga;
- Dependendo da composição química do metal de base, pode propiciar alterações na estrutura metalúrgica do material afetando, conseqüentemente, as propriedades mecânicas do mesmo;
- Riscos decorrentes da projeção de materiais fundidos a distâncias consideráveis;
- Apresenta uma baixa velocidade de corte em relação a outros processos de corte mais modernos.

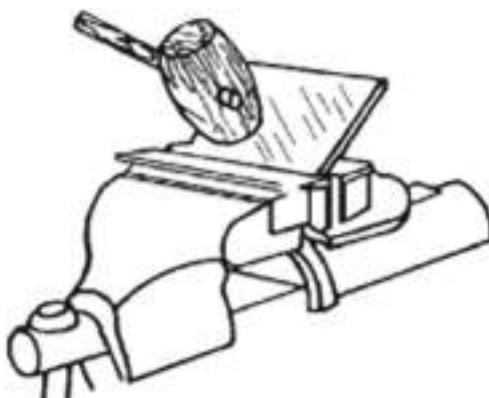
### *Aplicações Industriais*

- Desempeno de estruturas em geral;
- Desmontagem de equipamentos em geral;
- Pré-aquecimento e/ou pós-aquecimento de juntas;
- Preparação de chapas na indústria mecânica e naval;
- Tratamento térmico de peças avulsas.

## **QUINAGEM DE CHAPA FINA**

**Quinagem** é a operação que é feita pela aplicação de uma dobra no material. A quina é a parte do material plano que é flexionada sobre uma base de apoio. Na Figura 7 ao lado vemos uma chapa presa a um torno de bancada sendo dobrada com o auxílio de um maço.

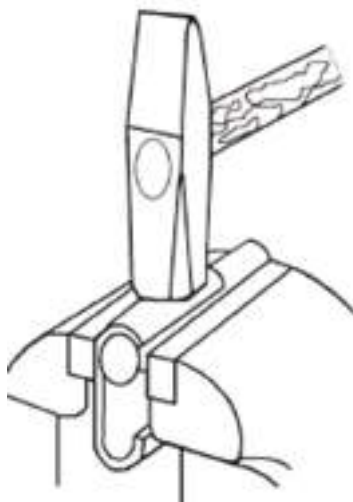




*Figura 7 – Quinagem de uma chapa com auxílio de um torno de bancada.*

**Dobragem** é a operação feita pela aplicação de uma dobra ao material produzido. Dobra é a parte de um material plano que apresenta uma curvatura ou arqueamento. Na Figura 8 vemos uma operação de dobragem de uma chapa com o auxílio de um dispositivo cilíndrico preso ao torno de bancada.

a dobragem da chapa é obtido por meio das pancadas de um martelo. Nas operações de dobragem e quinagem, o esforço de flexão é feito com intensidade, de modo a provocar uma deformação permanente no material.



*Figura 8 – Dobragem com auxílio de um martelo.*

A quinagem pode ser feita manualmente ou com auxílio de uma máquina. Quando a operação é feita manualmente, usam-se ferramentas específicas e gabaritos para agarrar as peças. quando a operação é feita com uma máquina, usam-se as chamadas prensas



ou quinadeiras. A escolha de utilização de um ou outro tipo de operação depende das necessidades de produção. A operação de quinagem é feita, na maior parte das vezes, a frio, mas pode ser feita a quente, em casos especiais.

## Deformação Elástica e Plástica

A operação de quinagem provoca uma deformação permanente no material trabalhado, designada por deformação plástica. Antes desta deformação, porém, ocorre uma outra, chamada deformação elástica, que não é permanente. Todo processo de deformação acontece do seguinte modo: tomemos como exemplo uma mola. Quando tracionamos com pouco esforço e a soltamos, ela volta à sua posição inicial. Este tipo de deformação chama-se **deformação elástica**. Se, entretanto, tracionarmos com muito esforço, o material ultrapassa a sua resistência à deformação e não retorna mais à sua forma inicial. Desse modo, o material é deformado permanentemente. Chama-se a esta deformação, **deformação plástica**, embora nesta fase o material também apresente uma certa recuperação elástica.

Portanto, ao se projetar uma operação de quinagem, é preciso calcular corretamente o ângulo de quinagem que se quer. O ângulo deve ser calculado com uma abertura menor do que a desejada, para que depois da recuperação elástica a peça fique com a quina na dimensão prevista.

## Quinagem Manual

Na quinagem manual, o esforço de flexão é exercido manualmente, com o auxílio de ferramentas e dispositivos tais como o martelo, torno de bancada, cantoneira e calços protetores, como mostra a

Figura 9.

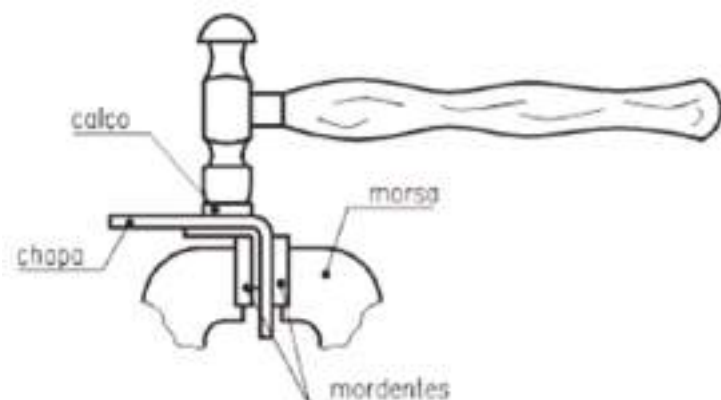


Figura 9 – Quinagem manual.



Numa operação deste tipo, a escolha da ferramenta de impacto, como o martelo, tem que ser adequada à espessura do material a ser quinado. Além disso, para evitar deformações, devem ser usados calços protetores para a peça a ser quinada.

### Quinadeiras

As **quinadeiras manuais** são máquinas acionadas manualmente e de grande uso nas indústrias que produzem gabaritos, perfis, armários etc. Estas máquinas movimentam-se pela aplicação da força de um ou mais operadores.



Figura 10 – Quinadeira manual.

Para operar essas máquinas, o operador precisa ter conhecimentos de cálculo de dobra, de preparação do material e de ajuste da quinadeira. Dependendo do trabalho a ser executado, as dobras são feitas com o auxílio de dispositivos especiais, existentes ou adaptados à quinadeira. Esta operação é amplamente utilizada na confecção de perfilados, abas, corpos de transformadores etc.

A quinagem pode ainda ser executada com recurso a uma máquina, normalmente uma prensa **quinadeira** (Figura 11).



Figura 11 – Quinadeira.



É uma máquina que executa operações de quinagem em chapas de diversas dimensões e espessuras, com medidas predeterminadas. É, geralmente, uma máquina de grandes dimensões, formada por uma barra de pressão à qual é acoplado o estampo com movimento vertical, e uma matriz localizada na mesa inferior da máquina. Grande número de prensas quinadeiras apresenta a mesa inferior fixa e a barra de pressão móvel. Entretanto, podem-se encontrar modelos que têm a barra fixa e a mesa inferior móvel. Muitas quinadeiras chegam a atingir mais de 6 m de comprimento.

O trabalho é feito por meio da seleção de punções e matrizes, de acordo com as medidas e o formato que se deseja dar à chapa. A prensa quinadeira pode se movimentar por energia mecânica ou hidráulica. Os modelos mais recentes têm comandos orientados por computador, que permitem fazer uma série de dobras diferentes na mesma peça, reduzindo o manuseio e o tempo de fabricação.

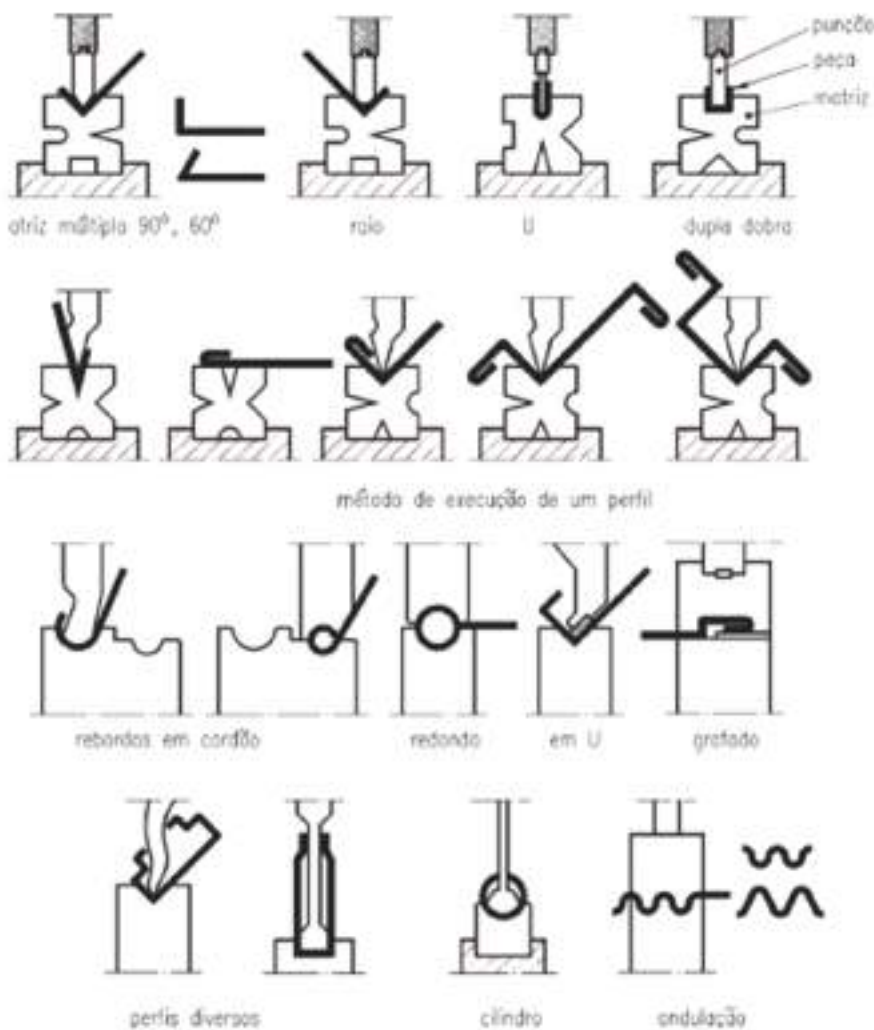


Figura 12 – Operações de quinagem.





## DOBRAGEM

A operação de **dobragem** é feita manualmente, por meio de dispositivos e ferramentas, ou à máquina, com auxílio da calandra, que é uma máquina de dobrar chapas, perfis e tubos.

Na dobragem manual, o esforço de flexão para a operação é feito à mão, com o auxílio de martelo, grifa e gabaritos, sempre de acordo com o raio de curvatura desejado. Esta operação permite fazer cilindros de pequenas dimensões, suportes, flanges para tubagens, etc.

### Calandra

A **calandra** é constituída por um conjunto de rolos ou cilindros, com movimento giratório e pressão regulável. O material a ser curvado é colocado entre rolos que giram e pressionam até que a curva esteja de acordo com as dimensões desejadas.

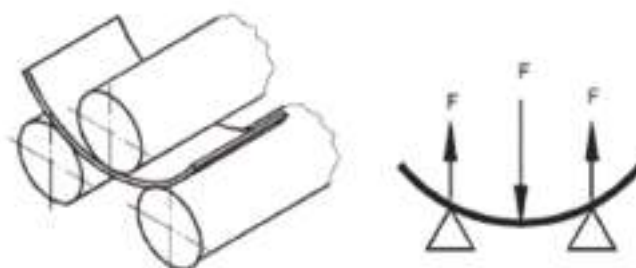


Figura 13 – Calandragem: dobragem com uma calandra.

A calandra permite curvar peças de acordo com o raio desejado. O encurvamento é feito por meio dos rolos, que podem ser fixos ou móveis. Rolo fixo é aquele que tem apenas o movimento giratório. Rolo móvel é aquele que, além de girar, também pode ser movimentado para cima e para baixo. Desse modo, o raio de curvatura varia de acordo com a distância entre os rolos.

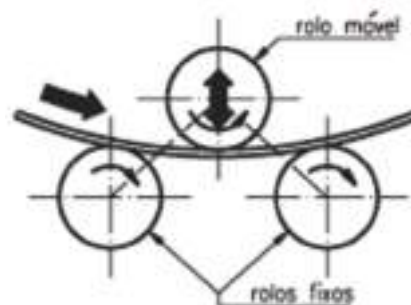
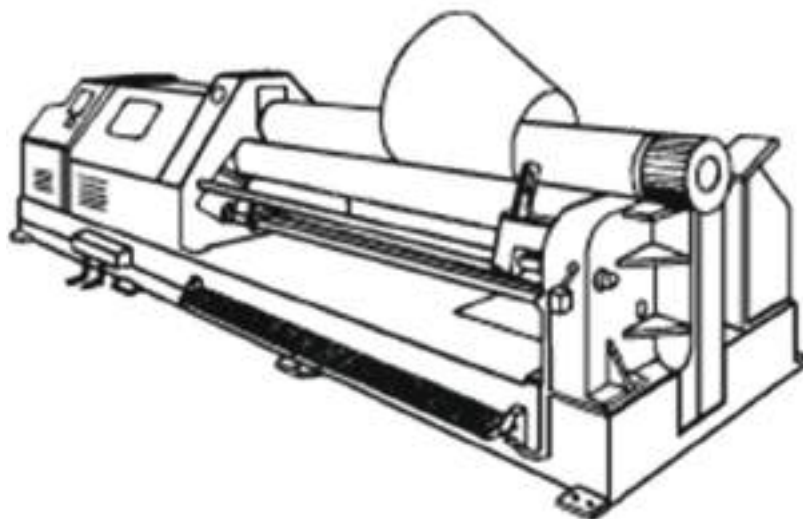


Figura 14 – Operação de calandragem.



