

2ª Edição, atualização para adaptar nome e endereço da escola, 2008.

Trabalho atualizado pela Escola SENAI “Alvares Romi”.

Atualização Lucilaine Ap. de Azevedo de Oliveira

Material adaptado pelo Centro SENAI -Fundação Romi Formação de Formadores - CTPA 5.65.

Organização	Leandro Martins Ribeiro
Conteúdo técnico	Leandro Martins Ribeiro
Revisão	Lucilaine Ap. de Azevedo de Oliveira
Digitação	Leandro Martins Ribeiro

SENAI – SP.

Leitura e interpretação de desenho técnico / Leandro Martins Ribeiro. Santa Bárbara d'Oeste: Escola SENAI “Alvares Romi” , 2008. 117p.

1. Leitura e interpretação de desenho técnico. 2.Mecânica.

SENAI Serviço Nacional de Aprendizagem Industria
 Escola SENAI "Alvares Romi"
 Rua Vereador Sergio Leopoldino Alves, 500 – Cidade Industrial
 Santa Bárbara d'Oeste - SP.
 CEP 13456-166

Telefone/Fax (0XX19) 3455-2580

E-Mail senaisantabarbara@sp.senai.br
Home page www.sp.senai.br/santabarbara

Sumário

1 Material de desenho técnico	9
2 Figuras geométricas	11
Ponto	12
Linha	12
Linhas retas	13
Semi-reta	13
Segmento de reta	13
Plano ou superfície plana	14
Figuras planas	15
3 Sólidos geométricos	17
Prisma	17
Pirâmide	18
Sólido de revolução	20
4 Perspectiva isométrica	23
Traçado de perspectiva isométrica com detalhes paralelos	27
Traçado da perspectiva isométrica com detalhes oblíquos	28
Traçado da perspectiva isométrica com elementos arredondados	29
Traçado da perspectiva isométrica do círculo	29
Círculo em perspectiva isométrica	29
Traçado da perspectiva isométrica do cilindro	30
Traçado da perspectiva isométrica do cone	31
5 Projeção ortogonal	33
Rebatimento de três planos de projeção	35
Planos de projeção rebatidos:	37
6 Linhas	41

Linha para arestas e contornos visíveis	41
Linha para aresta e contornos não-visíveis	41
Linha de centro	42
Linha de simetria	43
7 Cotagem	45
Unidade de medida em desenho técnico	46
Elementos de cotagem	46
Regras gerais de cotagem	47
8 Cortes	49
Corte passando por furos cilíndricos	49
Corte passando por furo retangular	50
Corte parcial	50
Corte composto	51
Corte composto por planos paralelos	52
Corte composto por planos sucessivos	57
9 Escalas	59
Introdução	59
Cotagem de ângulos em diferentes escalas	63
10 Tolerância Dimensional	65
Noções de tolerância	65
Sistema ISO de tolerâncias	65
Campo de tolerância	67
Qualidade de trabalho	69
Aplicação das Diversas Qualidades	69
Grupos de Dimensões	70
Sistema de Eixo Base ou Eixo Padrão	70
Sistema de Furo Base ou Furo Padrão	71
Interpretação das tolerâncias do Sistema ISO	76
11 Tolerância geométrica	79
Tolerâncias de forma	80
Tolerâncias de orientação	85
Tolerância de paralelismo	86
Tolerância de perpendicularidade	87
Tolerância de inclinação	88
Tolerância de posição	89

Tolerância de localização	89
Tolerância de concentricidade ou coaxialidade	90
Tolerância de simetria	91
Tolerância de batimento	92
Indicações de tolerâncias geométricas em desenhos técnicos	93
12 Estado de superfície	99
Introdução	99
Processos de fabricação e de acabamento de peças	100
Indicação de estado de superfície no Brasil	103
Avaliação da rugosidade	104
Indicação de rugosidade nos desenhos técnicos	105
Símbolo indicativo de rugosidade	105
Indicação do valor da rugosidade	106
Símbolo para a direção das estrias	107
Indicação de sobremetal para usinagem	109
Indicações de estado de superfície nos desenhos	111
Correspondência entre os símbolos de acabamento e classes de rugosidade	113
Tratamento	113
Indicações de tratamento nos desenhos técnicos.	114
Referências	117

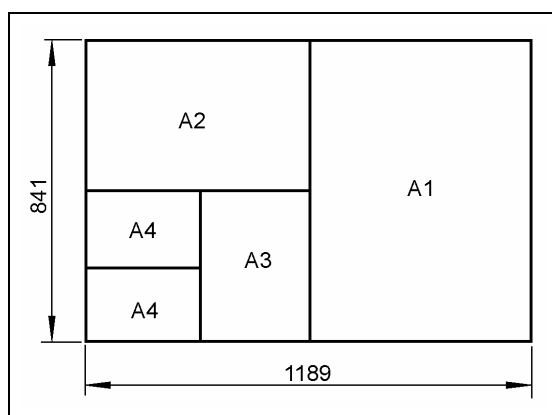
1 Material de desenho técnico

No que diz respeito a material, destaca-se os papéis. Ele tem formato básico, padronizado pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Esse formato é o A0 (A zero) do qual derivam outros formatos.

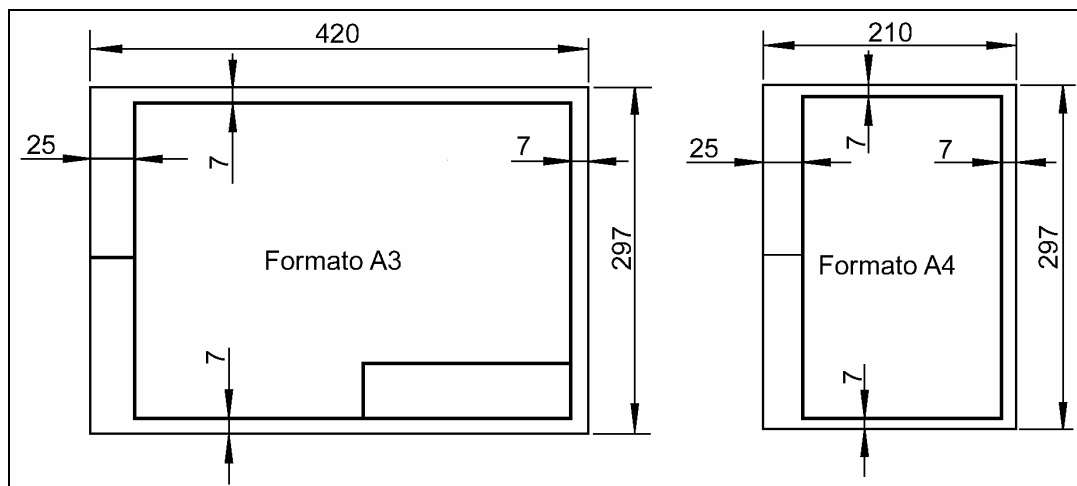
Formatos da série “A” (Unidade: mm)

Formato	Dimensão	Margem direita	Margem esquerda
A0	841 x 1.189	10	25
A1	594 x 841	10	25
A2	420 x 594	7	25
A3	297 x 420	7	25
A4	210 x 297	7	25

O formato básico A0 tem área de 1m² e seus lados medem 841mm x 1.189mm.

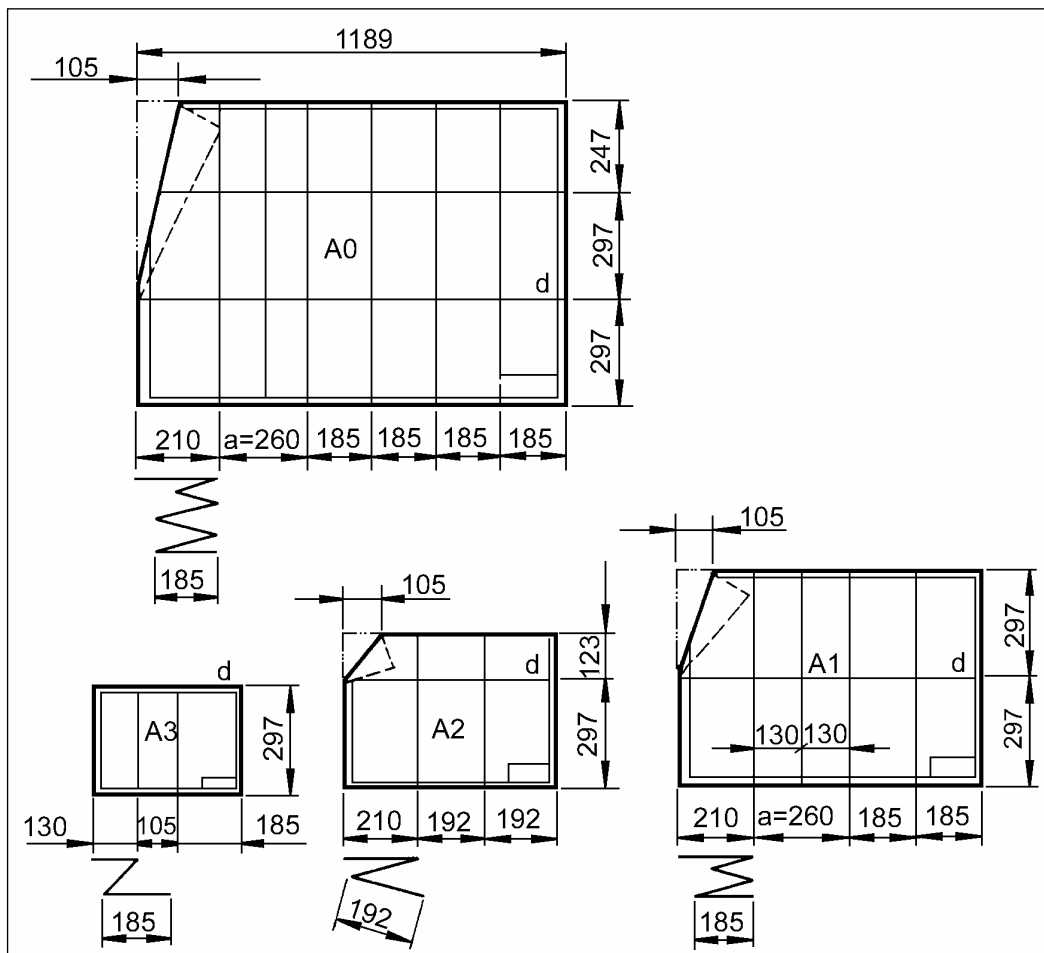


Do formato básico derivam os demais formatos.



Quando o formato do papel é maior que A4, é necessário fazer o dobramento para que o formato final seja A4 e consegue-se da seguinte maneira:

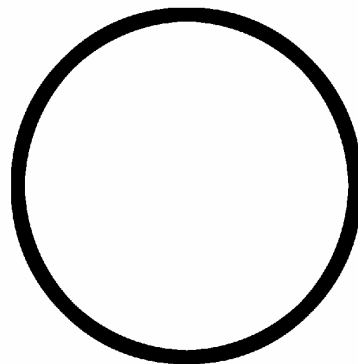
Dobra-se a partir do lado **d** (direito), em dobras verticais de 185mm. A parte



2 Figuras geométricas

As figuras geométricas são um conjunto de pontos.

Veja abaixo algumas representações de figuras geométricas.



As figuras geométricas podem ser planas ou especiais (sólidos geométricos). Uma das maneiras de representar as figuras geométricas é por meio do desenho técnico. O desenho técnico permite representar peças de oficina, conjuntos de peças, projetos de máquinas, etc.

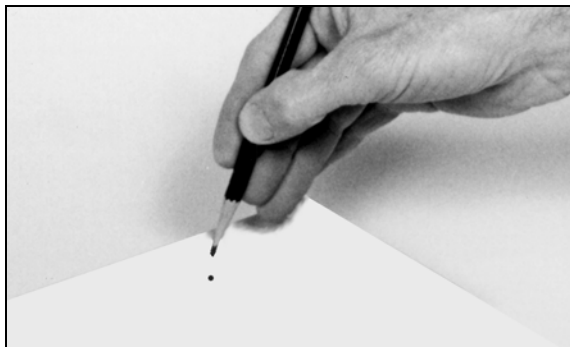
Para compreender as figuras geométricas é indispensável ter algumas noções de ponto, linha, plano e espaço.

Ponto

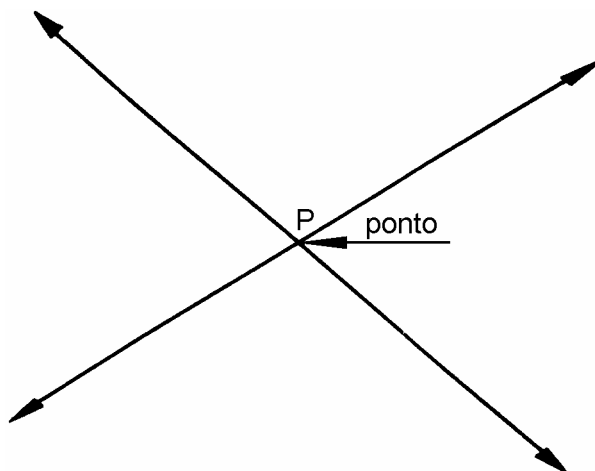
O ponto é a figura geométrica simples. É possível ter uma idéia do que é o ponto observando:

Um furo produzido por uma agulha em um pedaço de papel;

Um sinal que a ponta do lápis imprime no papel.

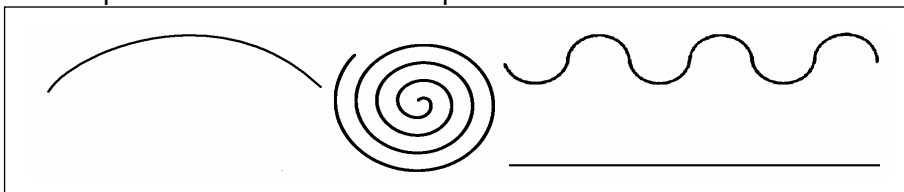


O ponto é representado graficamente pelo cruzamento de duas linhas.



Linha

A linha pode ser curva ou reta. Aqui vamos estudar as linha retas.



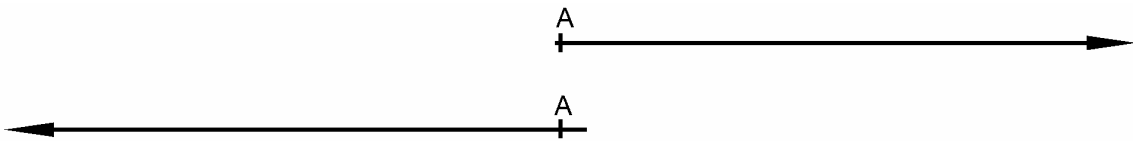
Linhas retas

A linha reta ou simplesmente a reta não tem início nem fim: ela é ilimitada.