Nas calandras podem ser curvadas chapas de acordo com o raio desejado. Quando se quer produzir um cone, cujos raios de curvatura são diferentes, recorre-se a um tipo especial de calandra, que possui rolos inferiores que se deslocam inclinados entre si, no sentido vertical (Figura 15).



*Figura 15 – Calandragem de um cone.*



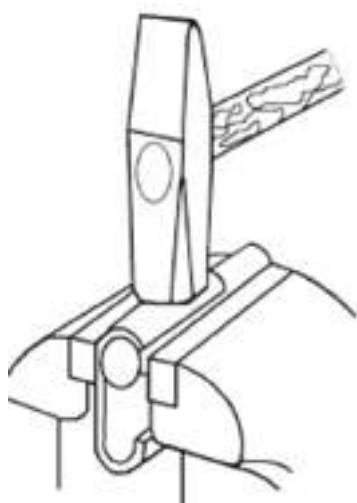
# EXERCÍCIOS TEÓRICOS

**EXERCÍCIO 1.** Diga quais são os gases usados no processo de corte oxiacetilénico.

**EXERCÍCIO 2.** Indique os principais equipamentos usados neste processo.

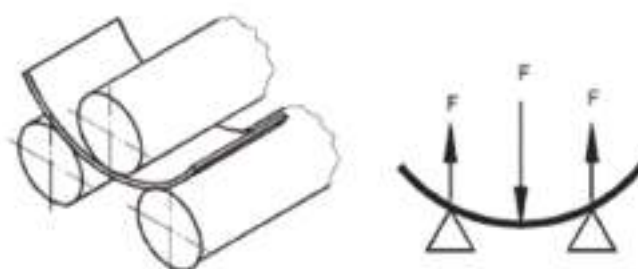
**EXERCÍCIO 3.** Indique algumas precauções a ter no posto de soldadura.

**EXERCÍCIO 4.** Que nome se dá à operação mostrada na figura? Quais são as ferramentas representadas?



**EXERCÍCIO 5.** Explique o processo de quinagem, recorrendo às definições de deformação elástica e plástica.

**EXERCÍCIO 6.** Qual a ferramenta que permite fazer a dobragem de uma chapa como mostra a figura?



# TECNOLOGIA DA CHAPA

Pode-se dividir o corte de chapa por meios mecânicos (sem arranque de apra e sem fusão) em dois tipos: corte com punção (e matriz) e corte com tesouras (ou lâminas). O corte com tesouras (lâminas) é aplicado ao corte plano linear em guilhotinas enquanto que o corte com punção (pode ser linear ou curvilíneo) é aplicado ao corte plano em prensas ou em puncionadoras.

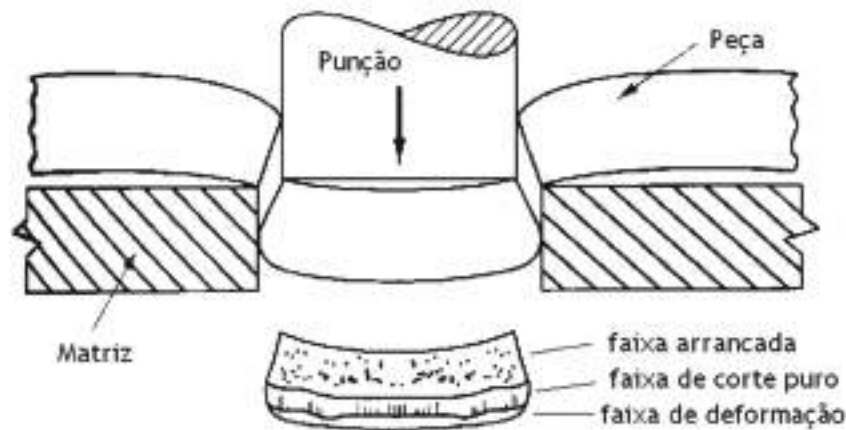


Figura 1 – Corte por punção.

A Figura 1 mostra o mecanismo de corte com a execução de um furo numa peça com um punção de corte e uma matriz. Pode-se observar que a zona cortada é formada por três regiões distintas sujeitas a três mecanismos diferentes: uma zona de deformação plástica (esmagamento) provocada pelo contacto direto do punção com a peça (faixa de deformação), uma zona de corte propriamente dito (faixa de corte puro) e uma terceira zona (normalmente a maior) em que o metal é arrancado por perda de capacidade de resistência mecânica (faixa de arrancamento rugosa). Esta última zona é a responsável pela relativamente má qualidade da superfície de corte.

É necessária uma pequena folga entre o punção e a matriz (5 a 10% da espessura da chapa) de forma a evitar defeitos de corte e o desgaste excessivo das ferramentas. Como se pode também observar na figura, o diâmetro do furo é definido pelo punção, uma vez que a região de corte da peça encosta (por deformação plástica) ao punção, enquanto que o diâmetro da peça arrancada corresponde ao diâmetro da matriz (também devido



à deformação plástica). As tolerâncias conseguida são relativamente elevadas (0,1 mm em corte único e 0,2 mm em corte com posicionamento). A utilização de um extrator entre a peça e a matriz permite aumentar a precisão do corte e diminuir as folgas necessárias, além disso, uma vez que a zona do furo pressiona o punção, serve para impedir o arrastamento da peça pelo punção quando este é retirado.

## Guilhotina

A **guilhotina** permite efetuar um corte linear progressivo (com penetração da lâmina de corte de 30 a 60% dependendo da espessura e largura da chapa e com um ângulo de 85° da superfície de corte). As guilhotinas que podem ser mecânicas (Figura 2) ou hidráulicas (Figura 3), são máquinas constituídas por dois montantes que apoiam uma mesa que suporta a lâmina fixa, um porta-lâminas com movimento que suporta a lâmina móvel, uma unidade de acionamento do porta-lâminas e um sistema de calcamento do material a cortar (Figura 4).



Figura 2 – Guilhotina mecânica.

As guilhotinas mecânicas têm como vantagens serem rápidas (40 a 100 ciclos por minuto), com uma velocidade de corte elevada (minimiza a torção e o arco na direção de corte) e como desvantagens o curso curto e dificuldades de proteção contra sobrecargas (menor segurança).

As guilhotinas hidráulicas possuem cursos longos e proteção eficiente contra sobrecargas mas são mais lentas e com menor velocidade de corte o que obriga a folgas entre lâminas superiores (mais força nos calcadores).





Figura 3 – Guilhotina hidráulica.

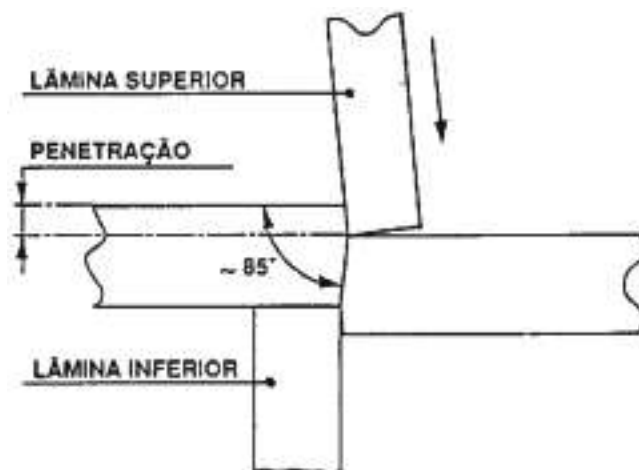


Figura 4 – Princípio de funcionamento da guilhotina.

## Parâmetros de Corte

Quanto maior for o ângulo de corte menor é a força necessária (corte progressivo), mas maior a torção e o arco na chapa e maior necessidade de força nos calcadores.

A folga entre as lâminas aumenta com a espessura e a dureza dos materiais (valor típico: 10% da espessura). O ângulo de ataque da lâmina (cerca de 2%) evita defeitos de corte (duplo corte e rebarba) e evita o desgaste das lâminas.

Quanto maior a velocidade de corte melhor é a qualidade (redução da torção das tiras).



## Corte em Prensa

No **corte em prensa** utilizam-se prensas mecânicas ou hidráulicas e cortantes constituídos por uma matriz que serve de apoio para a chapa e um punção que corta um contorno na mesma chapa.

Existem vários fatores que regulam o corte em prensa para além da folga entre o punção e a matriz como são os relacionados com as ferramentas (corte progressivo; guiamento; estado e desgaste; ângulo de corte) e com o material (contração elástica).

Os fatores que condicionam a conceção de uma ferramenta de corte são: a importância da série; o tipo de material e espessura; a qualidade exigida (precisão e aspeto); o perfil a cortar (forma da peça); a cadência e a alimentação; facilidade de manutenção da ferramenta (afiar, montar e desmontar).

O estado da superfície cortada está diretamente relacionado com o desgaste da ferramenta e determina o momento de afiação da ferramenta. Para além disso o aspeto da superfície depende também das características da chapa, da folga entre punção e matriz e do estado da prensa. O corte em prensa é indicado para grandes séries.

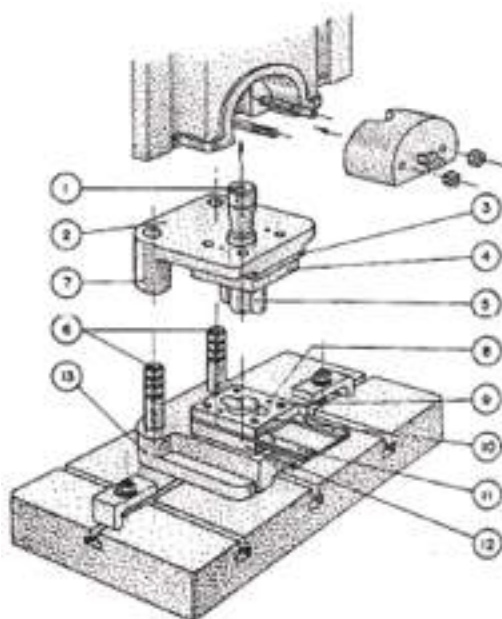


Figura 5 – Corte em prensa: 1 – Espiga ou nariz; 2 – Cabeçote ou base superior; 3 – Placa de choque; 4 – Porta-punção; 5 – Punção; 6 – Colunas de guia ou cavilhas; 7 – Buchas ou casquilhos; 8 – Pinos de fixação; 9 – Parafusos de fixação; 10 – Extrator ou placa de guia; 11 – Guias da chapa ou calços de guia; 12 – Matriz; 13 – Base inferior ou bloco inferior; 14 – Mesa da prensa; 15 – Mordaza de aperto do nariz ou dedo de aperto; 16 – Corrediça da prensa.



## SERROTE MECÂNICO

O corte de um pedaço de barra ou material perfurado de grande secção para fabricação de uma peça é uma operação que se apresenta com frequência no trabalho oficial.

Embora se pudesse fazê-lo com o serrote manual, essa operação seria extremamente demorada e fatigante, por isso, se utiliza na maior parte dos casos o serrote mecânico.

Existem vários tipos de serrotes mecânicos:

- Serrotes alternativos;
- Serrotes circulares;
- Serrotes de fita.



*Figura 5 – Serrote de fita.*



*Figura 6 – Serrote circular.*





### Serrote Alternativo

Os serrotes alternativos são parecidos com os serrotes manuais, uma vez que têm uma armação em arco e uma folha de serrote cortante (Figura 7) mas, em geral, de maiores dimensões e de maior robustez. O seu acionamento é mecânico.

À armação em arco está presa uma biela que, por sua vez, é acionada por um volante. Quando esta roda, a armação em arco é animada de um movimento de vaivém semelhante ao movimento da serragem manual. O curso útil é o de recuo e, por isso, como já foi dito mais atrás, a folha de serra deve ser colocada em posição inversa da folha de serrote manual.



*Figura 7 – Folha de serrote.*

A técnica de trabalho destas folhas de serra não apresenta dificuldades, aquilo que há que ter presente é a colocação da peça a serrar, para que ofereça, à passagem da folha de serra, o número possível de arestas vivas, visto que estas travam o movimento dos dentes da folha de serra. Quando se tem de serrar ferro laminado é necessário saber colocar o perfil corretamente entre as maxilas de aperto.

Ao iniciar-se o trabalho de corte, é conveniente auxiliar a serra nos primeiros movimentos até estar encetado o corte. A folha de serra deve, nesta altura, estar livre de contrapeso, seja qual for a dureza do material, assim se evita que os dentes cortantes sofram esforço excessivo.

Também o uso de contrapesos deve ser objeto de certos cuidados. Sendo, embora, verdade que eles fazem economizar tempo quando se corta material macio como por



exemplo o latão, o cobre, o zinco, etc., também é verdade que, com materiais duros, podem fazer partir os dentes da folha de serra em virtude do excesso de esforço, nesses casos é melhor trabalhar sem eles.

## Serrote Circular

Já vimos ao estudar os serrotes alternativos, há no seu ciclo de trabalho um tempo morto. Isso, naturalmente, origina menor rendimento e, para obviar essa tal falta de rendimento, aparecem os **serrotes circulares**, que produzem trabalho continuamente e asseguram o constante corte do material.

Assim, os mais rápidos serrotes alternativos são incapazes de competir em termos de rendimento com os serrotes circulares.

Apesar disso, estes serrotes, que têm enorme capacidade de corte, são pouco usados nas oficinas mecânicas onde não há necessidade de executar muitos cortes e para corte de peças de grande diâmetro, pois como a **serra de disco** (Figura 8) é bastante espessa e desperdiça maior quantidade de material, que varia entre os 7 mm e os 8 mm por cada corte. Se tivermos de fazer uma grande quantidade de cortes deste tipo, o material desperdiçado pela serra circular pode ser muito e, no caso de aços duros, bastante caros, a operação é antieconômica. Na realidade, o uso dos serrotes circulares restringe-se às oficinas de serralharia civil onde se tem de cortar perfilados de ferro das mais variadas formas.



Figura 8 – disco de serra.



Os serrotes circulares são construídos com grande diversidade de modelos e tamanhos, adaptando-se a todas as necessidades. Há hoje em dia no mercado modelos simples e modelos mais complicados e dotados de automatismos diversos. Nestas máquinas, nada mais há a fazer que colocar o material corretamente no carro porta-peça, regular o comprimento de material a cortar e pôr a máquina em funcionamento. Todos os movimentos são executados manualmente: a fixação do material, o avanço da serra de disco até ele, o recuo do disco no fim do corte, a libertação da peça cortada, o avanço do material para novo corte, etc.

A velocidade de corte para estas ferramentas é expressa em m/min e varia notavelmente com o material a cortar. Para ligas leves, por exemplo, oscila entre os 8 e os 10 m/min.

O material a cortar é colocado na mesa da máquina e fortemente preso por meio de maxilas de aperto comandadas manualmente por um sistema de volante e é regulável para cortes em sutamento. Para graduar o comprimento das peças a cortar, quando se trate de corte de peças em série, existe uma espera medidora que se regula com o comprimento desejado desde o disco de serra até ao extremo da espera. Quando se trata de corte individual deve-se utilizar uma escala de régua graduada ou uma fita métrica e o processo mais comum é; descer manualmente o disco de serra até este tocar no material e gradualmente ir acertando o material até à medida desejada e só depois fixar o mesmo nas maxilas de aperto.

Os discos de serra, quando estão em pleno esforço de corte, libertam grandes quantidades de calor e necessitam de abundante refrigeração. A superfície de roçamento e a velocidade de rotação são grandes e exigem refrigeração não apenas para garantir maior vida do disco de serra como para evitar que o calor chegue a provocar deformação no material. A refrigeração utilizada normalmente é feita com óleos solúveis.

### **Serrote de Fita**

Os serrotes de fita são máquinas constituídas por dois enormes volantes com gornes revestidos de cortiça ou borracha sobre os quais é montada a grande fita sem-fim de aço do mesmo modo como se montaria uma correia. O movimento é dado por um motor elétrico que aciona diretamente um dos volantes e o outro roda por arrastamento e tem como única função sustentar a serra e guiar-lhe o movimento.



De um modo geral, este tipo de máquina tem mudanças de velocidades e abundante refrigeração, que é de grande importância em todas as serras. O dispositivo de variação de velocidades costuma ser constituído por um par de cones de gomes.

A velocidade de corte, tal como nas serras circulares, é expressa em m/min e varia de 12 a 300, conforme a natureza do material.

O material a cortar é colocado na mesa da máquina e fortemente preso por meio de maxilas de aperto comandadas manualmente por um sistema de volante. Para graduar o comprimento das peças a cortar, quando se trate de corte de peças em série, existe uma espera medidora que se regula com o comprimento desejado desde a fita de serra até ao extremo da espera.

Quando se trata de corte individual deve-se utilizar uma escala de régua graduada ou uma fita métrica e o processo mais comum é; descer manualmente o corpo que suporta a fita de serra até esta tocar no material e gradualmente ir acertando o material até à medida desejada e só depois fixar o mesmo nas maxilas de aperto.

As fitas de serra, quando estão em pleno esforço de corte, libertam grandes quantidades de calor e necessitam de abundante refrigeração. A superfície de roçamento e a velocidade de rotação são grandes e exigem refrigeração não apenas para garantir maior vida da fita de serra como para evitar que o calor chegue a provocar deformação no material. A refrigeração utilizada normalmente é feita com óleos solúveis.

### *Engenho de Coluna*

Os engenhos de furar são as máquinas que fornecem os movimentos necessários para a realização de uma furação.

As máquinas utilizadas para realizar uma furação podem ser: berbequim manual, berbequim elétrico, engenho de furar de bancada, engenho de furar de coluna, engenhos de furar radiais.

O engenho de furar de coluna, mostrado na Figura 18, é fixado diretamente ao chão pela sua base. Pela sua constituição permite o trabalho com brocas de grande diâmetro.

Neste tipo de engenhos de furar o movimento de avanço ou penetramento pode ser realizado manualmente ou automaticamente.





*Figura 9 – Engenho de furar de coluna.*

Para cada tipo de material a furar, material e diâmetro da broca existe uma velocidade de corte e penetramento ou avanço, como indica a Tabela 1.

Normalmente, os engenhos de furar têm um ábaco onde se pode ler a velocidade de corte e de avanço correspondente a cada diâmetro e material a furar.



VELOCIDADE E AVANÇO PARA BROCAS DE AÇO RÁPIDO									
MATERIAL		ACO 0.20 A 0.30%C (MACIO) E BRONZE	ACO 0.30 A 0.40%C (MEIO - MACIO)	ACO 0.40 A 0.50%C (MEIO - DURO) FERRO FUNDIDO	FERRO FUNDIDO (DURO)	FERRO FUNDIDO (MACIO)	COBRE	LATAO	ALUMINIO
VELOCIDADE-CORTE (m/min)		35	25	22	18	32	50	65	100
Ø DA BROCA (mm)	AVANÇO (mm/V)	ROTAÇÕES POR MINUTO (rpm)							
1	0,06	11140	7950	7003	5730	10186	15900	20670	31800
2	0,08	5570	3975	3502	2865	5093	7950	10335	15900
3	0,10	3713	2650	2334	1910	3396	5300	6890	10600
4	0,11	2785	1988	1751	1433	2547	3975	5167	7950
5	0,13	2228	1590	1401	1146	2037	3180	4134	6360
6	0,14	1857	1325	1167	955	1698	2650	3445	5300
7	0,16	1591	1136	1000	819	1455	2271	2953	4542
8	0,18	1392	994	875	716	1273	1987	2583	3975
9	0,19	1238	883	778	637	1132	1767	2298	3534
10	0,20	1114	795	700	573	1019	1590	2067	3180
12	0,24	928	663	584	478	849	1325	1723	2650
14	0,26	796	568	500	409	728	1136	1476	2272
16	0,28	696	497	438	358	637	994	1292	1988
18	0,29	619	442	389	318	566	883	1148	1766
20	0,30	557	398	350	287	509	795	1034	1590
22	0,33	506	361	318	260	463	723	940	1446
24	0,34	464	331	292	239	424	663	861	1326
26	0,36	428	306	269	220	392	612	795	1224
28	0,38	398	284	250	205	364	568	738	1136
30	0,38	371	265	233	191	340	530	689	1060
35	0,38	318	227	200	164	291	454	591	908
40	0,38	279	199	175	143	255	398	517	796
45	0,38	248	177	156	127	226	353	459	706
50	0,38	223	159	140	115	204	318	413	636

Tabela 1 – Velocidade e avanço para brocas de aço rápido.



### Velocidade de Corte

Para conhecer a velocidade de rotação a regular no engenho de furar deve-se aplicar a fórmula seguinte.

$$N = \frac{v \times 1000}{D \times 3,14}$$

em que N - Velocidade de rotação (rpm)

v – velocidade de corte (m/min)

D – Diâmetro da broca (mm)

Se a velocidade de rotação não corresponder à velocidade selecionável no engenho de furar, deve-se escolher a velocidade de rotação, existente no engenho de furar, imediatamente abaixo.

### Velocidade de Avanço

A velocidade de avanço é o comprimento de broca que penetra na peça por cada rotação da broca. A velocidade de avanço é expressa em mm/rot.

### Lubrificação

O fluido utilizado na furação tem como função principal de arrefecer a broca. Para cada tipo de material existe um fluido apropriado a utilizar, havendo materiais que não necessitam de fluido de lubrificação, como indica a Tabela 2.

Material	Refrigeração
Aço até 40 kg/mm <sup>2</sup>	Óleo solúvel
Aço até 60 kg/mm <sup>2</sup>	Óleo
Aço até 80 kg/mm <sup>2</sup>	Óleo
Gusa cinzenta até 18 kg/mm <sup>2</sup>	A seco
Gusa cinzenta até 22 kg/mm <sup>2</sup>	Óleo solúvel
Latão até 40 kg/mm <sup>2</sup>	Óleo solúvel ou outro
Bronze até 30 kg/mm <sup>2</sup>	A seco
Alumínio puro	Óleo solúvel ou outro

Tabela 1 - Fluidos de refrigeração para diversos tipos de materiais.



# EXERCÍCIOS TEÓRICOS

**EXERCÍCIO 1.** Qual o nome que se dá à ferramenta mostrada na figura?



**EXERCÍCIO 2.** Quais as vantagens e as desvantagens das guilhotinas mecânicas em relação às hidráulicas?

**EXERCÍCIO 3.** Diga quais são os tipos de serrotes mecânicos que conhece.

**EXERCÍCIO 4.** Identifique os serrotes mecânicos das figuras.





# ACABAMENTO DE SUPERFÍCIES

Os materiais para construção mecânica, pelas exigências da moderna tecnologia vêm-se caracterizando pela crescente precisão do acabamento superficial e emprego de folgas cada vez sob maior controle.

Estas exigências são tanto mais importantes quanto se considerar os ajustes, o atrito, o desgaste, a corrosão, aparência, resistência à fadiga, escoamento de fluidos, etc., ou seja, as ocorrências que normalmente se verificam na montagem das peças ou quando estas estão em serviço.

As superfícies metálicas caracterizam-se por apresentarem uma superfície com riscos ou rugosidades que exigem muitas vezes um controle rigoroso.

Podem definir-se alguns conceitos relacionados com a rugosidade:

- **Rugosidade:** irregularidades superficiais pequenas, inclusive as resultantes dos processos de maquinação;
- **Altura da rugosidade:** distância entre o pico e o vale, ou média dos desvios em relação à linha média;
- **Comprimento da rugosidade:** distância paralela à superfície normal (geométrica) entre dois picos ou vales consecutivos;

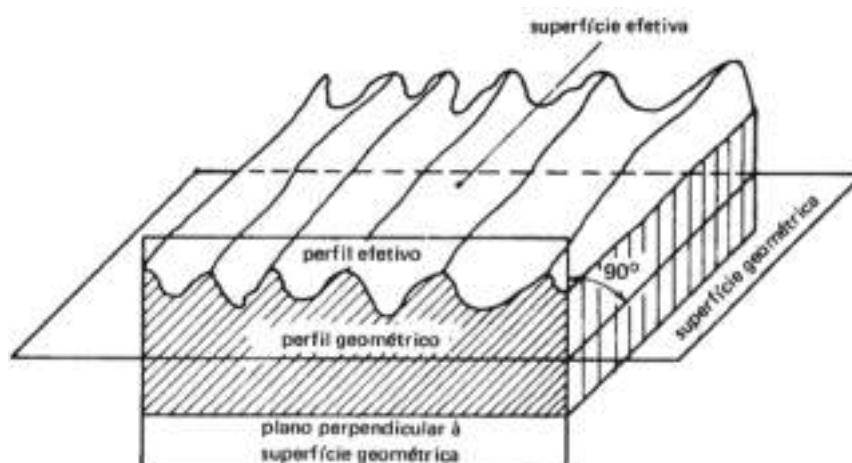


Figura 1 – Rugosidade.

- **Comprimento de amostragem:** maior comprimento de irregularidades superficiais incluído na determinação da altura da rugosidade;



- **Ondulação:** irregularidade superficial mais espaçada que a rugosidade;
- **Sulcos:** marcas deixadas pela ferramenta;
- **linha média:** linha paralela à direção geral do perfil, no comprimento da amostragem, colocada de tal modo que a soma das áreas superiores, compreendidas entre ela e o perfil efetivo, seja igual à soma das áreas inferiores, no comprimento de amostragem.

O acabamento superficial de peças é variável e depende do tipo de fabrico utilizado. Existem vários processos de acabamento superficial de peças. Uma peça fundida, por exemplo, poderá ter vários tipos de acabamento, pode ser maquinada em máquina-ferramenta, maquinada manualmente, pintada, etc.

Os componentes mecânicos cujo processo de fabrico seja maquinado em torno ou fresadora terão, de um modo geral, um tipo de acabamento dado pelo próprio operador da máquina-ferramenta, com lima murça e lixa.

Em alguns casos, as peças podem também ter de ser sujeitas a um tratamento superficial para que o material fique endurecido, para que o seu desgaste se torne mais demorado. Este processo de tratamento superficial chama-se tratamento térmico que poderá ser por têmpera ou cementação. Normalmente este tipo de peças, depois de serem tratadas termicamente, estão sujeitas a um novo processo de acabamento superficial chamado retificação. Outro processo de acabamento superficial de peças é o do revestimento. Este é um processo de micropulverização de ligas que consiste basicamente na projeção de camadas de materiais metálicos ou não metálicos, depositados no estado de fusão ou semifusão sobre uma superfície devidamente preparada.