Na figura acima, as setas nas extremidades da representação da reta indicam que a reta continua indefinidamente nos dois sentidos.

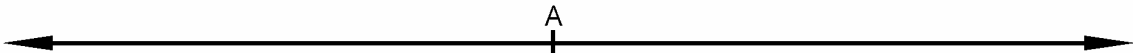
O ponto **A** dá origem a duas semi-retas.



Semi-reta

A semi-reta sempre tem origem mas não tem fim. Observe a figura abaixo.

O ponto **A** é o ponto de origem das semi-retas.



Segmento de reta

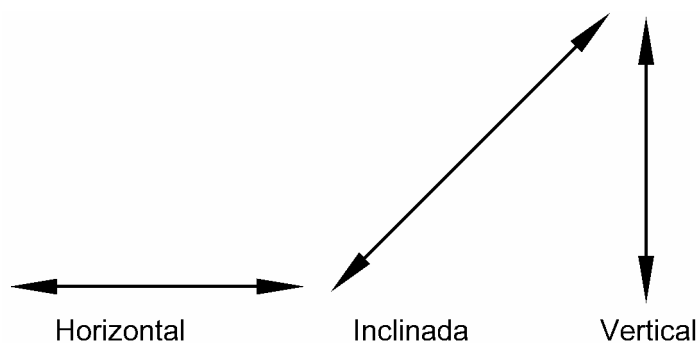
Se ao invés de um ponto A são tomados dois pontos diferentes, A e B, obtém-se um pedaço limitado da reta.



Esse pedaço limitado da reta é chamado **segmento de reta** e os pontos **A** e **B** são chamados extremidades do segmento de reta.



De acordo com sua posição no espaço, a reta pode ser:

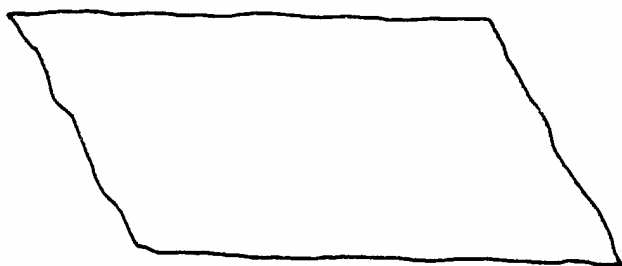


Plano ou superfície plana

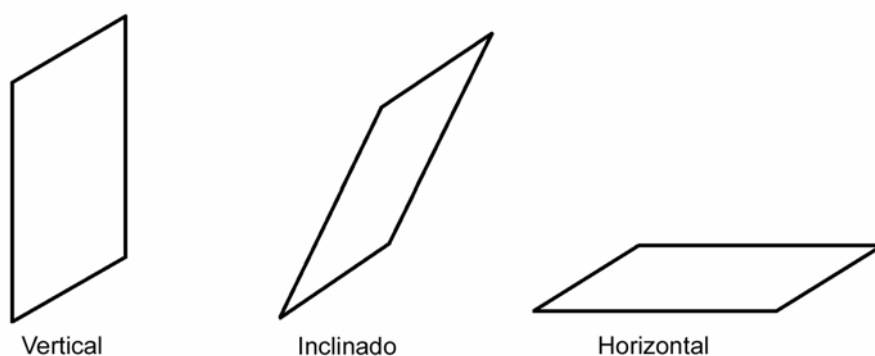
O plano é também chamado de superfície plana.

Assim como o ponto e a reta, o plano não tem definição, mas é possível ter uma idéia do plano observando: o tampo de uma mesa, uma parede ou o piso de uma sala.

É comum representar o plano da seguinte forma:



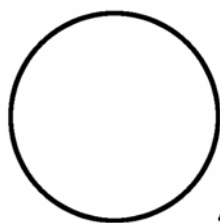
De acordo com sua posição no espaço, o plano pode ser:



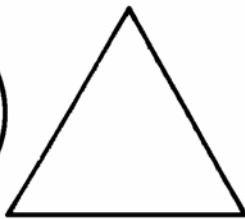
Figuras planas

O plano não tem início nem fim: ele é ilimitado. Mas é possível tomar porções limitadas do plano. Essas porções recebem o nome de **figuras planas**.

As figuras planas têm várias formas. O nome das figuras planas varia de acordo com sua forma:



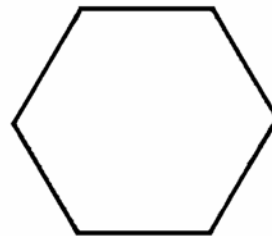
Círculo



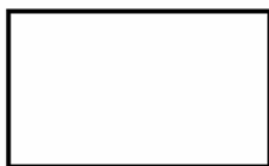
Triângulo



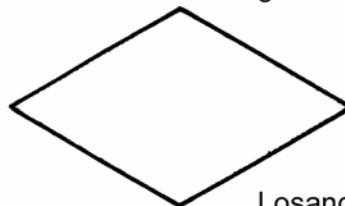
Quadrado



Hexágono



Retângulo



Losango



Paralelogramo

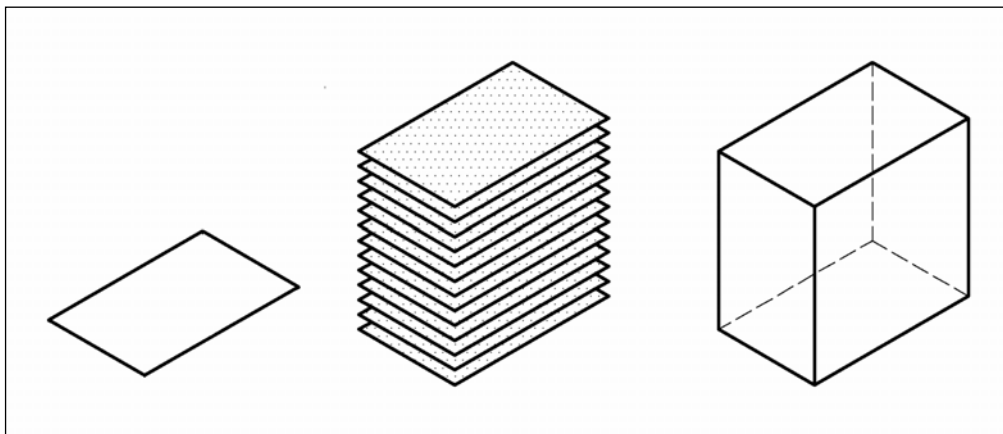


Trapézio

3 Sólidos geométricos

O sólido geométrico é formado por figuras planas que se sobrepõem umas às outras.

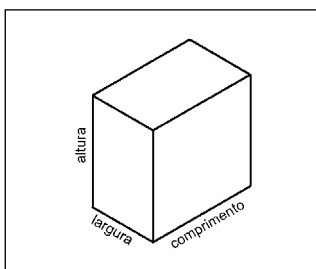
As principais características do sólido geométrico são as três dimensões: comprimento, largura e altura.



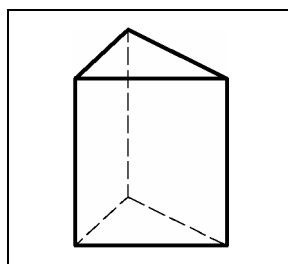
Existem vários tipos de sólidos geométricos. Porém vamos estudar apenas os mais importantes: o prisma, o cubo, a pirâmide e o sólido de revolução.

Prisma

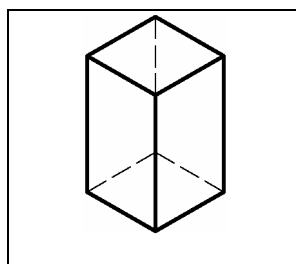
Como todo sólido geométrico, o prisma tem comprimento, largura e altura.



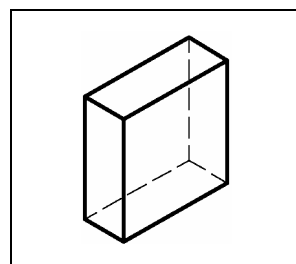
Existem diferentes tipos de prisma. O prisma recebe o nome da figura plana que lhe deu origem. Veja abaixo alguns tipos de prisma.



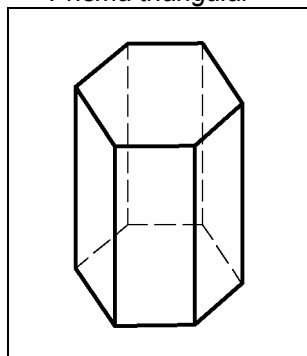
Prisma triangular



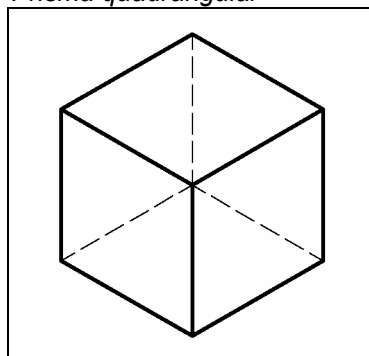
Prisma quadrangular



Prisma retangular

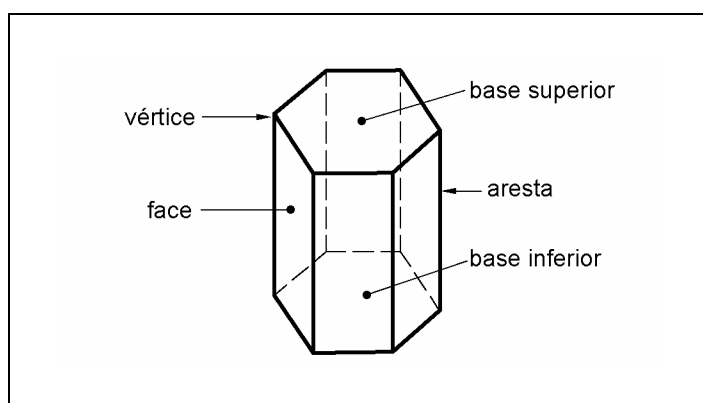


Prisma hexagonal



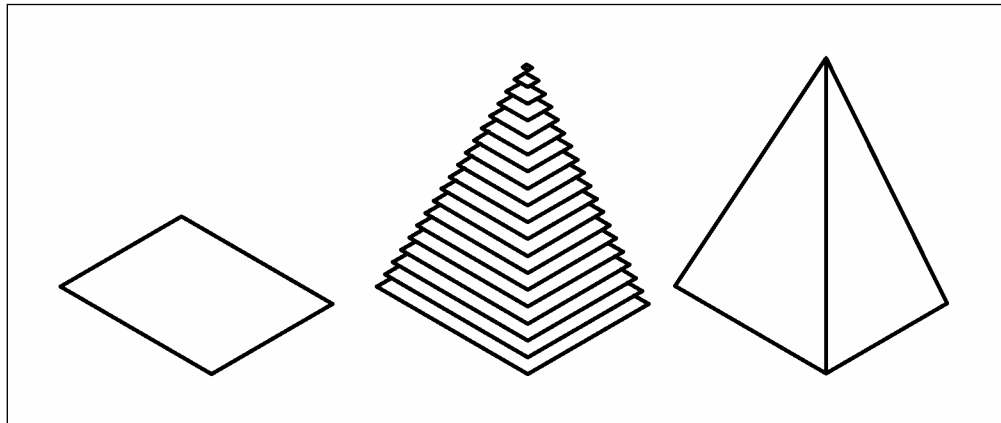
Prisma quadrangular (cubo)

O prisma é formado pelos seguintes elementos: base inferior, base superior, faces, arestas e vértices. Como mostra a figura abaixo.

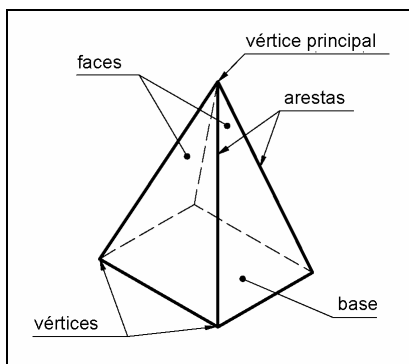


Pirâmide

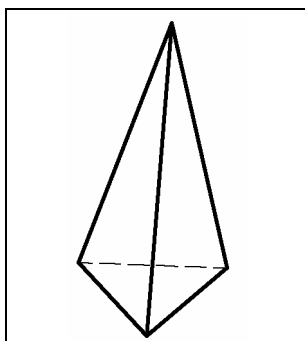
A pirâmide é outro tipo de sólido geométrico. Ela é formada por um conjunto de planos que decrescem infinitamente.



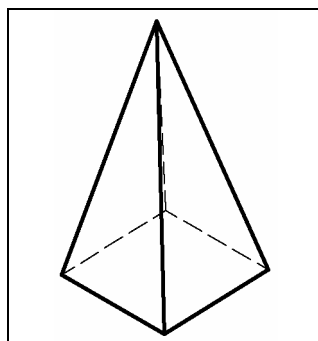
A pirâmide tem os seguintes elementos: bases, arestas, vértices e faces.



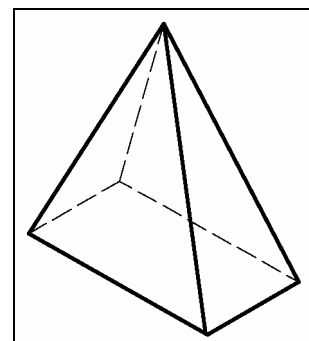
Existem diferentes tipos de pirâmides. Cada tipo recebe o nome da figura plana que lhe deu origem.