### *CLASSIFICAÇÃO DO ACABAMENTO DE SUPERFÍCIES*

Como já foi dito, 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 que uma peça trabalhada no torno ou na fresadora.

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 duas superfícies de peças diferentes que devem ficar em contacto.

Para indicar o grau de acabamentos superficiais das peças utilizam-se nos desenhos certos sinais e, nalguns casos, recorre-se mesmo a indicações escritas.

A natureza de uma superfície fica definida pelo seu tipo de qualidade. Quanto à classificação do tipo de superfície podem considerar-se três casos:

- Superfícies em bruto;
- Superfícies trabalhadas;
- Superfícies com tratamento especial.

### **Superfícies em Bruto**

São aquelas superfícies que não são trabalhadas, ficando tal como as deixaram certos processos de fabrico como, por exemplo, a fundição, o forjamento, a laminagem ou o oxicorte.

### **Superfícies Trabalhadas**

Em geral são superfícies trabalhadas por processos de corte com ou sem arranque de aparas, tais como o torneamento, a fresagem, o aplainamento ou a retificação.

### **Superfícies com Tratamento Especial**

São as que, sendo inicialmente de um dos dois tipos anteriormente indicados, recebem um tratamento especial que lhes confere determinada aparência ou certas propriedades, como é o caso da pintura, niquelagem, decapagem, têmpera, etc.

## **QUALIDADE DAS SUPERFÍCIES**

Quanto à qualidade das superfícies, há que distinguir:

- Grau de uniformidade;
- Grau de acabamento.



### Grau de Uniformidade

Refere-se aos maiores ou menores desvios que a forma da superfície pode apresentar em relação ao que deveria ser a forma geométrica perfeita. Estes desvios traduzem-se nos chamados erros de forma ou ondulações.

### Grau de Acabamento

Está relacionado 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.

Na figura em baixo, é representado um perfil de uma peça (convenientemente ampliado), em que se põe em evidência a rugosidade da superfície.

Na figura 2 é assinalada a **linha média do perfil** que é a linha cuja forma corresponde ao perfil da peça tal como é definido pelo desenho ou pelo processo de fabricação sem a consideração de erros de forma e de rugosidade e cuja posição é tal que as áreas totais tracejadas da figura acima e abaixo da linha média são iguais.

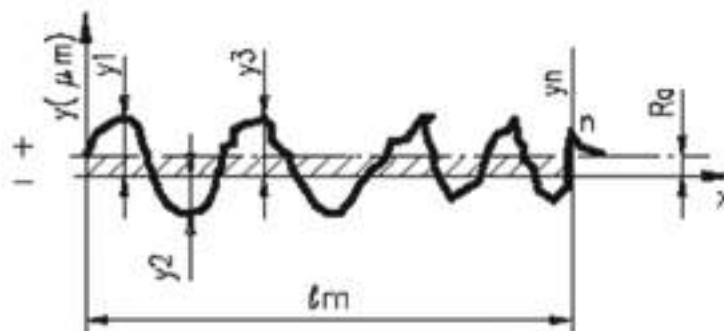


Figura 2 – Rugosidade:  $R_a$  – Linha média do perfil.

A altura média das irregularidades é definida pelo valor médio das ordenadas do perfil em relação à linha média e é uma medida de rugosidade que é costume designar-se por **valor de rugosidade**.

A determinação da linha média e, conseqüentemente, da rugosidade da superfície é feita a partir da fixação de um determinado comprimento de base ( $l_m$ ) que se pode definir como o comprimento do perfil da superfície escolhido para avaliar a rugosidade da superfície.



Também se pode definir a **altura máxima** das irregularidades, que é a distância entre duas linhas paralelas à linha média tangentes ao perfil nos pontos mais alto e mais baixo, dentro dos limites do comprimento de base.

## CLASSES DE RUGOSIDADE

Para caracterizar a rugosidade da superfície das peças a norma ISO 1302 define doze classes de rugosidade, numeradas de N 1 a N 12, que são caracterizadas em termos de valor assumido para cada classe, de acordo com a tabela abaixo representada.

Número da classe de rugosidade	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
Valor da rugosidade $R_a$ ( $\mu\text{m}$ )	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50

*Tabela 1 – Classes de rugosidade.*



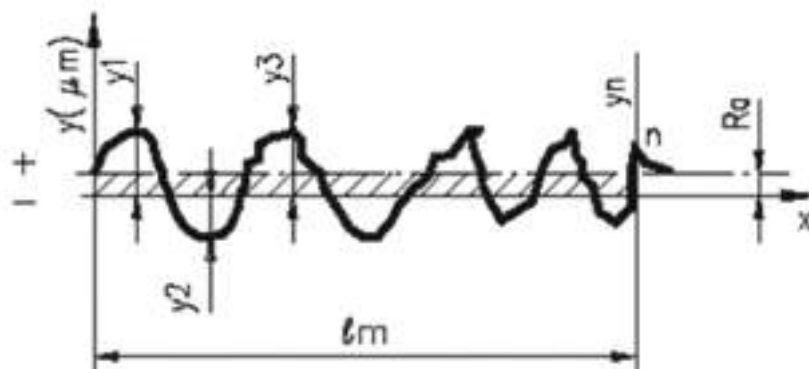
# EXERCÍCIOS TEÓRICOS

**EXERCÍCIO 1.** Defina:

- Rugosidade;
- Altura da rugosidade;
- Comprimento da rugosidade.

**EXERCÍCIO 2.** A natureza de uma superfície fica definida pelo seu tipo de qualidade. Indique os três tipos de classificação das superfícies.

**EXERCÍCIO 3.** Considere a figura seguinte. Diga como está definida a linha média do perfil.



# 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);

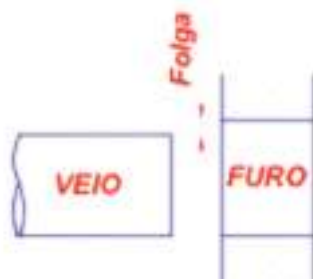


Figura 1 – Ajustamento com folga.

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

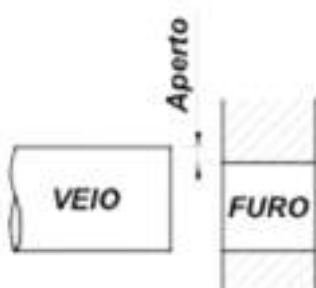


Figura 2 – Ajustamento com aperto.



- **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.

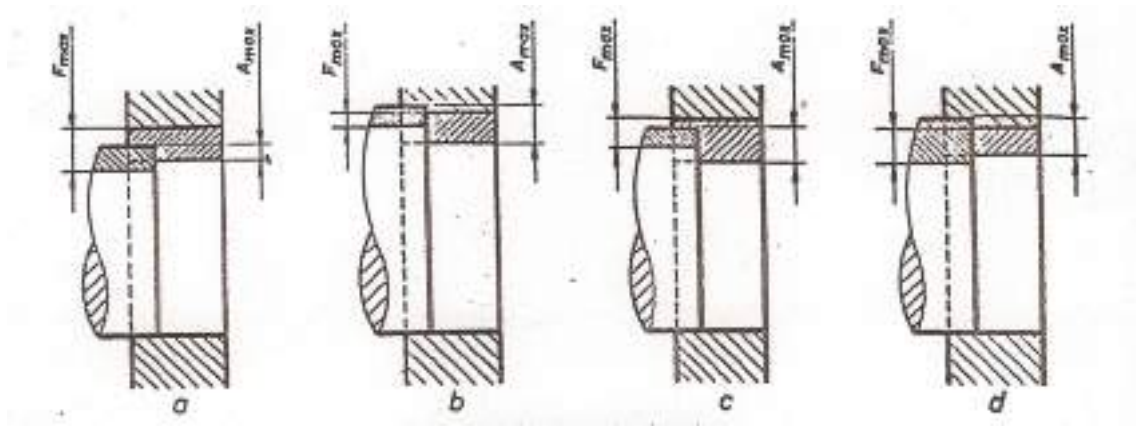


Figura 3 – Ajustamento incerto.

### Ajustamento com Folga

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

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

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

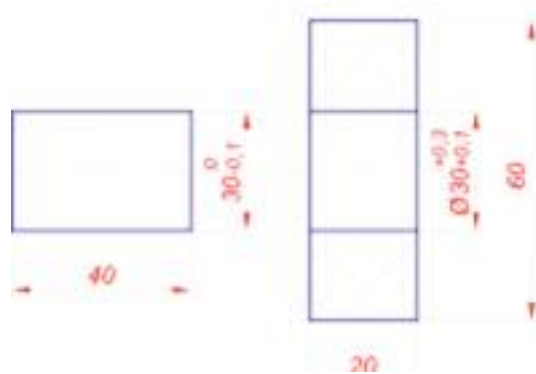


Figura 4 – Ajustamento com folga.

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**.





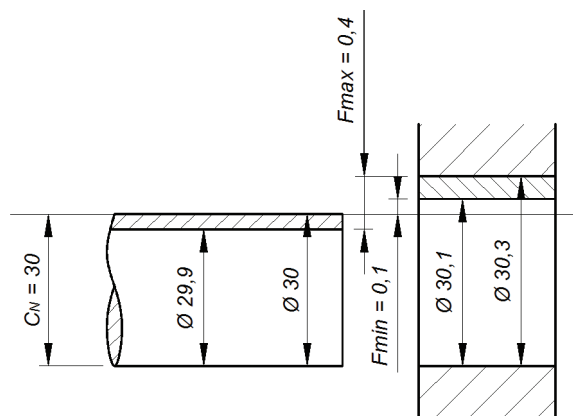


Figura 5 – Folga.

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

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

### Ajustamento com Aperto

Suponhamos um veio e um furo com as cotas toleranciadas.

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

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.

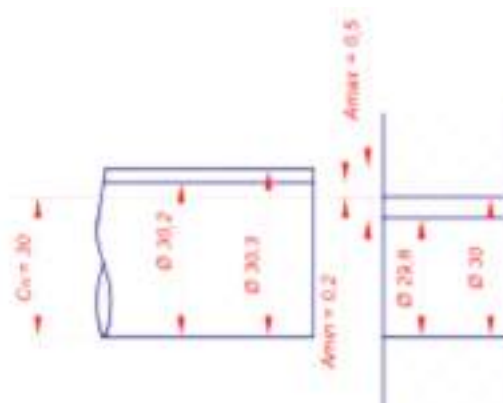


Figura 6 – Aperto.

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

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



## Ajustamento Incerto

Suponhamos um veio e um furo com as cotas toleranciadas:

$$\text{VEIO } \varnothing 30_{0}^{+0,3}$$

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

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.

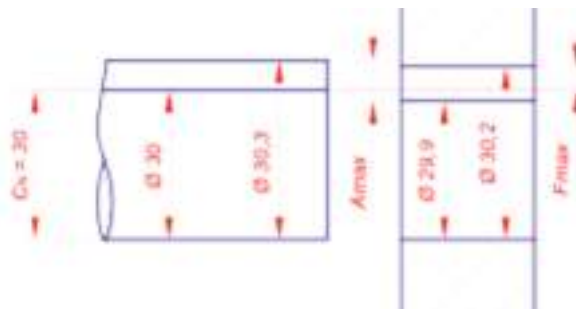


Figura 7 – Ajustamento incerto.

$$\text{Folga máxima: } F_{\text{máx}} = C_{\text{máx}F} - C_{\text{mín}V} = 30,2 - 30 = 0,2 = 200 \mu$$

$$\text{Aperto máximo: } A_{\text{máx}} = C_{\text{máx}V} - C_{\text{mín}F} = 30,3 - 29,9 = 0,4 = 400 \mu$$

## 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

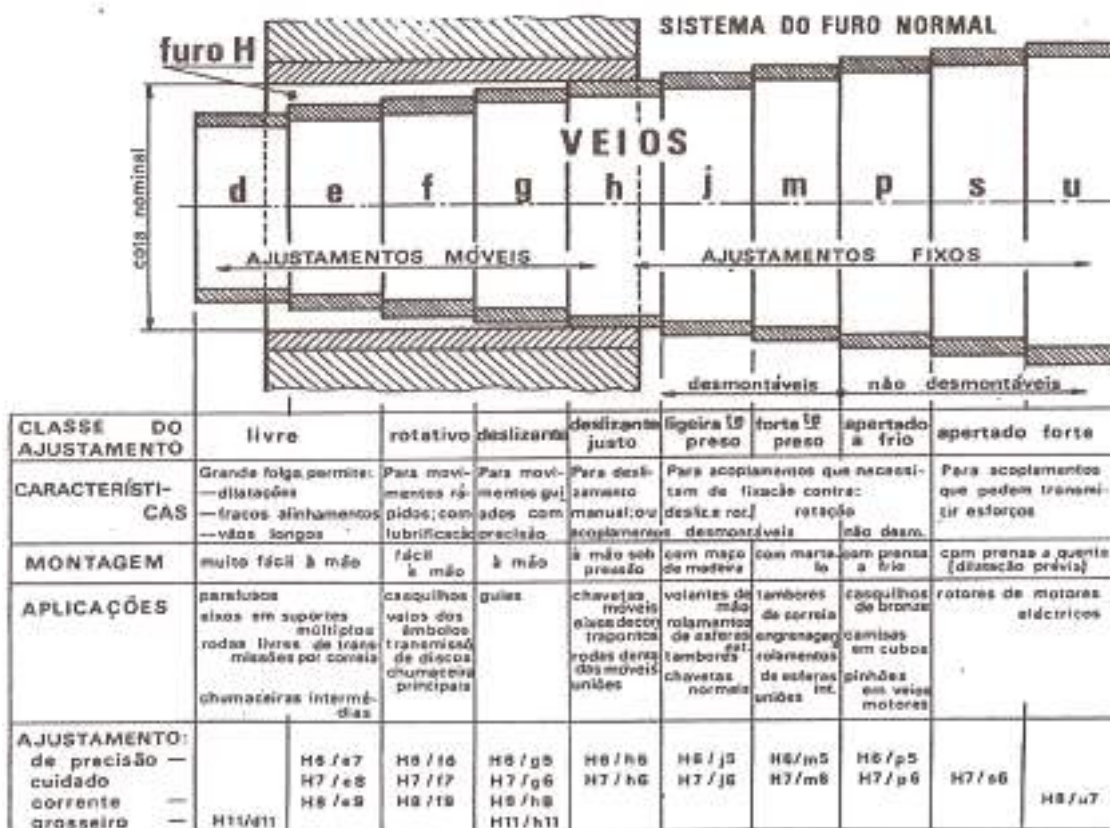


Figura 8 – Ajustamentos recomendados.

## 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 conseqüente 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).

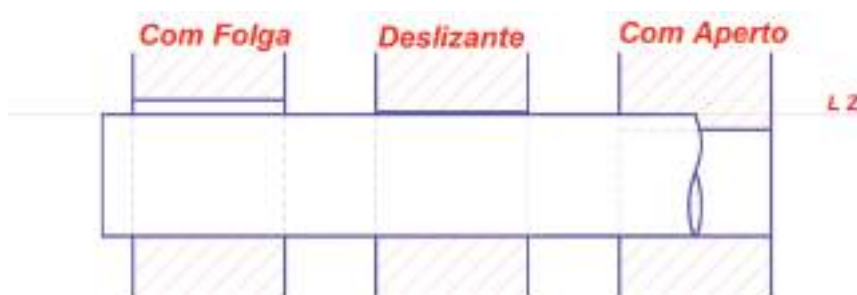


Figura 10 – Sistema de veio normal.



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-**

**NOTA:** Os valores são recomendados para o sistema de furo normal. Para o sistema de veio normal, consulte o Quadro II.

**Legenda:**

- H6/h5 - Ajustamento leve
- H6/h6 - Ajustamento médio
- H6/h7 - Ajustamento médio
- H6/h8 - Ajustamento médio
- H6/h9 - Ajustamento médio
- H6/h10 - Ajustamento médio
- H6/h11 - Ajustamento médio
- H6/h12 - Ajustamento médio

**Legenda (continuação):**

- H7/h6 - Ajustamento leve
- H7/h7 - Ajustamento médio
- H7/h8 - Ajustamento médio
- H7/h9 - Ajustamento médio
- H7/h10 - Ajustamento médio
- H7/h11 - Ajustamento médio
- H7/h12 - Ajustamento médio
- H8/h7 - Ajustamento médio
- H8/h8 - Ajustamento médio
- H8/h9 - Ajustamento médio
- H8/h10 - Ajustamento médio
- H8/h11 - Ajustamento médio
- H8/h12 - Ajustamento médio
- H9/h8 - Ajustamento médio
- H9/h9 - Ajustamento médio
- H9/h10 - Ajustamento médio
- H9/h11 - Ajustamento médio
- H9/h12 - Ajustamento médio
- H10/h9 - Ajustamento médio
- H10/h10 - Ajustamento médio
- H10/h11 - Ajustamento médio
- H10/h12 - Ajustamento médio
- H11/h10 - Ajustamento médio
- H11/h11 - Ajustamento médio
- H11/h12 - Ajustamento médio
- H12/h11 - Ajustamento médio
- H12/h12 - Ajustamento médio

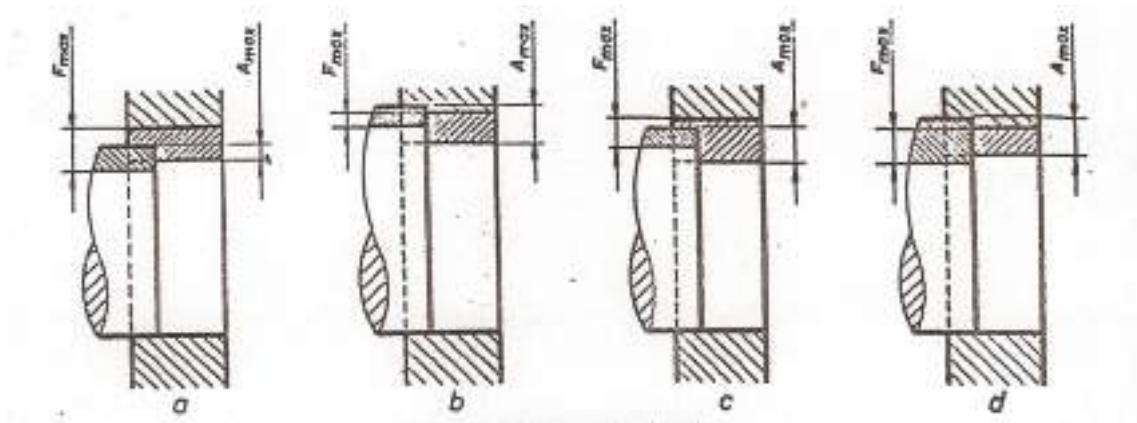




# EXERCÍCIOS TEÓRICOS

**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.

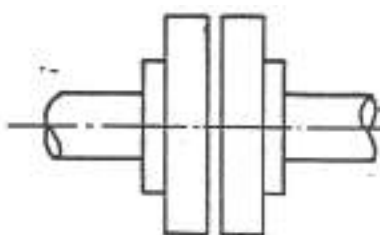


Figura 1 - Dois veios corretamente alinhados.

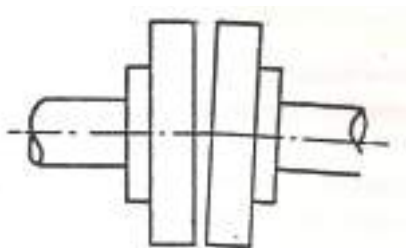


Figura 2 - Dois veios com desalinhamento angular.



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.

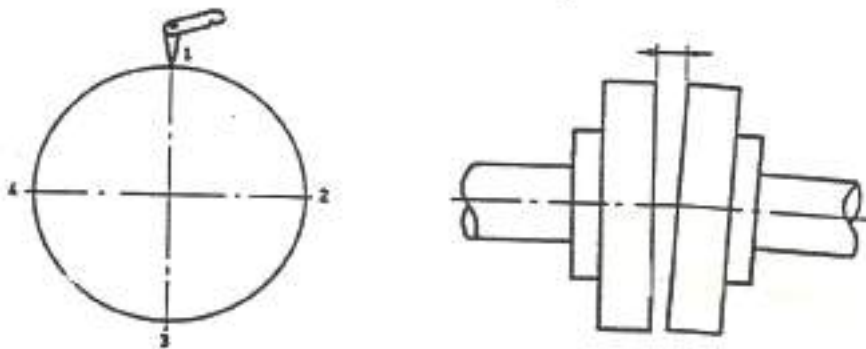
Caso algumas destas situações se verifique, alturas diferentes nas bases de assentamento, deficiente limpeza, ondulações nas chapas dos chumbadores, nas bases, ou nos calços, criará dificuldades no alinhamento, podendo até provocar o aparecimento de fissuras provocadas por fadiga.

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.

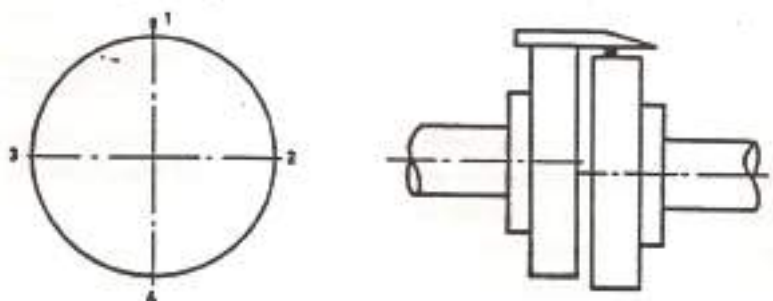


Figura 4 - Desalinhamento radial.

### Comparadores

Desalinhamento radial – leitura na periferia da flange

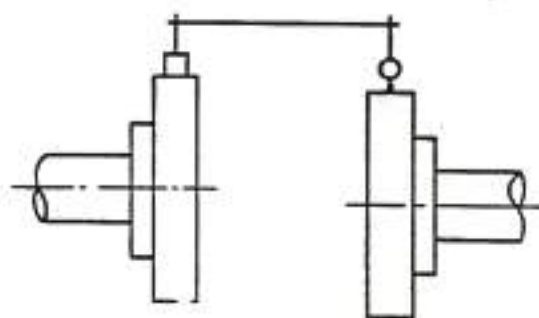


Figura 5 – Desalinhamento radial.

Desalinhamento angular – leitura na face da flange

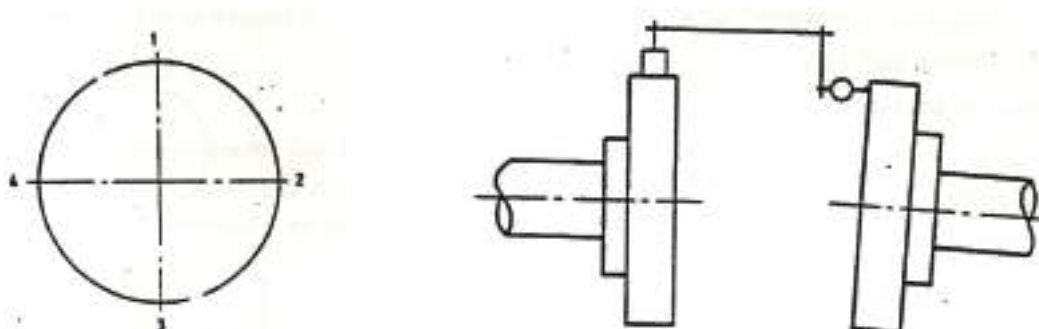


Figura 6 – Desalinhamento angular.



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.

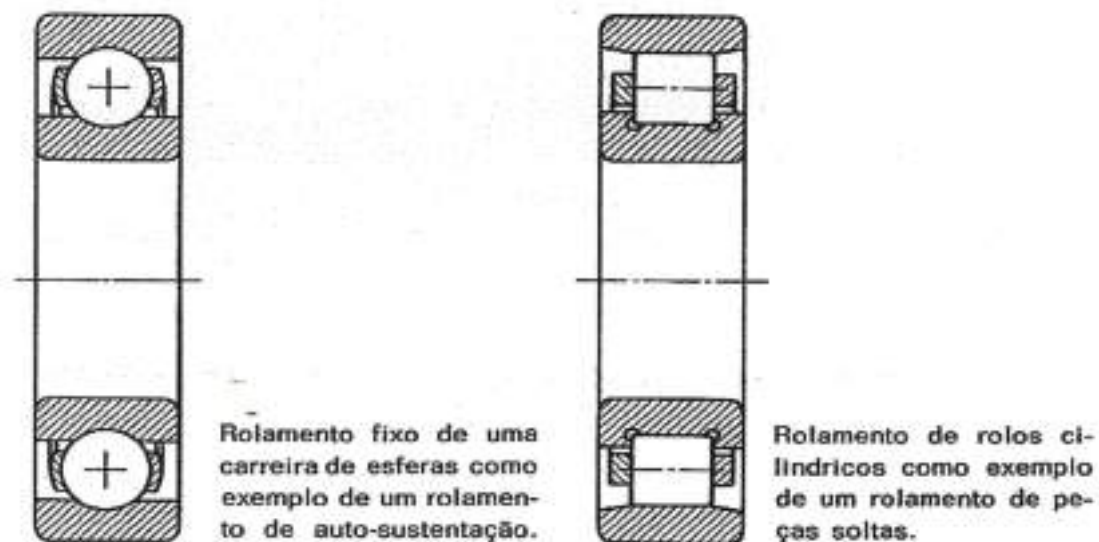


Figura 7 – Rolamentos.

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

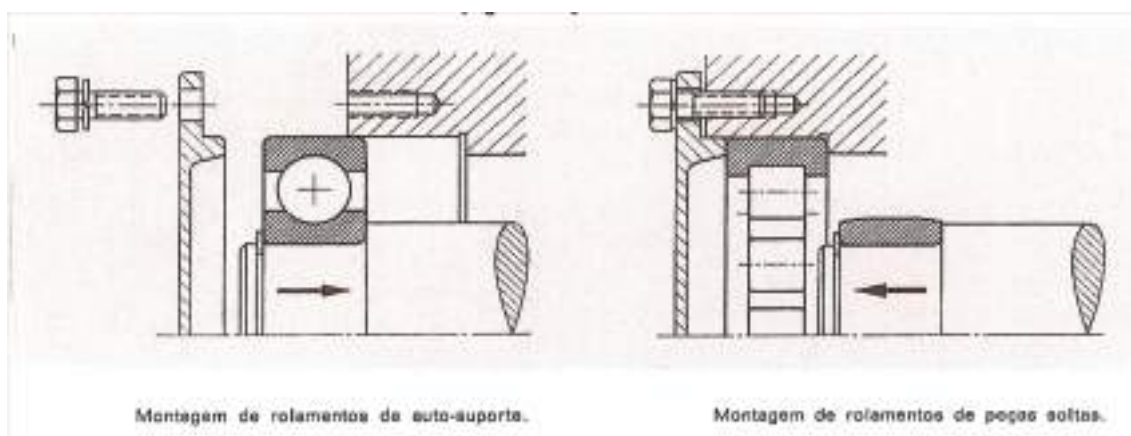
Também se deve tomar em consideração, a sequência da montagem. Assim, um anel interior de um rolamento de auto-sustentação (sem peças soltas) pode ter uma sede fixa enquanto que o seu anel exterior tem uma sede móvel. Neste caso, primeiro introduz-



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.