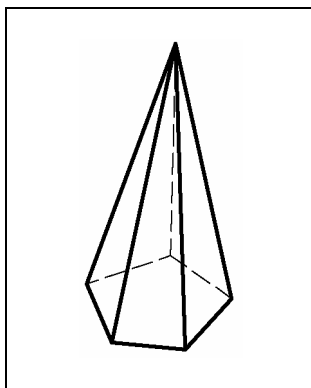
Pirâmide triangular



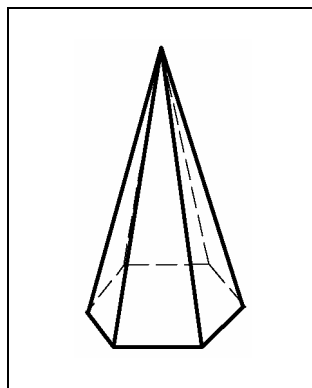
Pirâmide quadrangular



Pirâmide retangular



Pirâmide pentagonal

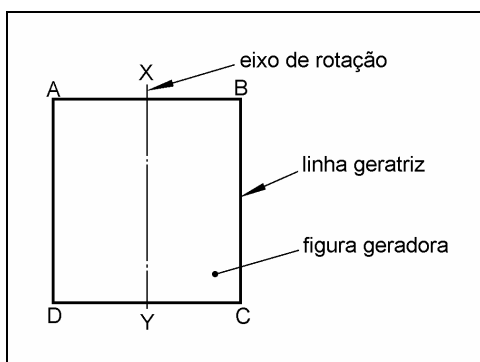


Pirâmide hexagonal

Sólido de revolução

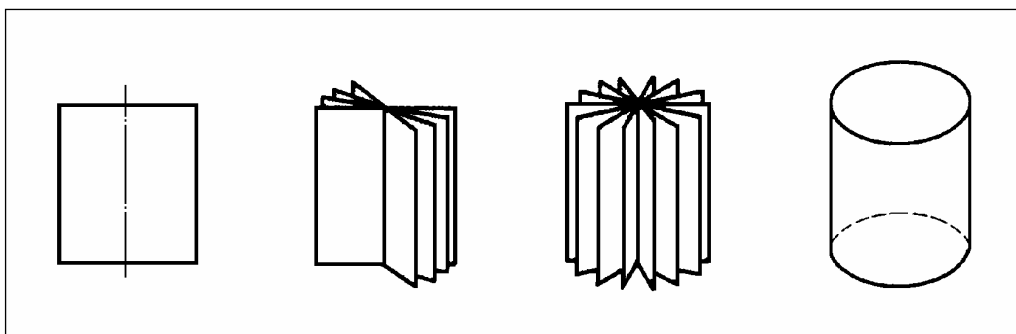
O sólido de revolução é outro tipo de sólido geométrico. Ele se forma pela rotação da figura plana em torno de seu eixo.

A figura plana que dá origem ao sólido de revolução é chamada **figura geradora**. As linhas que contornam a figura geradora são chamadas **linhas geratrizes**.

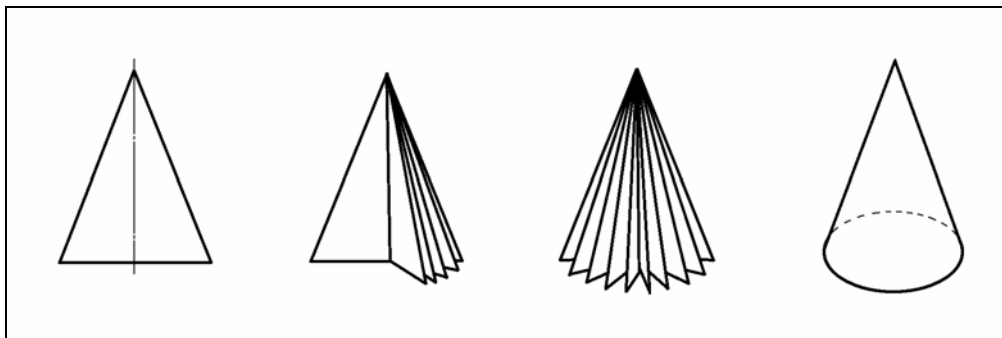


Os sólidos de revolução são vários. Entre eles destacamos:

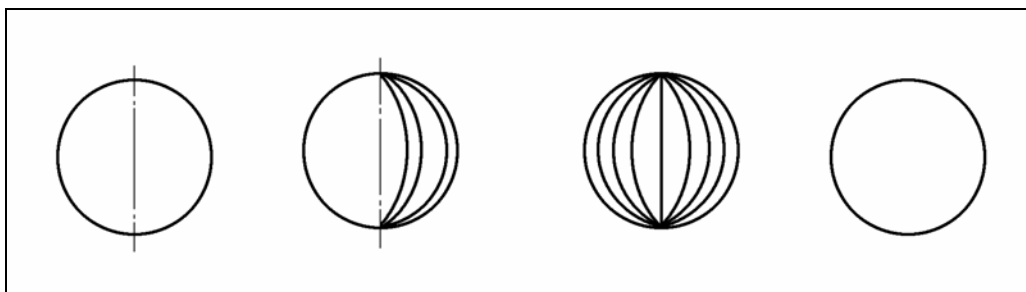
Cilindro é o sólido de revolução cuja figura geradora é o retângulo.



Cone é o sólido de revolução cuja figura geradora é o triângulo.

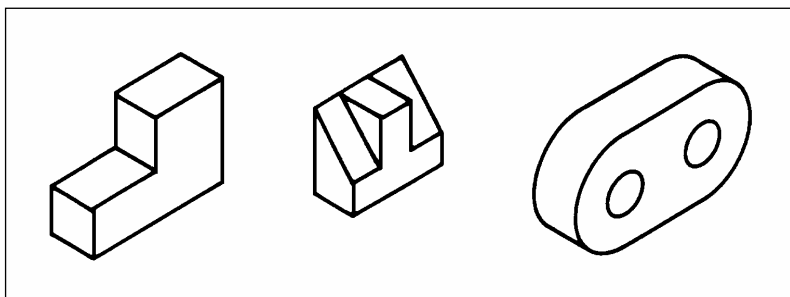


Esfera é o sólido de revolução cuja figura geradora é o círculo.



4 Perspectiva isométrica

Perspectiva é a maneira de representar objetos de acordo com sua posição, forma e tamanho.

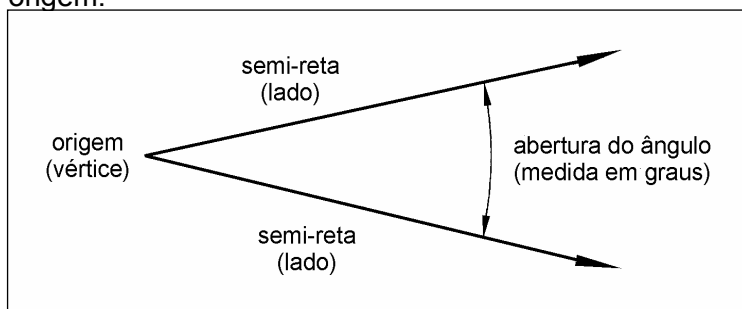


Existem vários tipos de perspectivas. Neste momento estudaremos apenas a perspectiva isométrica.

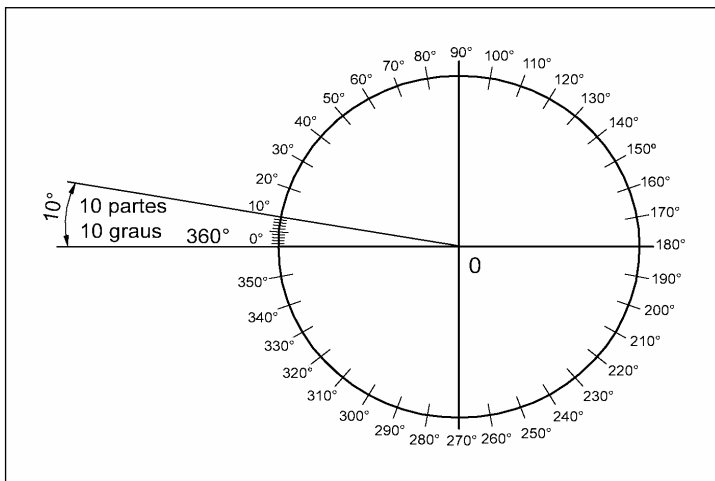
A perspectiva isométrica mantém as mesmas medidas de comprimento, largura e altura do objeto.

Para estudar a perspectiva isométrica é necessário conhecer **ângulo** e a maneira como ela é representado.

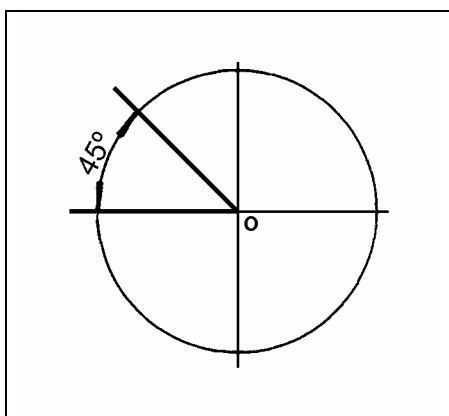
Ângulo é a figura geométrica formada por duas semi-retas com a mesma origem.



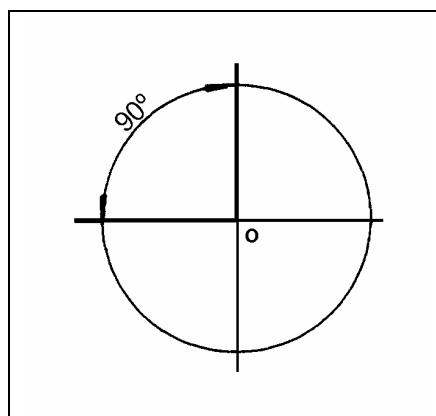
O grau é cada uma das 360 partes em que a circunferência é dividida.



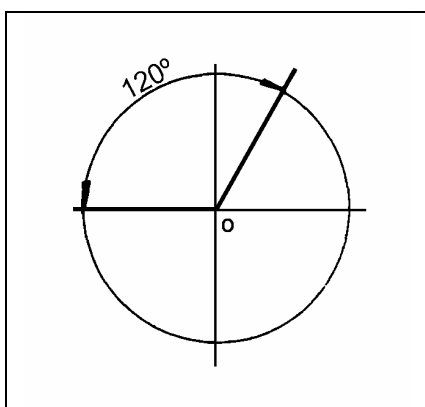
A medida em graus é indicada por um numeral seguido do símbolo de grau.
Veja alguns exemplos.



Quarenta e cinco graus

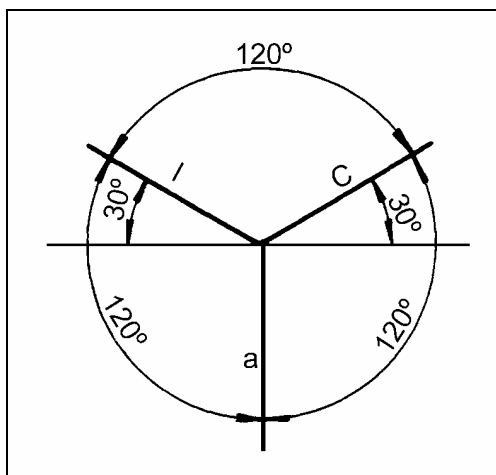


Noventa graus

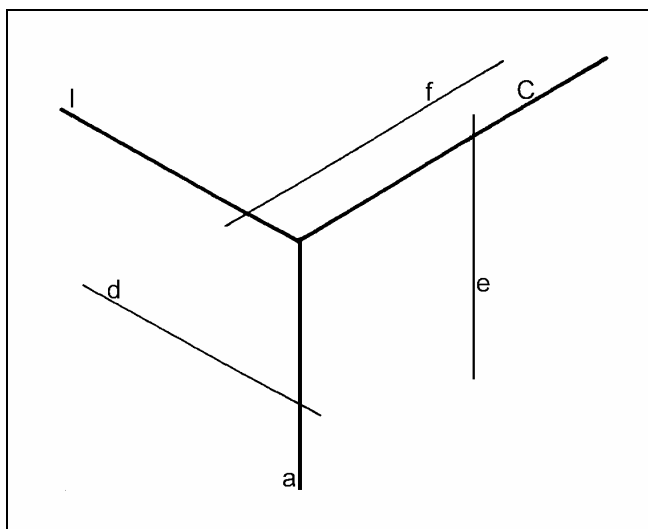


Cento e vinte graus

Nos desenhos em perspectiva isométrica, os três eixos isométricos (c , a , ℓ) formam entre si **ângulos de 120°**. Os eixos oblíquos formam com a horizontal um **ângulo de 30°**.



As linhas paralelas a um eixo isométrico são chamadas de **linhas isométricas**.



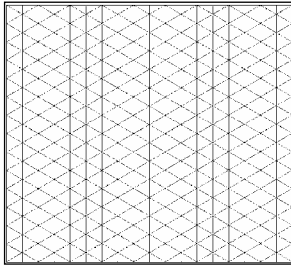
c, a, l: eixos isométricos

d, e, f: linhas isométricas

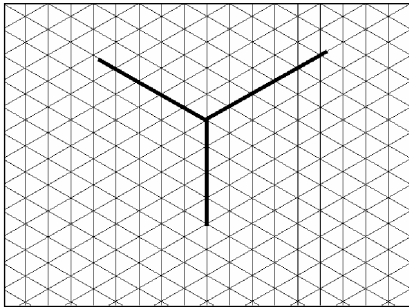
Traçados da perspectiva isométrica do prisma

O prisma é usado como base para o traçado da perspectiva isométrica de qualquer modelo.

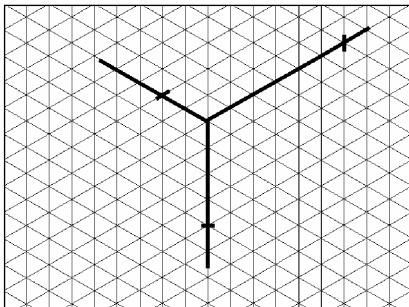
No início, até se adquirir firmeza, o traçado deve ser feito sobre um papel reticulado. Veja abaixo uma amostra de reticulado.



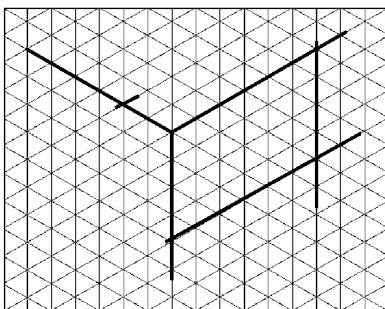
Em primeiro lugar traça-se os eixos isométricos.



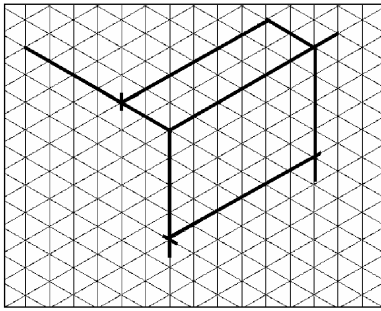
Em seguida, marca-se nesses eixos as medidas de comprimento, largura e altura do prisma;



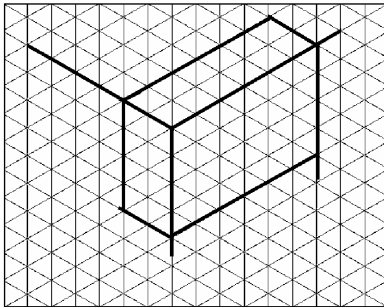
Após isso, traça-se a face de frente do prisma, tomando-se como referência as medidas do comprimento e da altura, marcadas nos eixos isométricos.