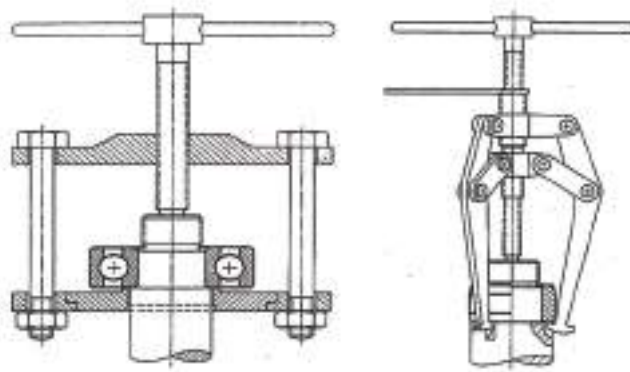


*Figura 8 – Montagem de rolamentos.*

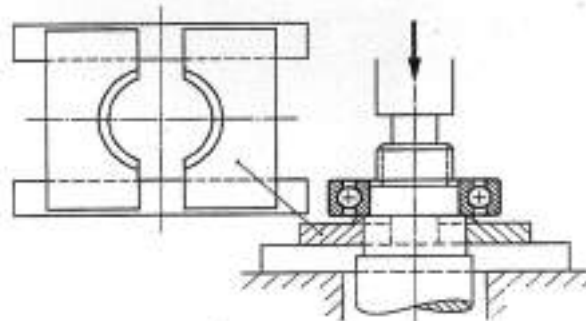
No entanto há que salientar que há vários sistemas de montagem e desmontagem para os vários tipos de rolamentos:

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



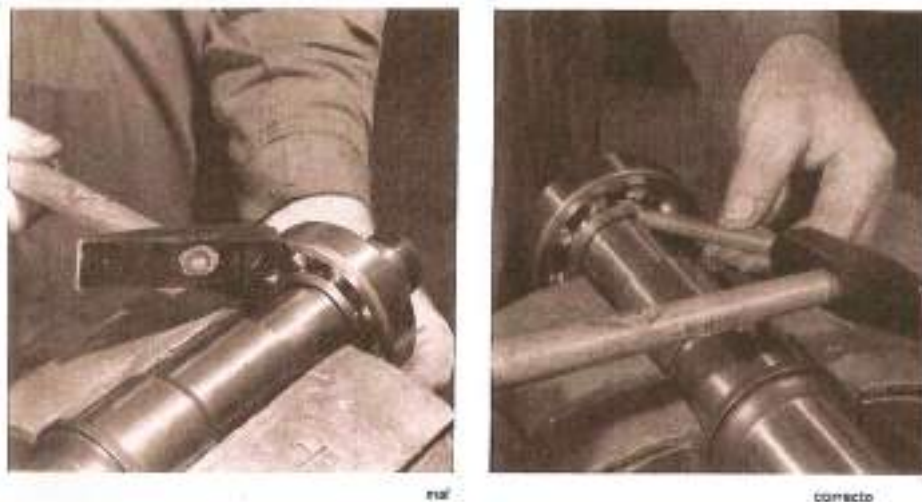


Dispositivos saca-rolamentos.



Introdução de um rolamento por meio de uma prensa.

Figura 9 – Dispositivos para montagem de rolamentos.



Desmontagem de um rolamento com leves pancadas de martelo.

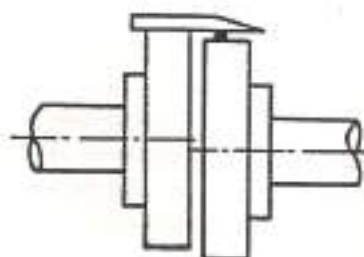
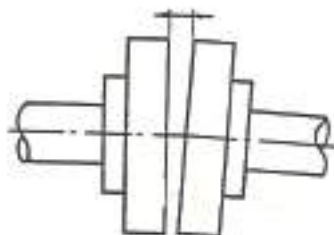
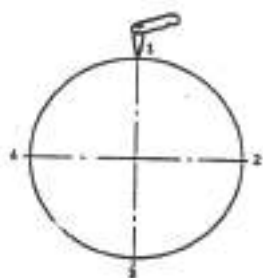
Figura 10 – Montagem de um rolamento.



# 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.



# 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 (-80° C) ou de azoto líquido (-195° C) e por dilatação da peça envolvente que é aquecida em fornos ou por chama direta;
- **Ligações diretas por cravação:** são poucos os casos em que se aplica a 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

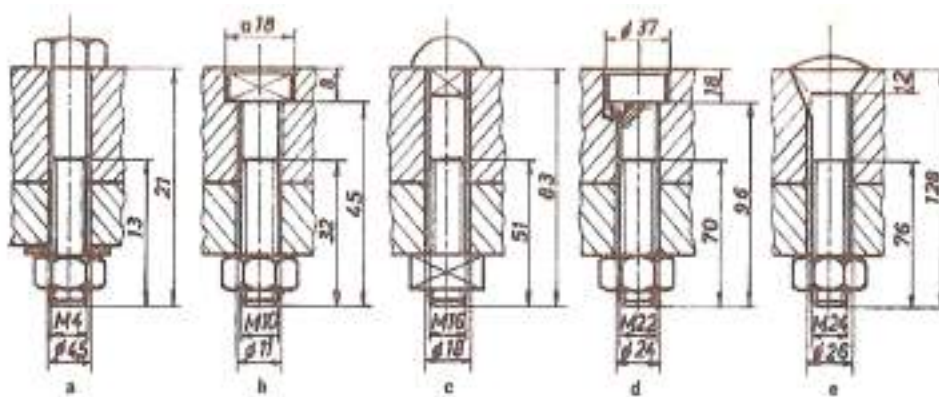


Figura 1 – Exemplos de ligações com parafusos e porcas.



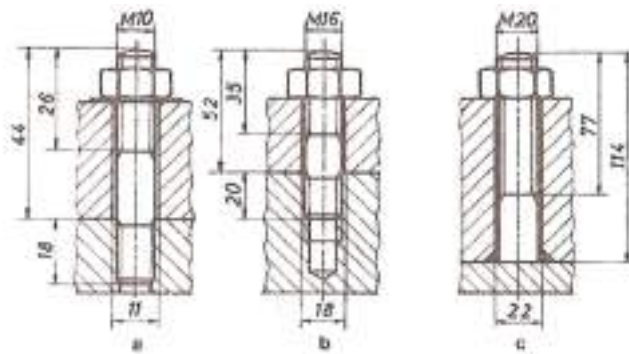


Figura 2 – Exemplos de ligações com pernos.

### 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.

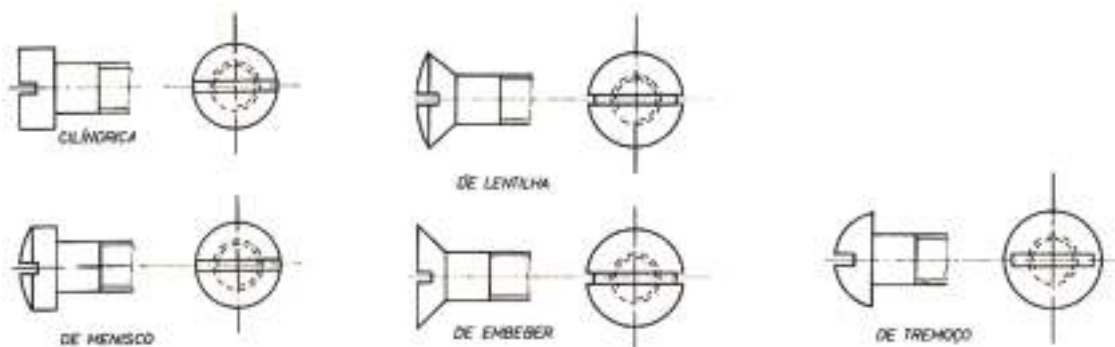


Figura 3 – Tipos de cabeça de parafusos com fenda.



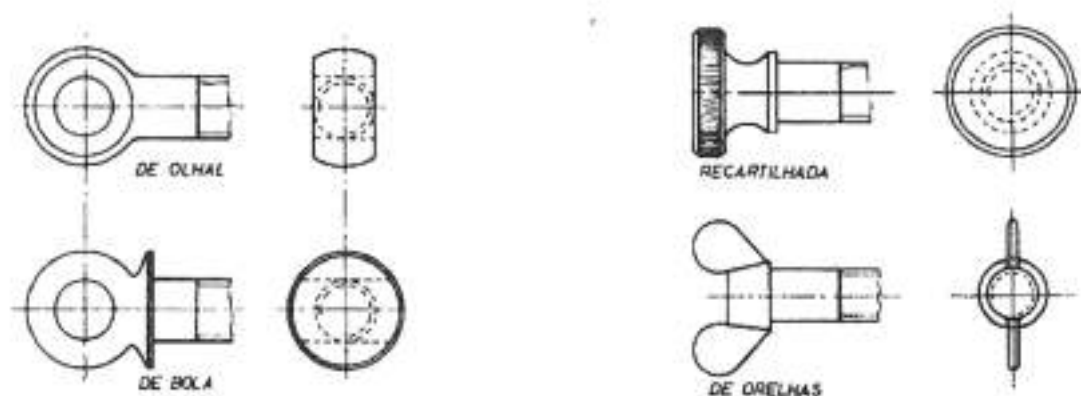


Figura 4 – Tipos de cabeça de parafusos para apertar com travinca e para apertar com à mão.

### 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.

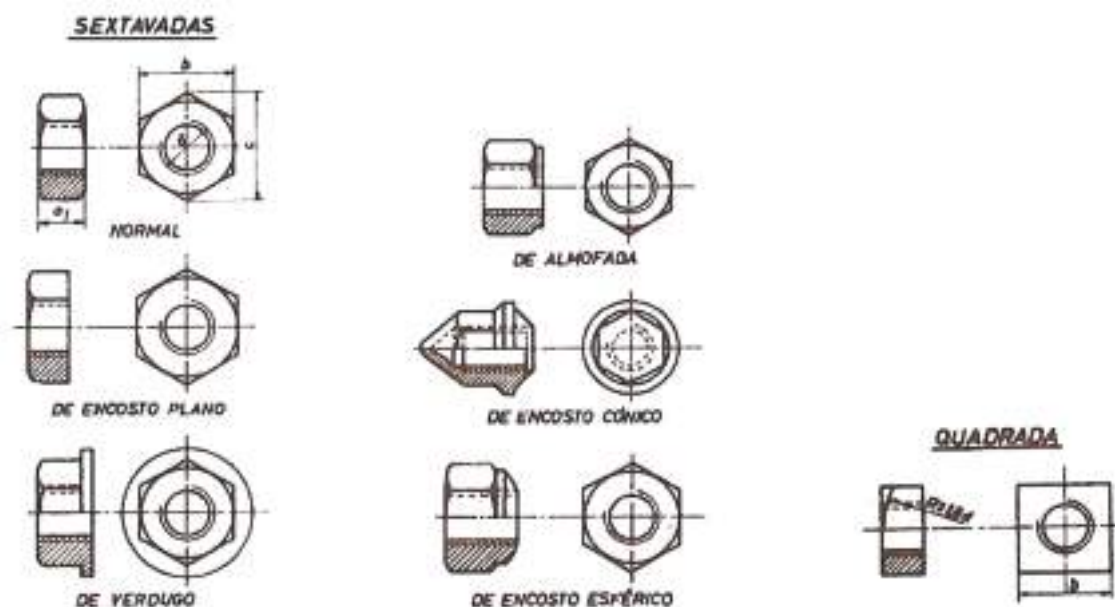


Figura 5 – Tipos de porcas prismáticas para apertar com chave.



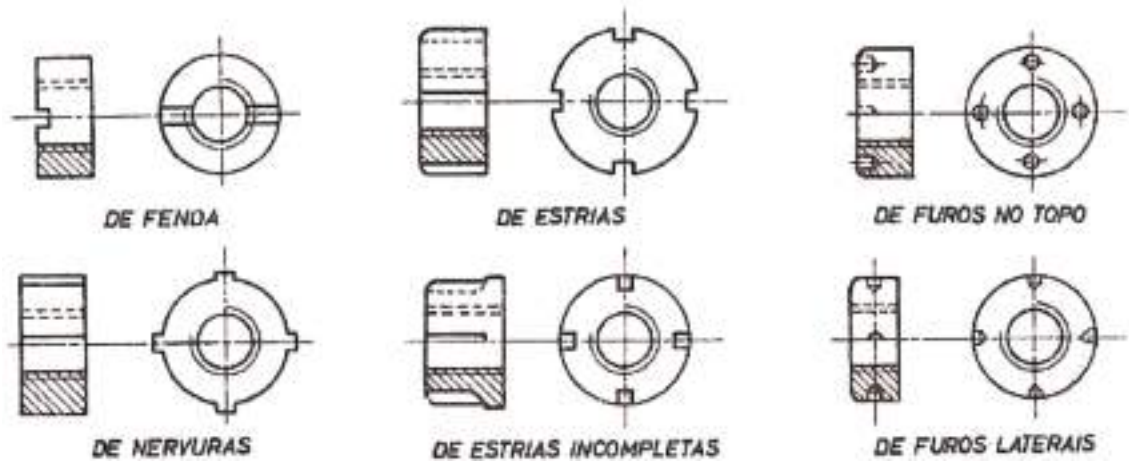


Figura 6 – Tipos de porcas cilíndricas para apertar com chaves especiais.