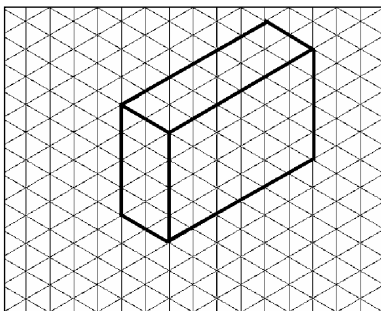
Depois traça-se a face de cima do prisma tomando como referência as medidas do comprimento e de largura, marcadas nos eixos isométricos.



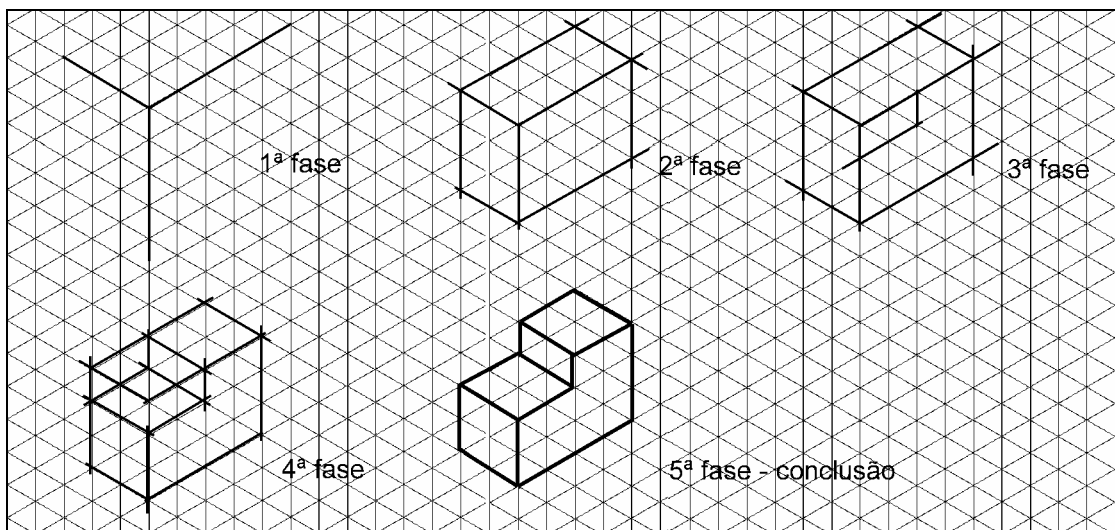
Em seguida traça-se a face do lado do prisma tomando como referência as medidas da largura e da altura marcada nos eixos isométricos.



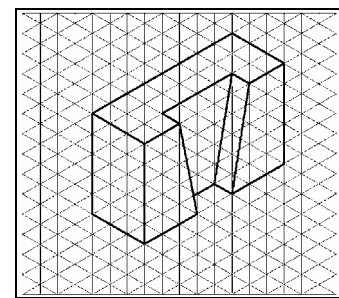
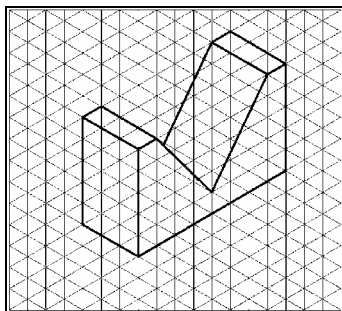
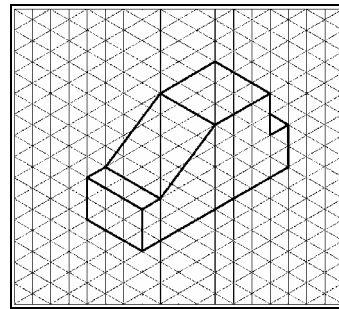
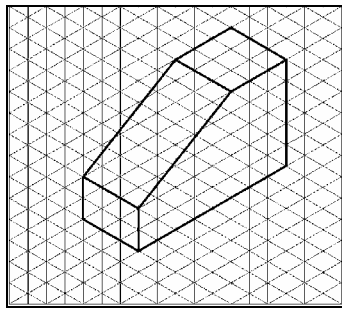
E, por último, para finalizar o traçado da perspectiva isométrica, apaga-se as linhas de construção e reforça-se o contorno do modelo.



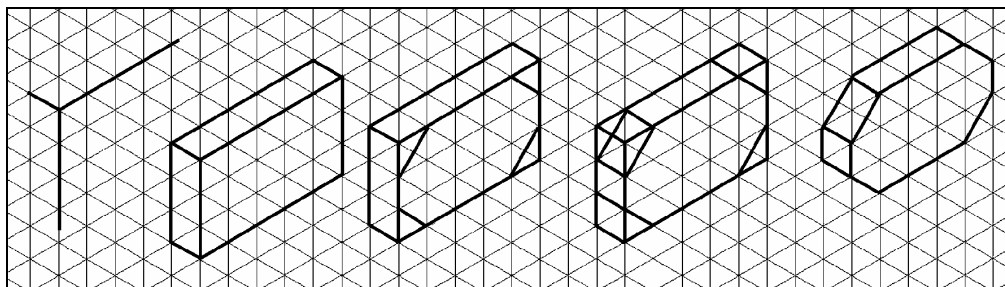
Traçado de perspectiva isométrica com detalhes paralelos



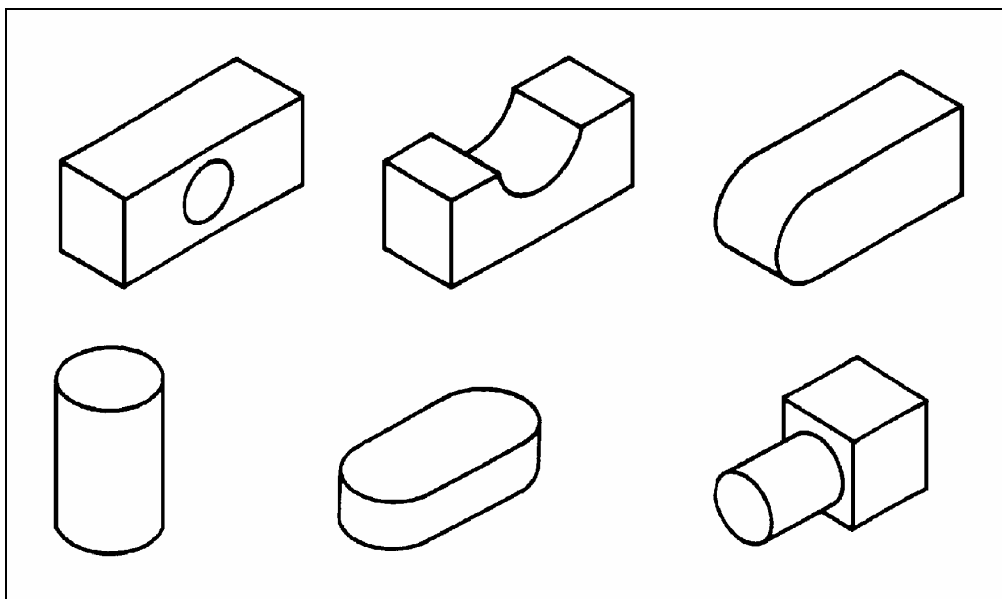
Traçado da perspectiva isométrica com detalhes oblíquos



As linhas que não são paralelas aos eixos isométricos são chamadas **linhas não-isométricas**.

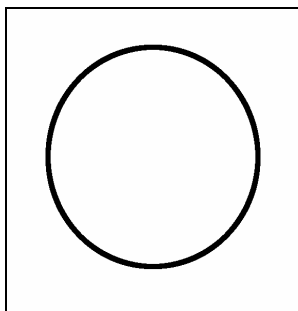


Traçado da perspectiva isométrica com elementos arredondados

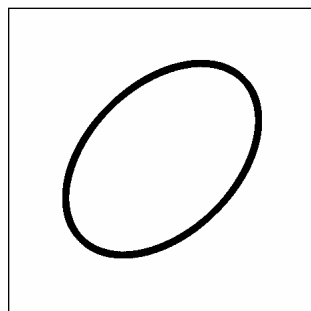


Traçado da perspectiva isométrica do círculo

O círculo em perspectiva tem sempre a forma de elipse.



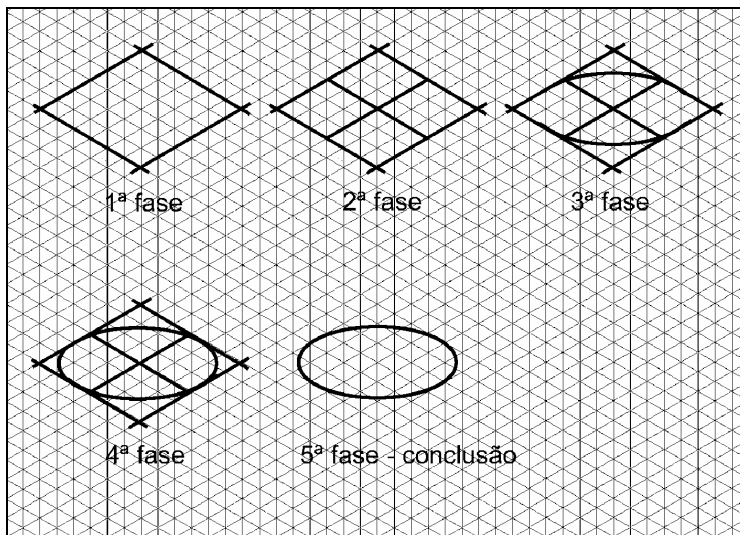
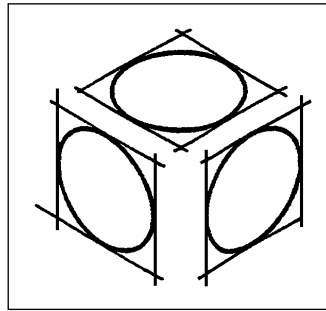
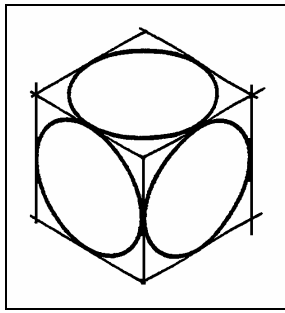
Círculo



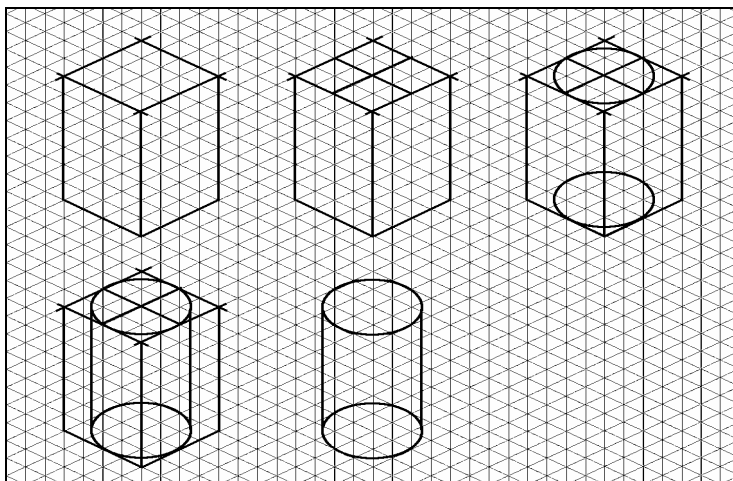
Elipse

Círculo em perspectiva isométrica

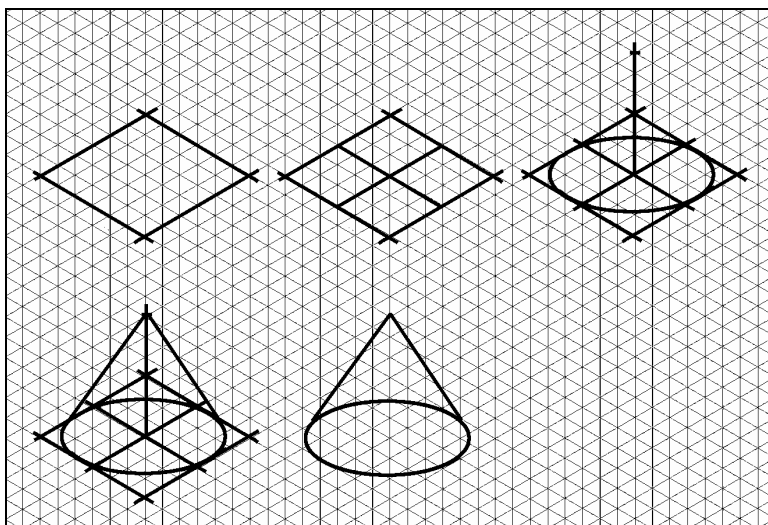
Para representar a perspectiva isométrica do círculo, é necessário traçar antes um quadrado auxiliar em perspectiva, na posição em que o círculo deve ser desenhado.



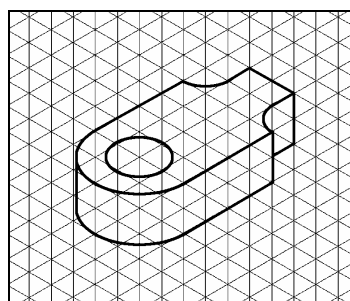
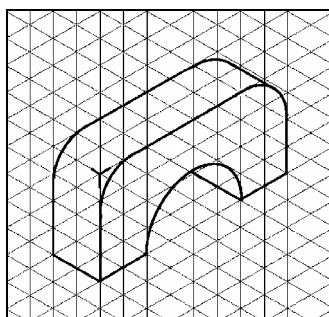
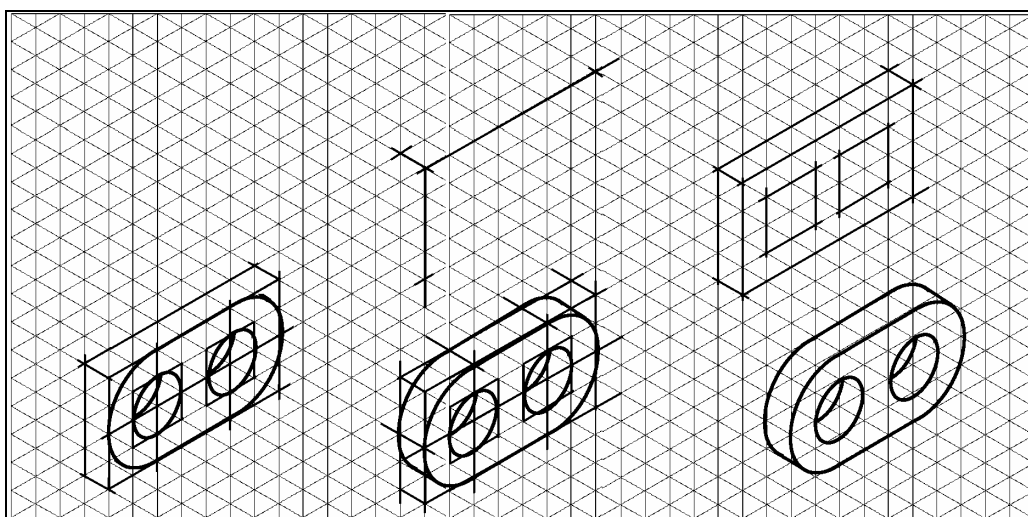
Traçado da perspectiva isométrica do cilindro



Traçado da perspectiva isométrica do cone



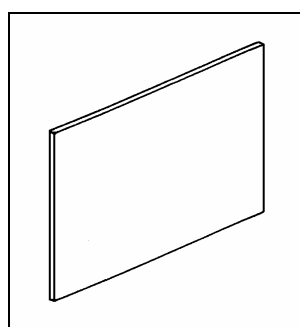
Outros exemplos do traçado da perspectiva isométrica



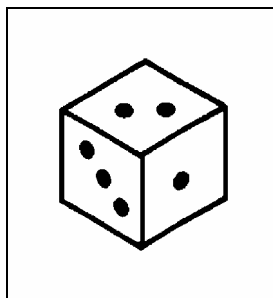
5 Projeção ortogonal

Em desenho técnico, projeção é a representação gráfica do modelo feita em um plano. Existem várias formas de projeção. A ABNT adota a projeção ortogonal, por ser a representação mais fiel à forma do modelo.