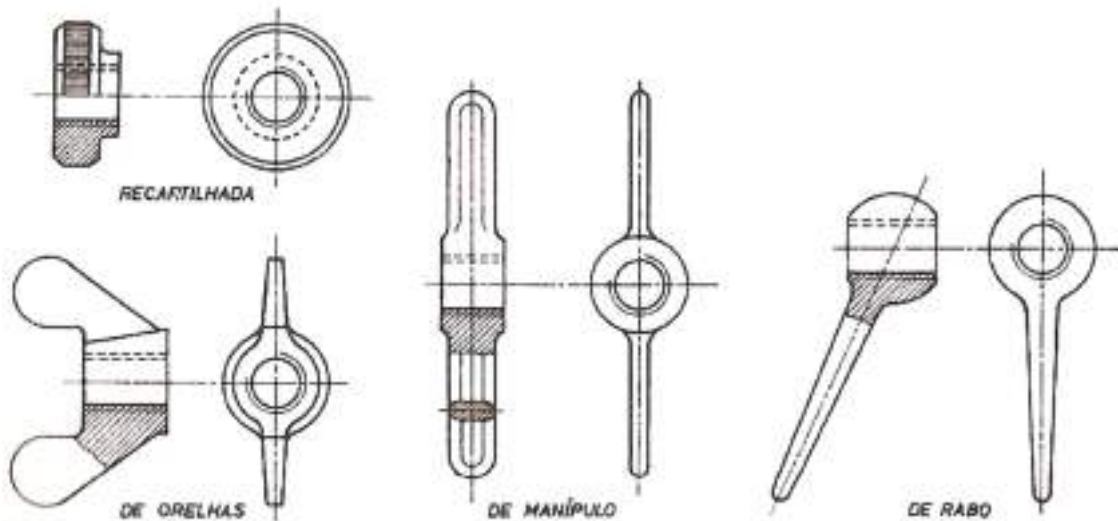


Figura 7 – Tipos de porcas para apertar à mão.

### 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.



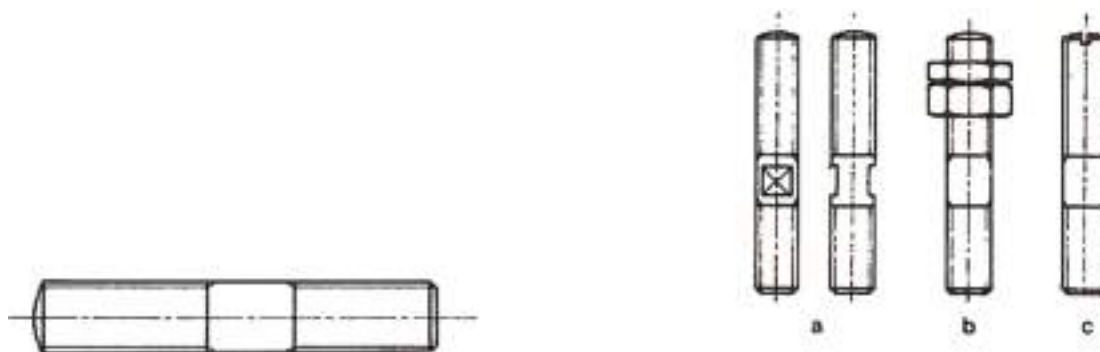


Figura 8 – Tipos de pernos roscados.

### 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.

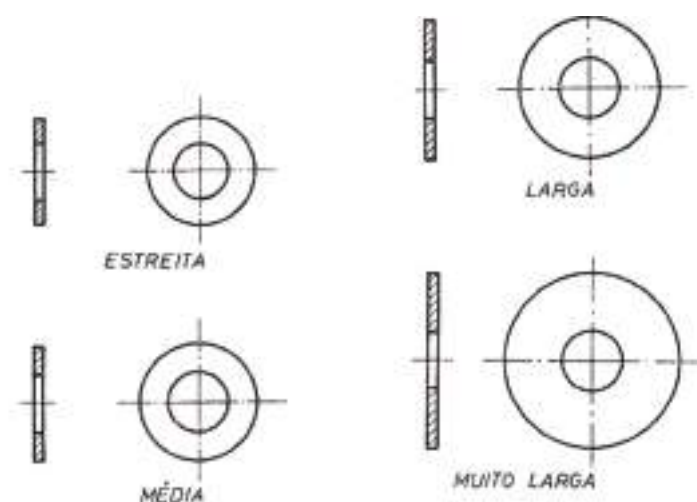


Figura 9 – Tipos de anilhas.

### 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.



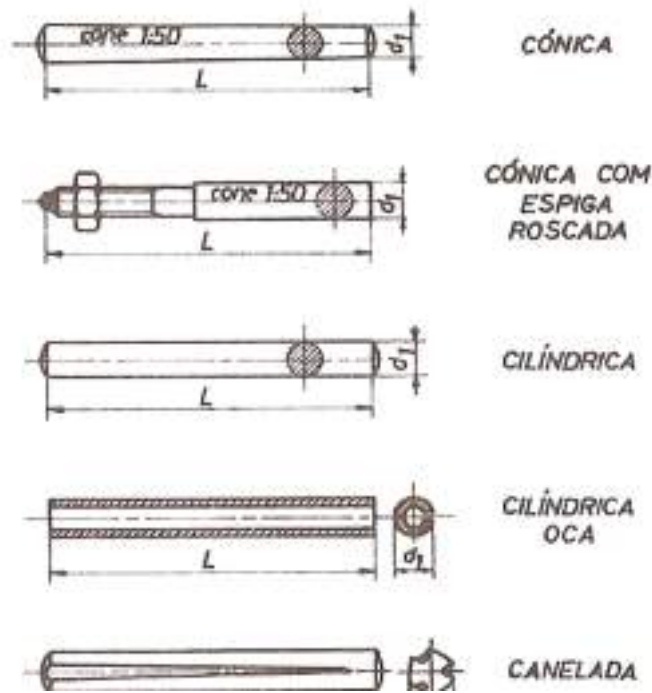


Figura 10 – Tipos de cavihas.

Os troços são constituídos por arame dobrado a  $180^\circ$ , 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.

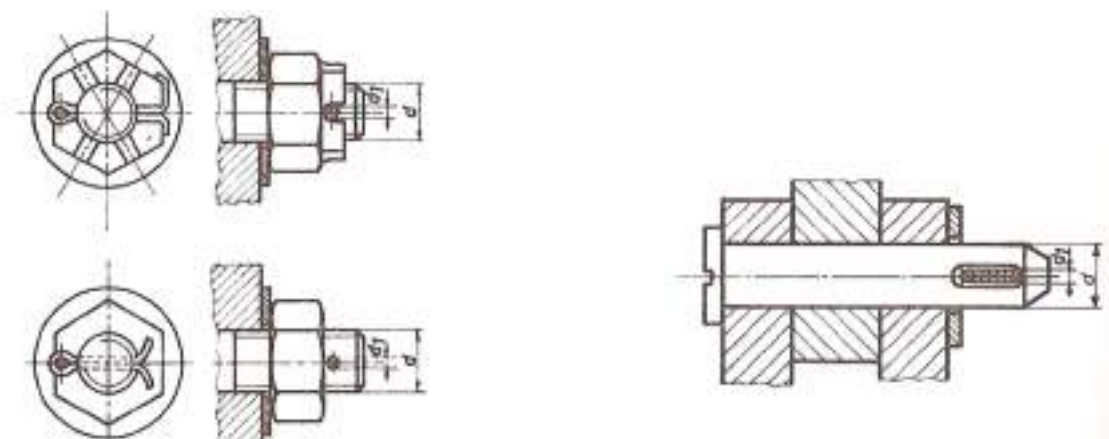


Figura 11 – Utilização de troços.

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			
		Cônicas			
	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.

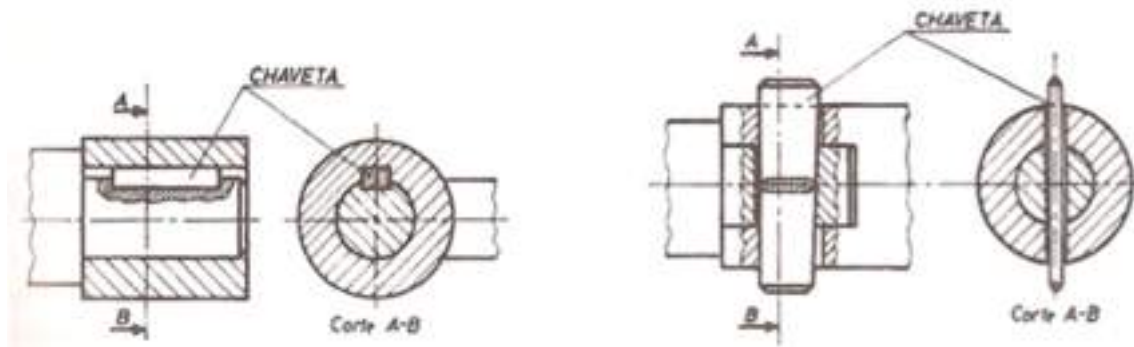


Figura 13 – Enchavetamento longitudinal e transversal.

## 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.

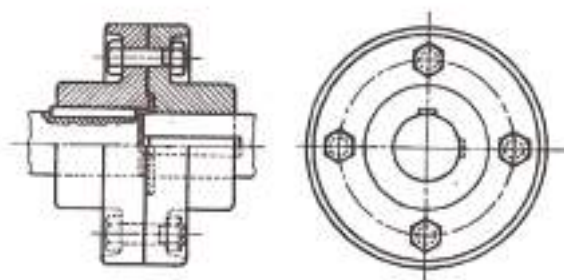


Figura 14 – União rígida.

## Uniões Móveis

Nestas uniões a ligação dos veios é permanente mas não invariável 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** são uniões que permitem deslocamento axial e empregam-se principalmente como uniões de dilatação, para compensar as variações de temperatura.

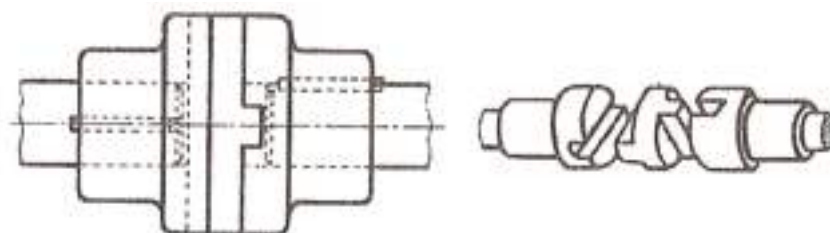
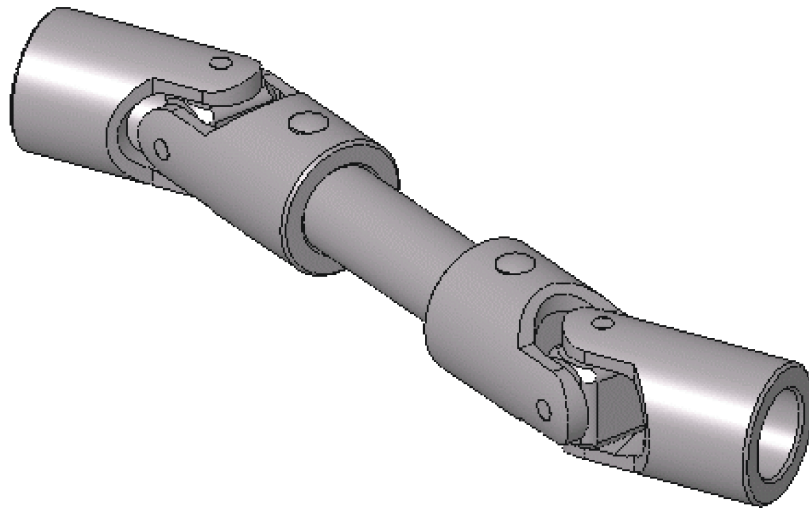


Figura 15 – União móvel lateral.



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  $15^\circ$  a  $30^\circ$ , 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.



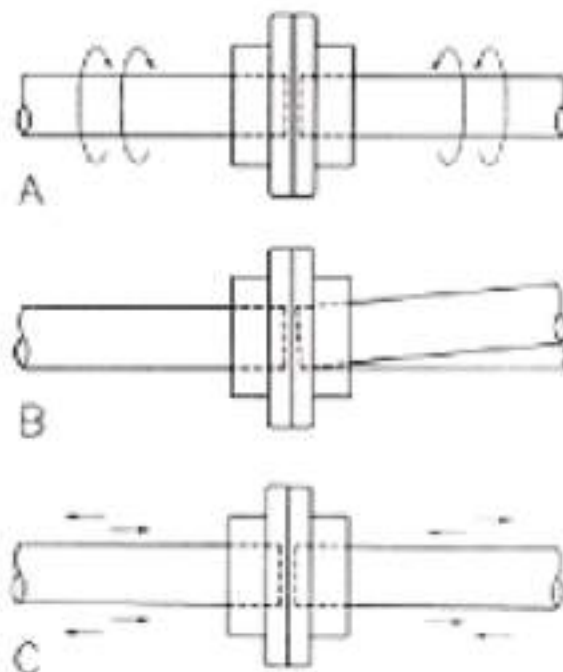


Figura 17 – Uniões elásticas.