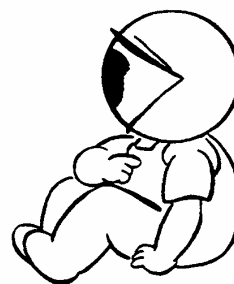
Para entender como é feita a projeção ortogonal, é necessário conhecer os seguintes elementos : observador, modelo, e plano de projeção. No exemplo que segue o modelo é representado por um dado.



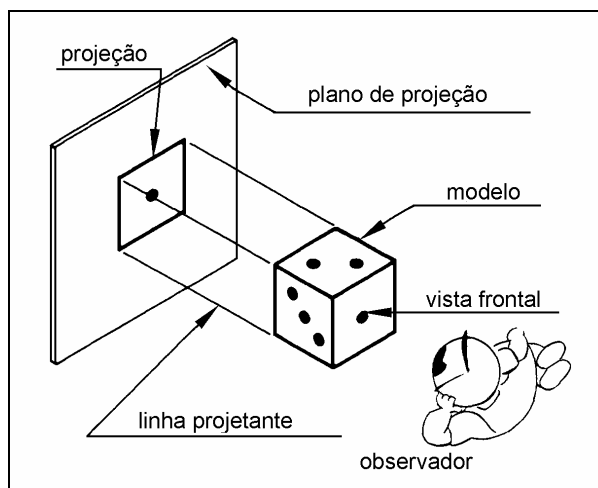
Plano de projeção

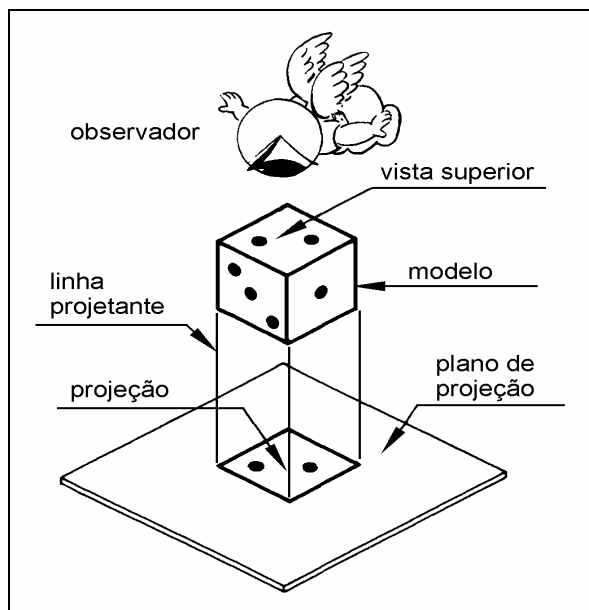


Modelo

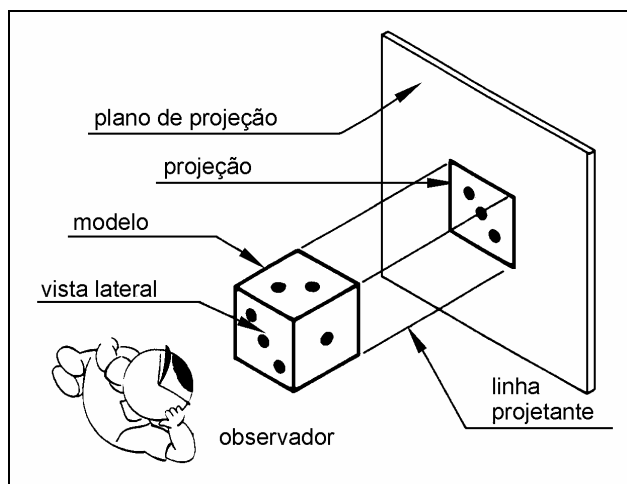


Observador



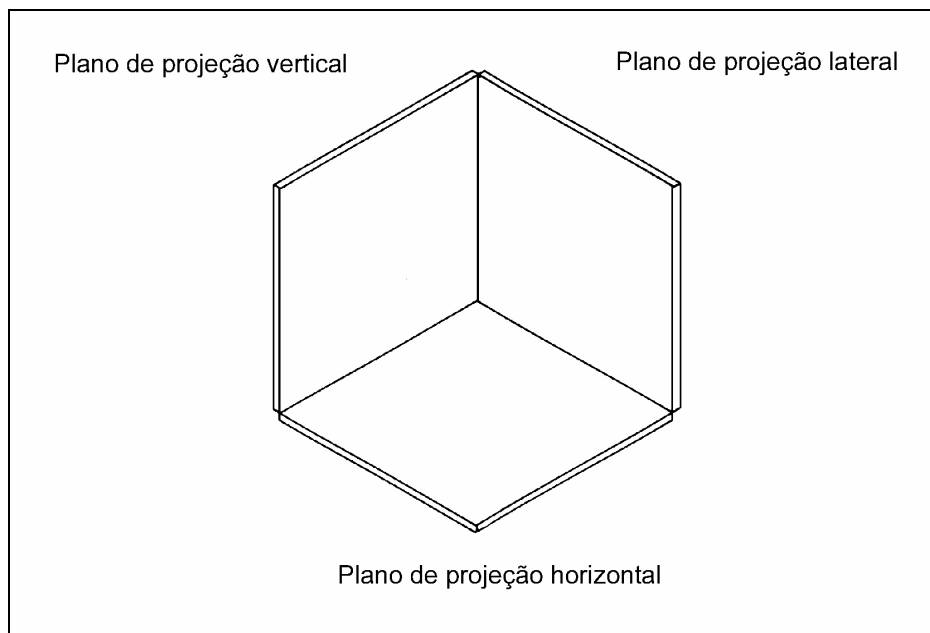


A **linha projetante** é a linha perpendicular ao plano de projeção que sai do modelo e o projeta no plano de projeção.



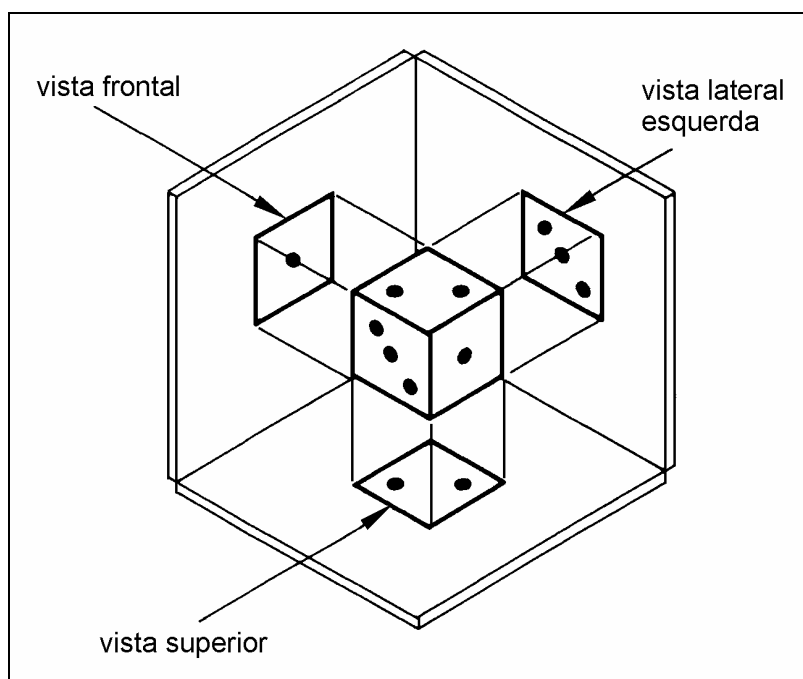
Projeção em três planos

Unindo perpendicularmente três planos, temos a seguinte ilustração:



Cada plano recebe um nome de acordo com sua posição.

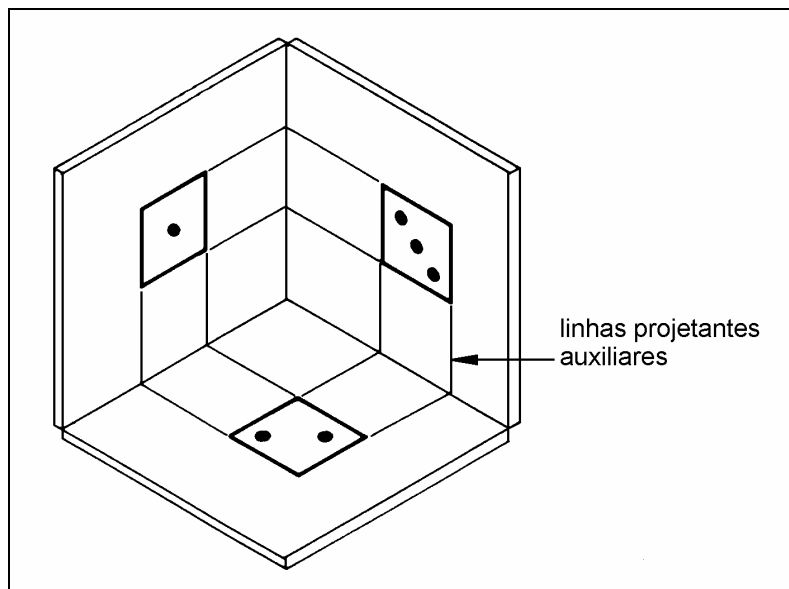
As projeções são chamadas vistas, conforme mostra a ilustração a seguir.



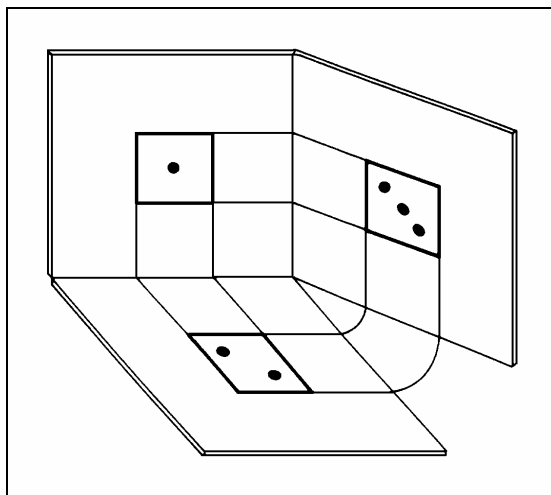
Rebatimento de três planos de projeção

Quando se tem a projeção ortogonal do modelo, o modelo não é mais necessário e assim é possível rebater os planos de projeção.

Com o rebatimento, os planos de projeção, que estavam unidos perpendicularmente entre si, aparecem em um único plano de projeção. A seguir pode-se ver o rebatimento dos planos de projeção, imaginando-se os planos de projeção ligados por dobradiças.

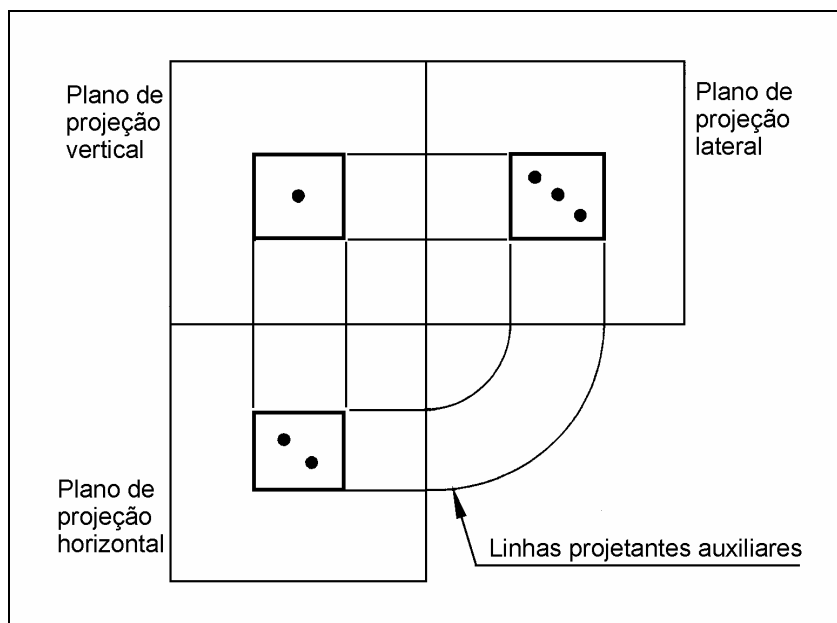


Agora imagine que o plano de projeção vertical fica fixo e que os outros planos de projeção giram um para baixo e outro para a direita.



O plano de projeção que gira para baixo é o plano de projeção horizontal e o plano de projeção que gira para a direita é plano de projeção lateral.

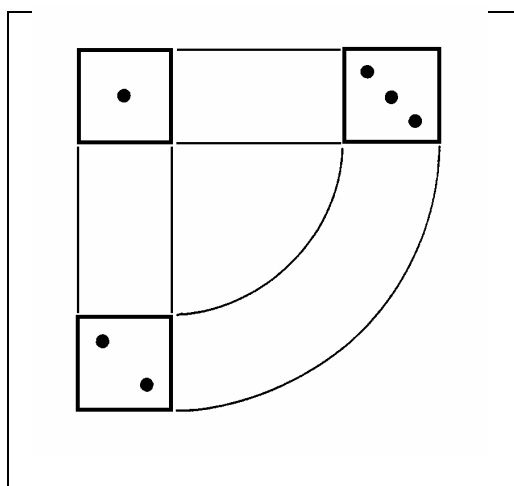
Planos de projeção rebatidos:



Agora é possível tirar os planos de projeção e deixar apenas o desenho das vistas do modelo.