### 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 a fim 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. Constam 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 embraiações 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.*

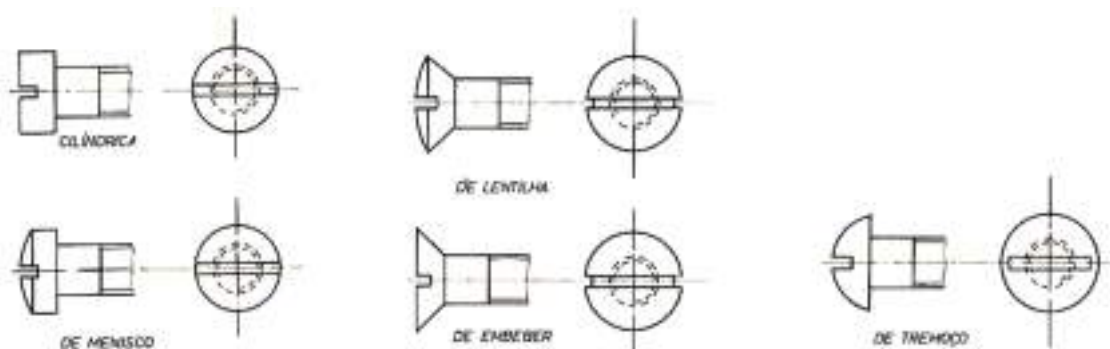


# EXERCÍCIOS TEÓRICOS

**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?

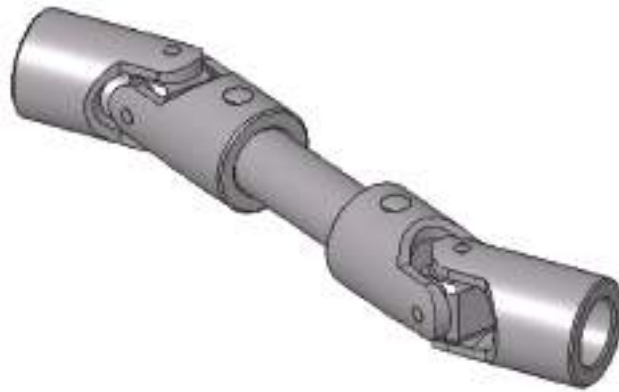


**EXERCÍCIO 5.** O que são os troços e para que servem?

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



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



# 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 são utilizados na medição de cotas exteriores, interiores e de profundidades;



*Figura 2 – Paquímetro.*

- **Micrómetro** (de exteriores, interiores e de profundidades): São aparelhos verificadores, de dimensão variável, que permitem medir regra geral, por leitura direta, dimensões com aproximação de 0,01 a 0,001 mm, dependendo da escala do nóvio (resolução);



*Figura 3 – Micrómetro.*

- **Relógios comparadores:** São aparelhos utilizados na medição por comparação, de ampliação mecânica. No entanto, não são apenas utilizados para medir comprimentos e diâmetros, mas também 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:** São instrumentos destinados à verificação de medidas. Não dão a medida da cota que se controla, mas sim, indicam se a cota se encontra ou não dentro da tolerância. Para a produção em série e desde que as tolerâncias impostas não sejam demasiado apertadas, este método é muitas vezes o mais adequado;



*Figura 7 – Calibres.*

- **Projektor de perfis:** São aparelhos utilizados para medir 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.

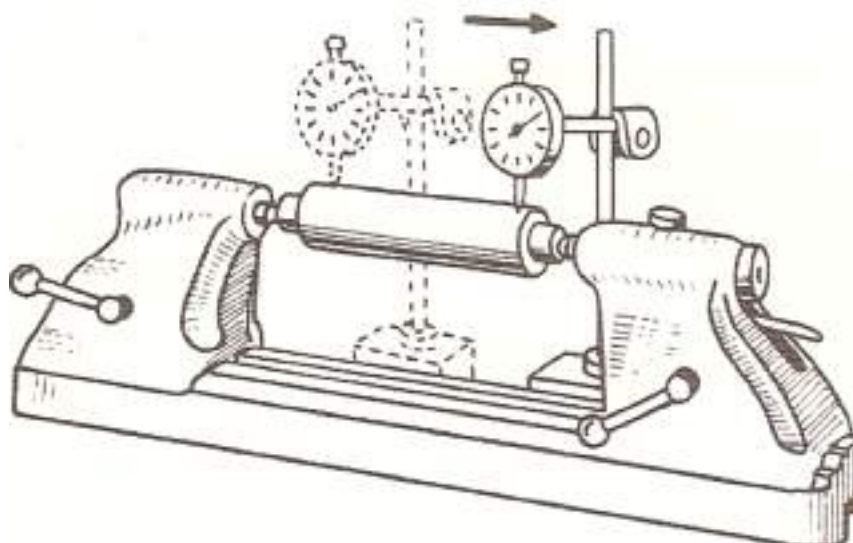


Figura 9 - Deslocamento do comparador na verificação da peça com o eixo horizontal.

É obvio 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.

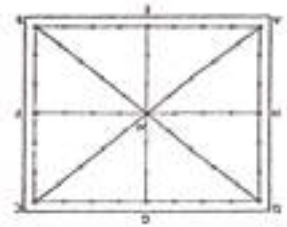


Figura 10 – Malha.

### 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 não se conhecer o número de lóbulos, deve-se utilizar ambos os métodos.

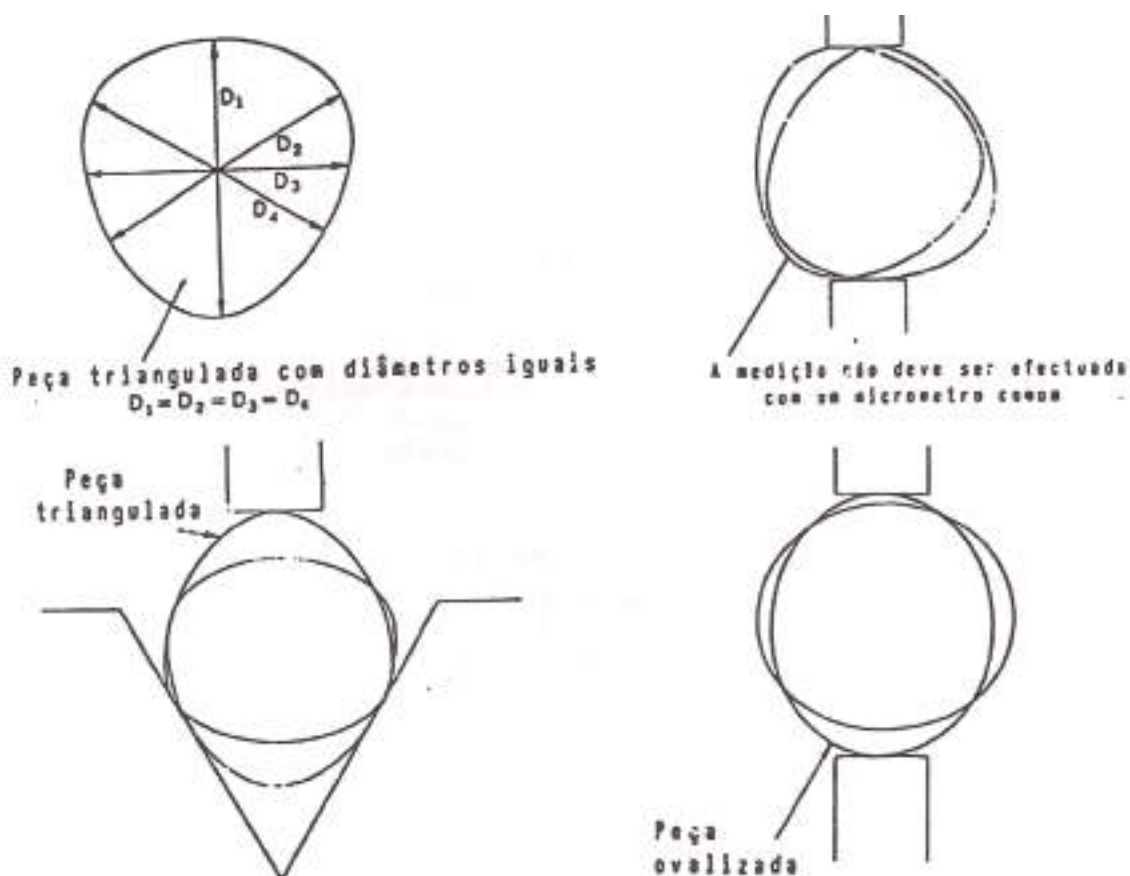


Figura 11 - Medição das variações do diâmetro.

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 várias medições em cada secção. 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.

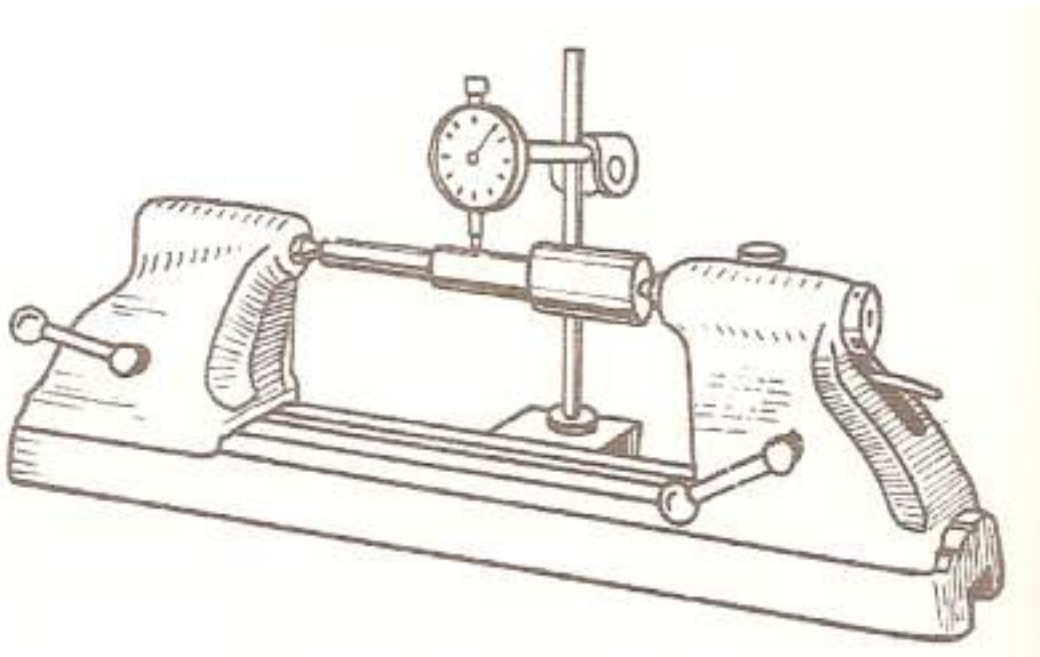


Figura 12 - Verificação das superfícies cilíndricas (entre pontos).



### 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.

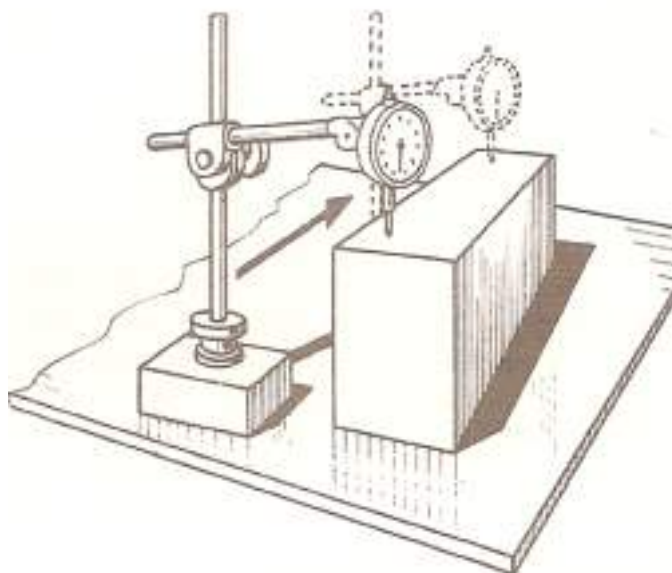


Figura 13 - Verificação do paralelismo das faces.

### 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.

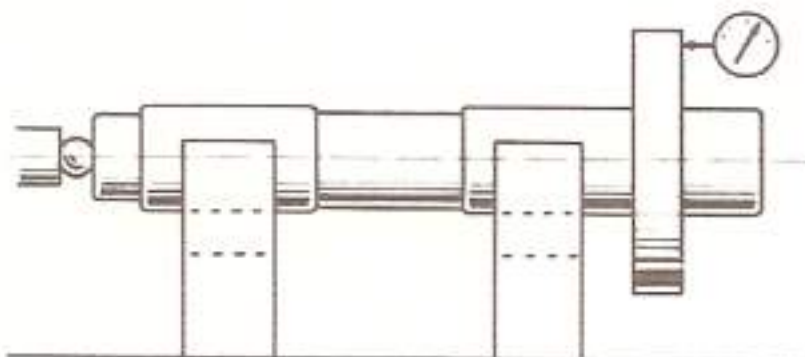


Figura 14 - Montagem sobre suportes em V para verificação da perpendicularidade de uma superfície plana ao eixo.



### *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 órgãos 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 órgãos 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.