Na prática, as vistas do modelo aparecem sem os planos de projeção.

As linhas projetantes auxiliares indicam a relação entre as vistas do desenho técnico.

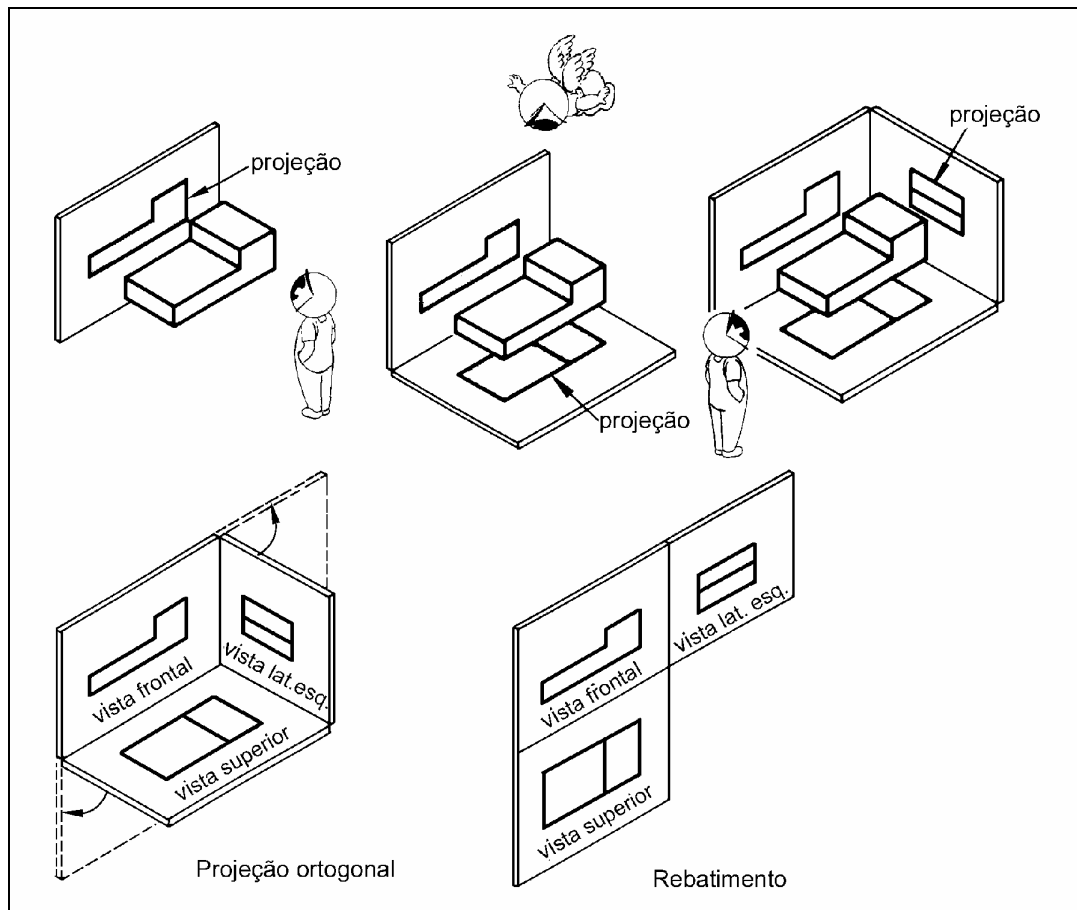


Observação

As linhas projetantes auxiliares não aparecem no desenho técnico do modelo. São linhas imaginárias que auxiliam no estudo da teoria da

projeção ortogonal.

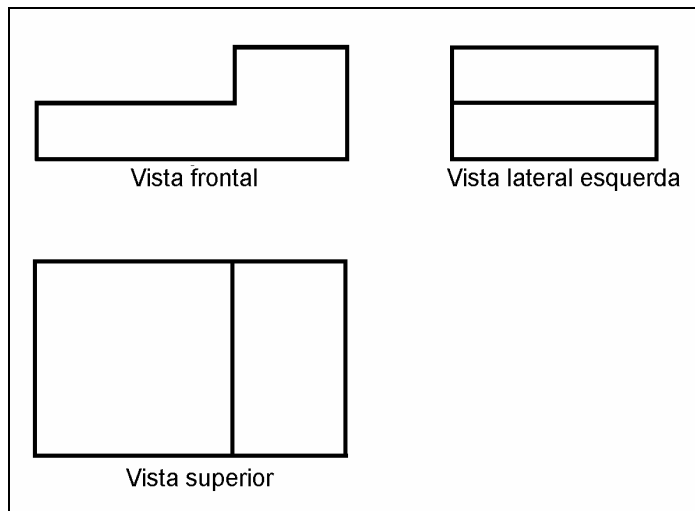
Outro exemplo:



Dispondo as vistas alinhadas entre si, temos as projeções da peça formadas pela **vista frontal**, **vista superior** e **vista lateral esquerda**.

Observação

Normalmente a **vista frontal** é a vista principal da peça.



As distâncias entre as vistas devem ser iguais e proporcionais ao tamanho do desenho.

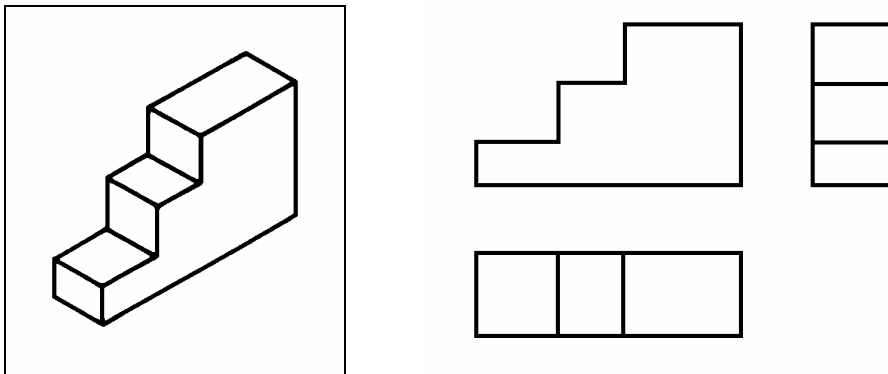
6 Linhas

Para desenhar as projeções usa-se vários tipos de linhas. Vamos descrever algumas delas.

Linha para arestas e contornos visíveis

É uma linha contínua larga que indica o contorno de modelos esféricos ou cilíndricos e as arestas visíveis do modelo para o observador Ex:

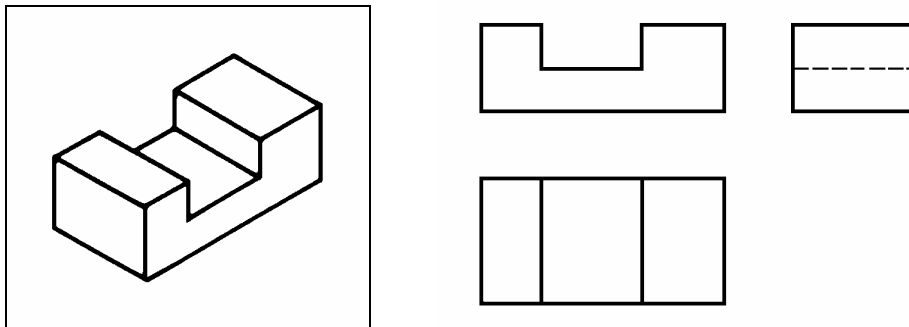
Aplicação



Linha para aresta e contornos não-visíveis

É uma linha tracejada que indica as arestas não-visíveis para o observador, isto é, as arestas que ficam encobertas. Exemplo:

Aplicação

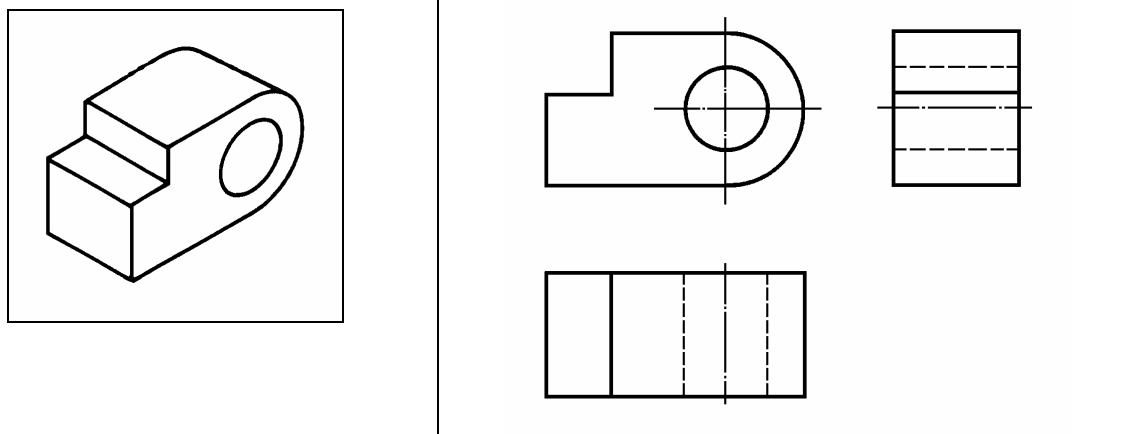
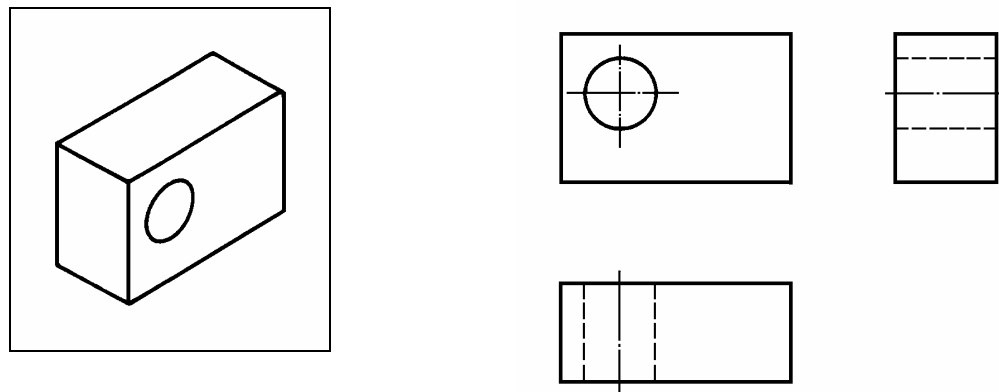


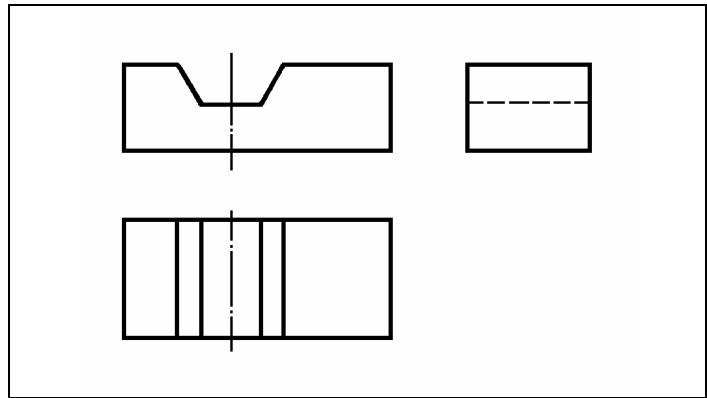
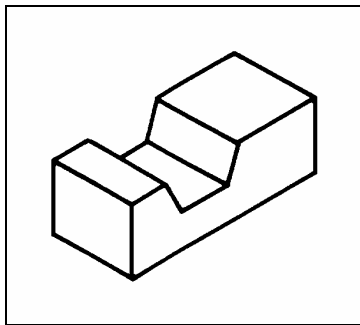
Linha de centro

É uma linha estreita, formada por traços e pontos alternados, que indica o centro de alguns elementos do modelo como furos, rasgos, etc.

Exemplo: _____ . _____ . _____ . _____ . _____ . _____

Aplicação



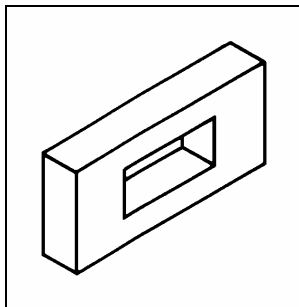


Linha de simetria

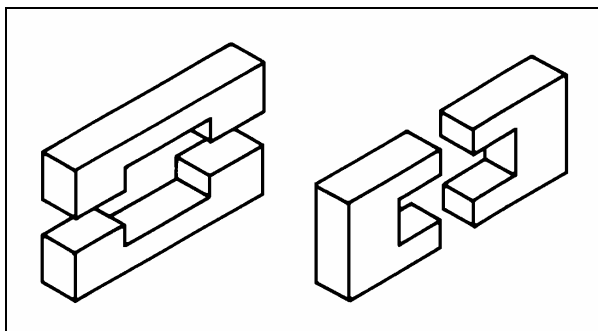
É uma linha estreita formada por traços e pontos alternados. Ela indica que o modelo é simétrico. Exemplo:



Modelo simétrico



Imagine que este modelo é dividido ao meio, horizontal ou verticalmente.



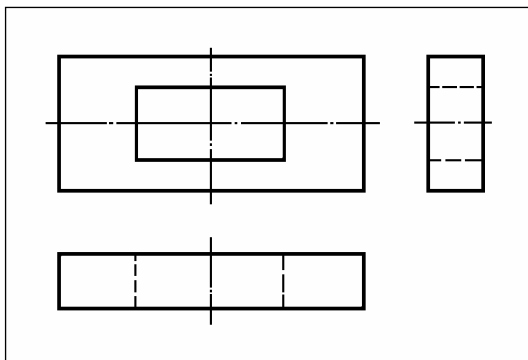
Note que as metades do modelo são exatamente iguais, logo, o modelo é simétrico.

Aplicação

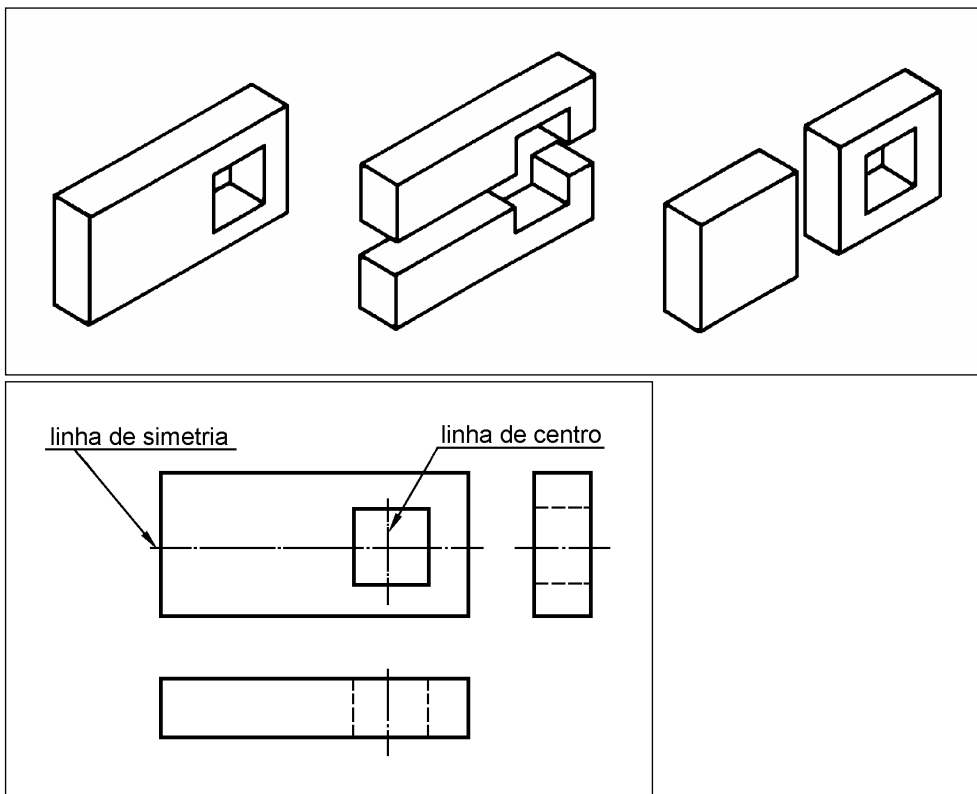
Quando o modelo é simétrico, no desenho técnico aparece a linha de simetria.

A linha de simetria indica que as metades do desenho apresentam-se simétricas em relação a essa linha.

A linha de simetria pode aparecer tanto na posição horizontal como na posição vertical.

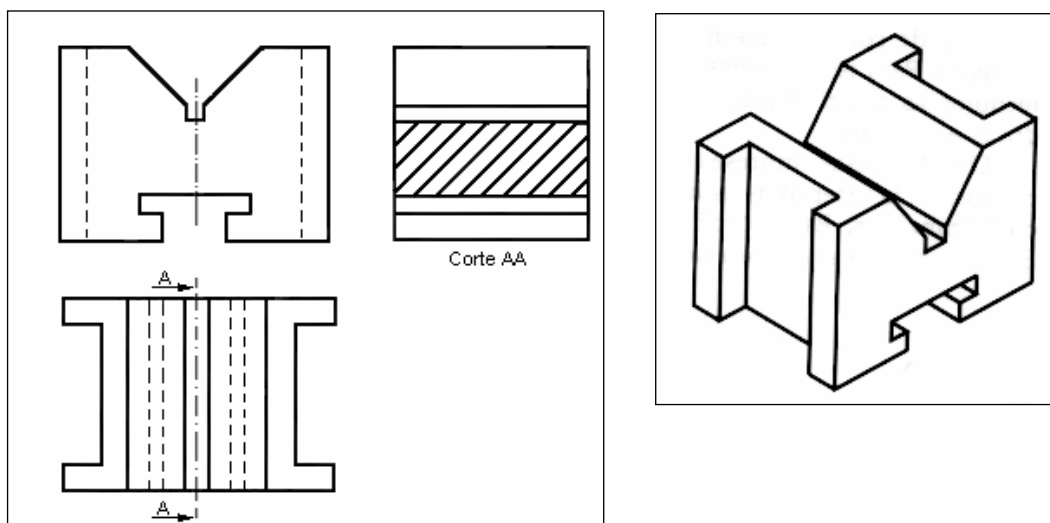


No exemplo abaixo a peça é simétrica apenas em um sentido.



7 Cotagem

Observe as vistas ortográficas e a perspectiva isométrica a seguir.

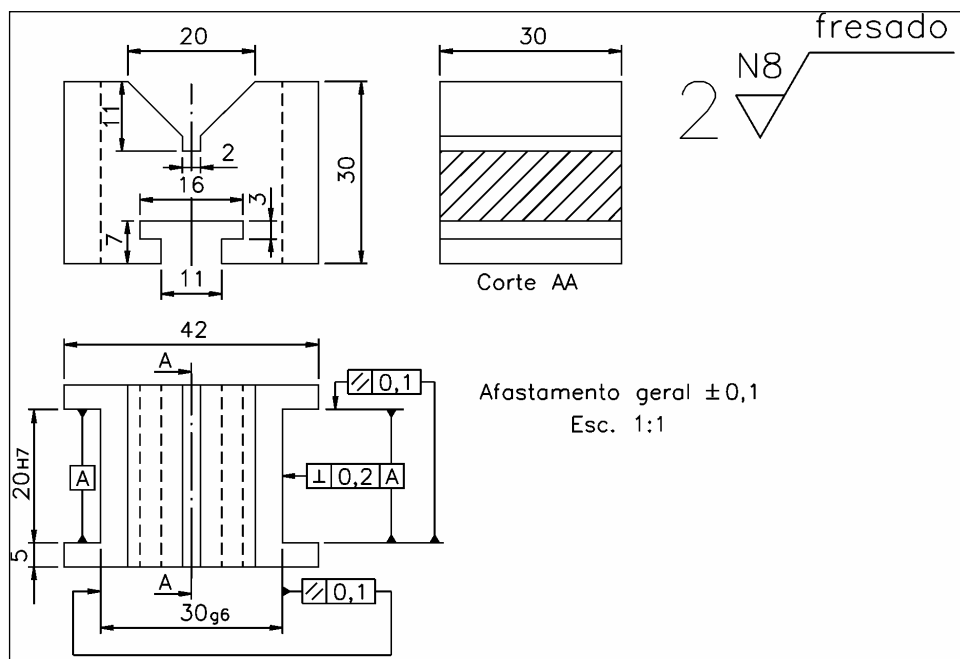


Para executar qualquer objeto você precisa de informações sobre o tamanho, isto é, sobre as dimensões exatas do objeto e de cada uma de suas partes. As dimensões do objeto devem ser indicadas, no desenho técnico, sob a forma de medidas.

A indicação de medidas no desenho técnico recebe o nome de cotagem. Ao indicar as medidas ou cotas, no desenho técnico, o desenhista segue determinadas normas técnicas. A cotagem é normalizada pela norma ABNT/NBR 10126/1987.

As medidas indicadas no desenho técnico referem-se à grandeza real que o objeto deve ter depois de produzido.

Veja como fica o desenho técnico mostrado anteriormente, agora com as indicações completas de dimensionamento.



P

Para executar uma peça, a partir de seu desenho técnico, é preciso interpretar corretamente as medidas indicadas. Se a interpretação é feita de maneira errada, a peça fica errada também.

Unidade de medida em desenho técnico

As peças, como todos os sólidos geométricos, têm três dimensões básicas: comprimento, largura e altura.

Para indicar uma medida precisamos de uma unidade de medida, como referência. A unidade de medida adotada no desenho técnico mecânico é o milímetro, que corresponde à milésima parte do metro, isto é, se dividir o metro em 1000 partes iguais, cada uma das partes equivale a 1 (um) milímetro cujo símbolo de milímetro é mm.

Em desenho técnico a unidade é representada quando esta for diferente de mm.

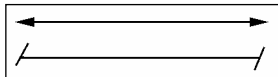
Elementos de cotação

Para interpretar desenhos cotados você deve conhecer três elementos

básicos: cota ou valor numérico, linha de cota e linha auxiliar.

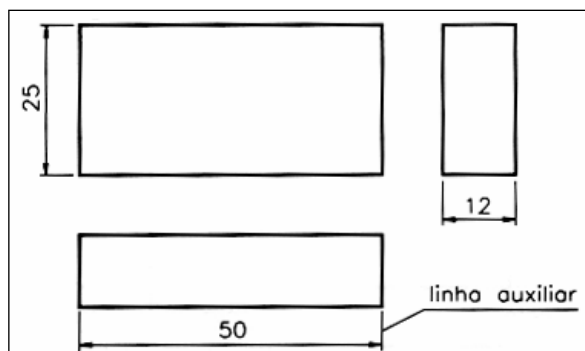
Cotas -São os números que indicam as medidas da peça

Linhas de cota- São linhas contínuas estreitas com setas ou traços oblíquos nas extremidades, tais como:



Linhas auxiliares - São linhas contínuas estreitas que limitam a linha de cota fora da vista ortográfica.

A linha auxiliar deve ser prolongada ligeiramente além da respectiva linha de cota. Um pequeno espaço deve ser deixado entre a linha auxiliar e a linha de contorno do desenho.



Regras gerais de cotação

Os elementos de cotação aparecem dispostos no desenho técnico de acordo com as características das peças. Como estas características variam muito, não existem regras fixas de cotação.

Mas, existem algumas regras gerais para dispor as cotas de tal forma que elas não prejudiquem a clareza do desenho:

Quando a linha de cota está na posição horizontal, a cota deve ser indicada acima e paralelamente à sua linha de cota. Os algarismos devem estar centralizados, a uma pequena distância da linha de cota.

Quando a linha de cota está na posição vertical, a cota pode aparecer do lado esquerdo e paralela à linha de cota.

Quando a linha de cota está na posição inclinada, a cota acompanha a inclinação para facilitar a leitura.

As cotas não se repetem.

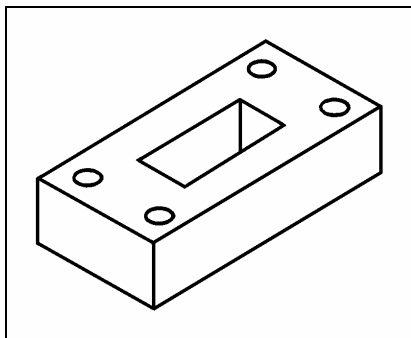
As cotas devem ser sempre indicadas nas vistas onde os elementos aparecem melhor representados.

As cotas devem ser localizadas de tal modo que não sejam cortadas ou separadas por qualquer outra linha.

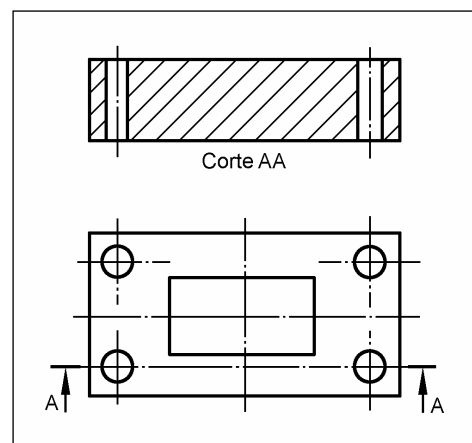
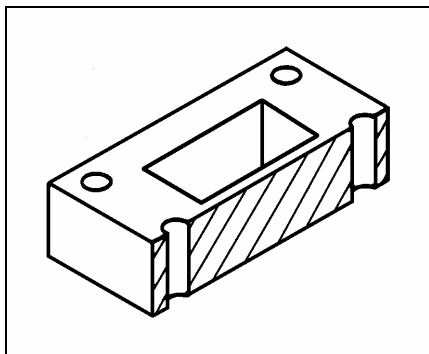
As cotas devem ser apresentadas em tamanho que as torne facilmente legíveis, tanto no original como em qualquer tipo de reprodução.

8 Cortes

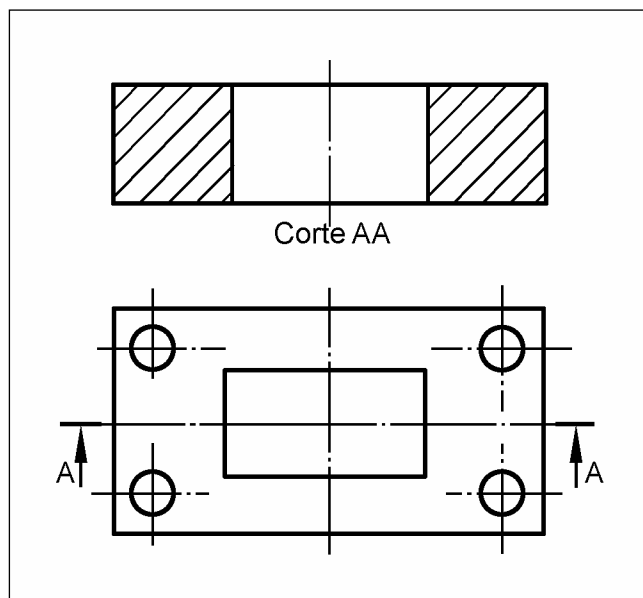
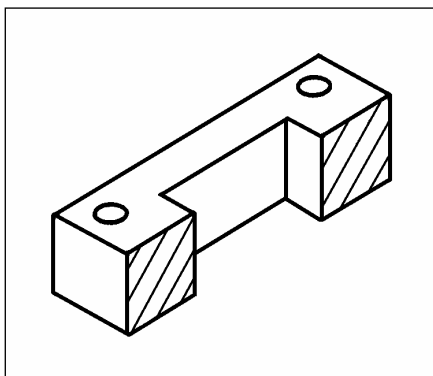
O assunto **cortes** já foi abordado no fascículo de “Iniciação ao desenho”. Contudo, devido a sua importância, ele é retomado no presente capítulo.



Corte passando por furos cilíndricos

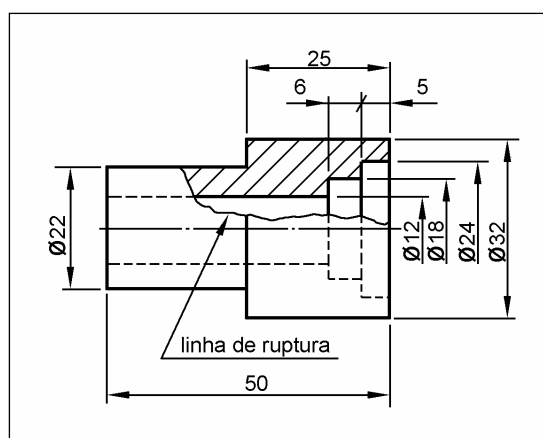
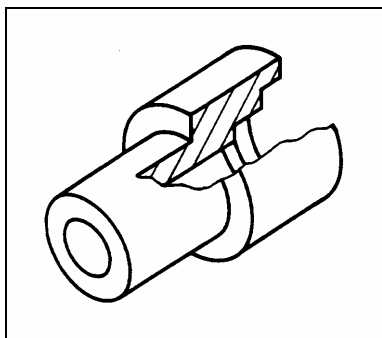


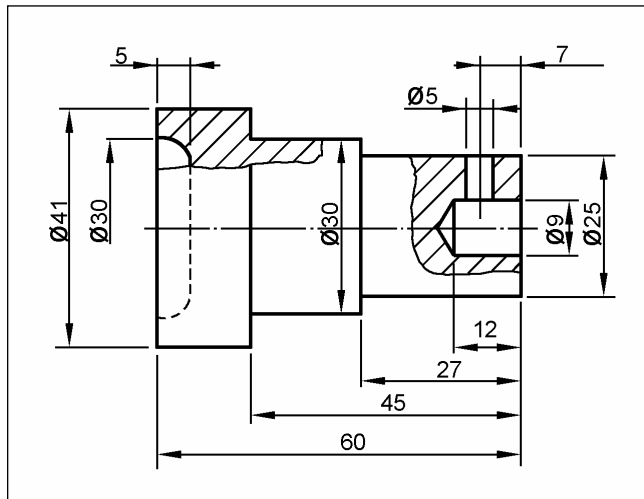
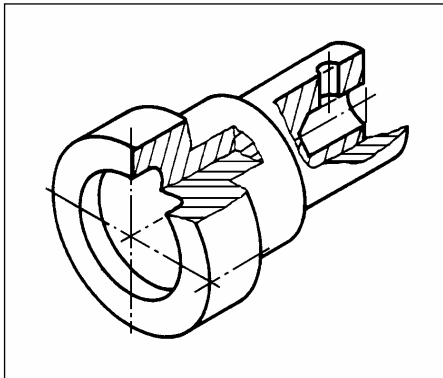
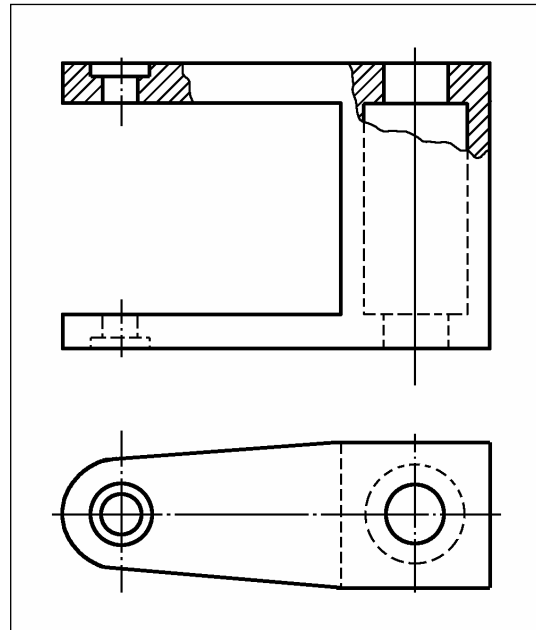
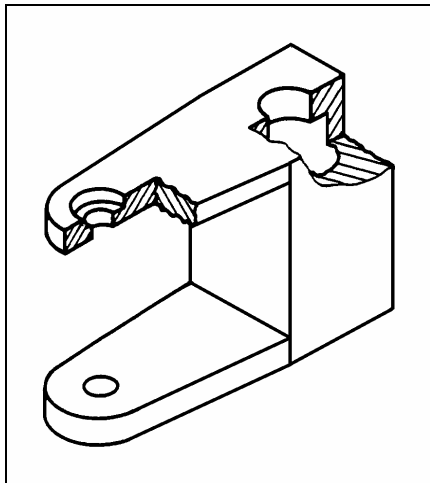
Corte passando por furo retangular



Corte parcial

É o corte usado quando é necessário mostrar apenas determinados detalhes internos na projeção. Para limitar a parte cortada, usa-se a linha de ruptura (sinuosa estreita).





Corte composto

Certos tipos de peças, como as representadas abaixo, por apresentarem seus elementos internos fora de alinhamento, precisam de outra maneira de se imaginar o corte.

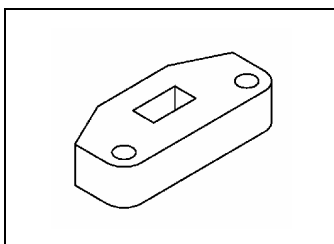


Figura A

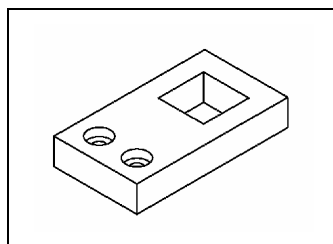


Figura B

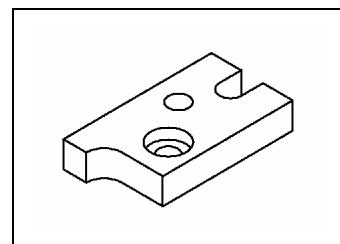
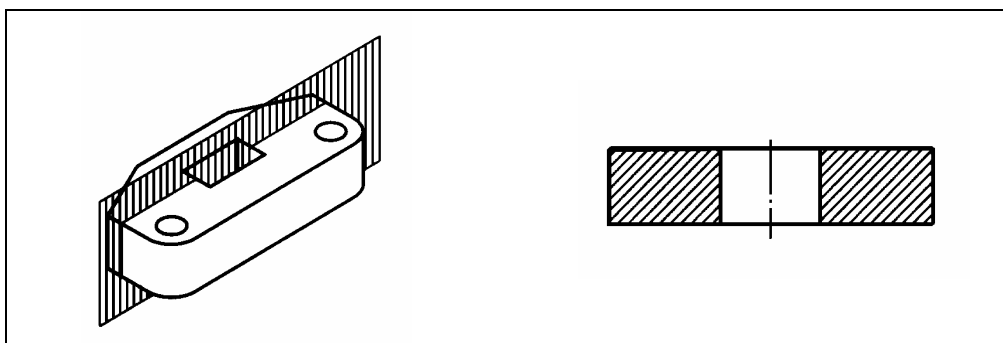


Figura C

O tipo de corte usado para mostrar elementos internos fora de alinhamento é o corte composto, também conhecido como corte em desvio. Nesta aula, você aprenderá a representar, em corte composto, peças semelhantes às que foram mostradas.

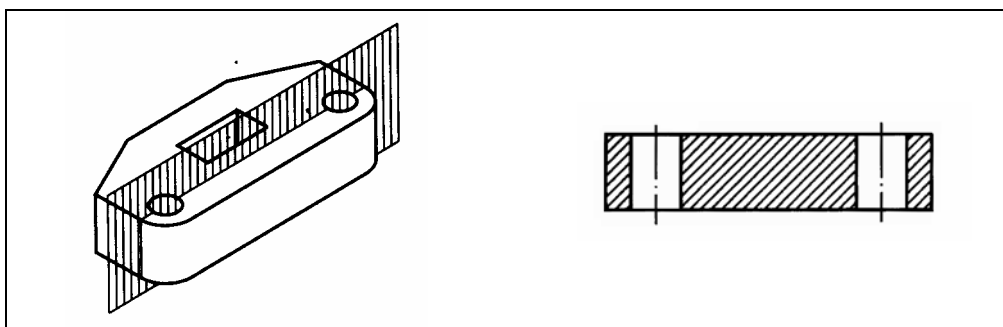
Corte composto por planos paralelos

Imagine o primeiro modelo (Fig. A) sendo seccionado por um plano de corte longitudinal vertical que atravessa o furo retangular e veja como fica sua representação ortográfica:



Você deve ter observado que o modelo foi seccionado por um plano que deixou visível o **furo retangular**. Os furos redondos, entretanto, não podem ser observados.

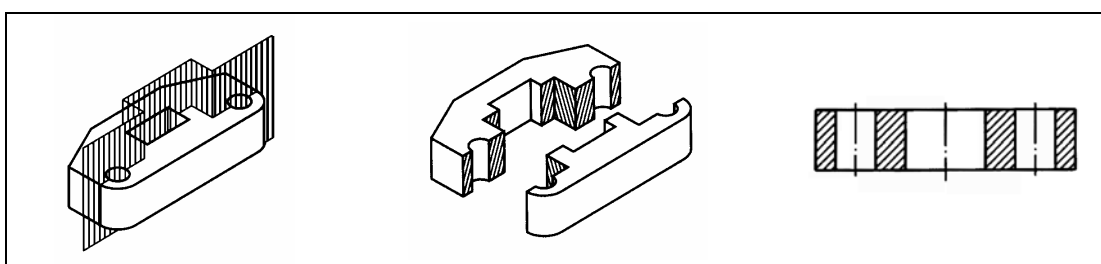
Para poder analisar os furos redondos, você terá de imaginar um outro plano de corte, paralelo ao anterior. Veja, a seguir, o modelo seccionado pelo plano longitudinal vertical que atravessa os furos redondos e, ao lado, sua representação ortográfica.



Em desenho técnico existe um modo de representar estes cortes reunidos: é o **corte composto**, ou **em desvio**.

O corte composto torna possível analisar todos os elementos internos do modelo ou peça, ao mesmo tempo. Isso ocorre porque o corte composto permite representar, **numa mesma vista**, elementos situados em **diferentes** planos de corte.

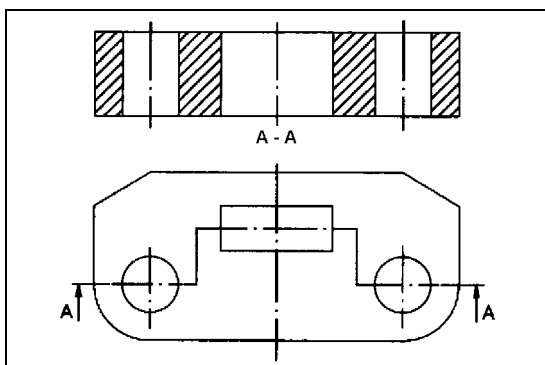
Você deve imaginar o plano de corte **desviado** de direção, para atingir todos os elementos da peça.



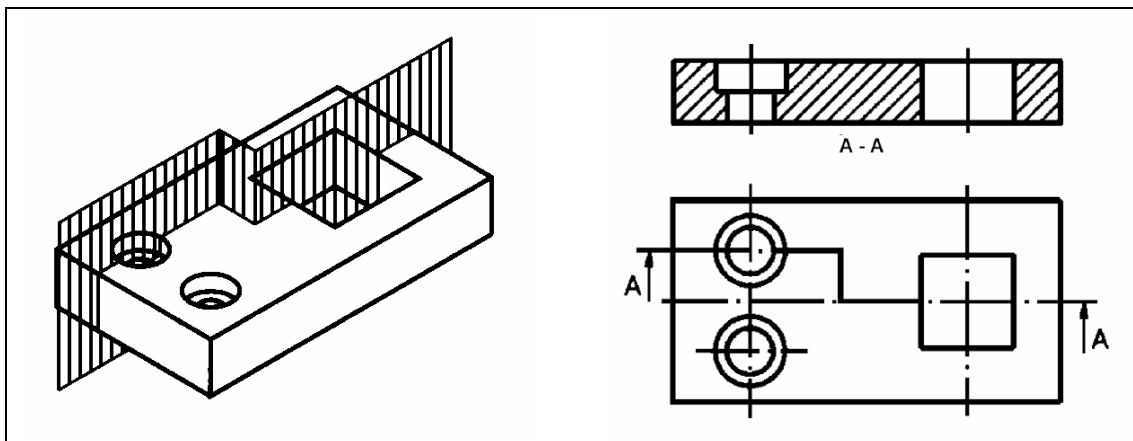
A vista frontal, representada em corte, neste exemplo, mostra todos os elementos como se eles estivessem no mesmo plano.

Se você observar a vista frontal, isoladamente, não será possível identificar os locais por onde passaram os planos de corte. Nesse caso, você deve examinar a vista onde é representada a indicação do plano de corte.

Observe a seguir que o corte é indicado pela linha traço e ponto na vista superior. Os traços são **largos** nas extremidades e quando indicam mudanças de direção dos planos de corte. O nome do corte é indicado por duas letras maiúsculas, representadas nas extremidades da linha traço e ponto. As setas indicam a direção em que o observador imaginou o corte.



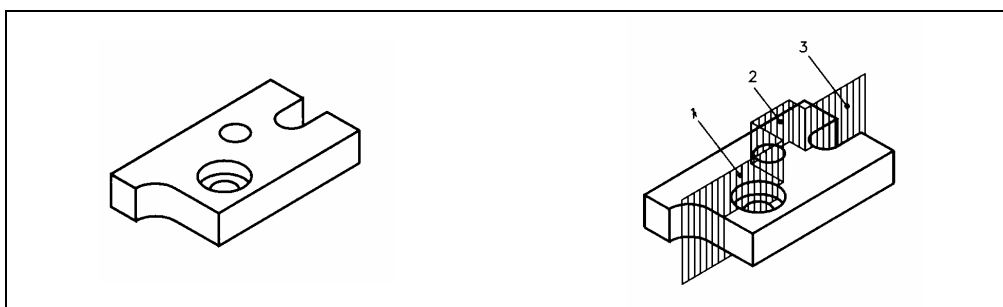
Observe novamente o modelo da Fig. B, que também apresenta elementos internos não alinhados. Para analisar os elementos internos desse modelo, você deverá imaginar um corte composto.



Corte composto por mais de dois planos de corte paralelos

Este tipo de corte se aplica nos modelos ou peças em que o plano de corte tem de se desviar **mais de uma vez** para atingir todos os elementos que interessa mostrar.

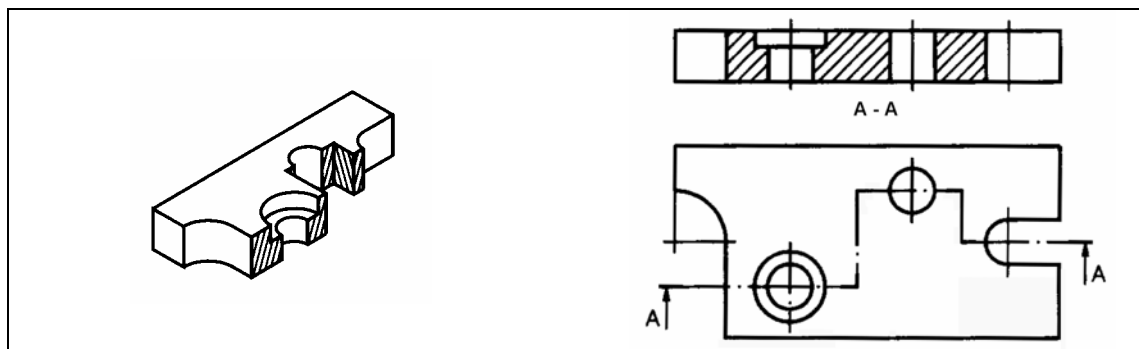
Veja novamente o modelo da figura abaixo: tem **um furo rebaixado, um furo passante e um rasgo arredondado**. Observe que são necessários **três** planos de corte paralelos para atingir os elementos desalinhados.



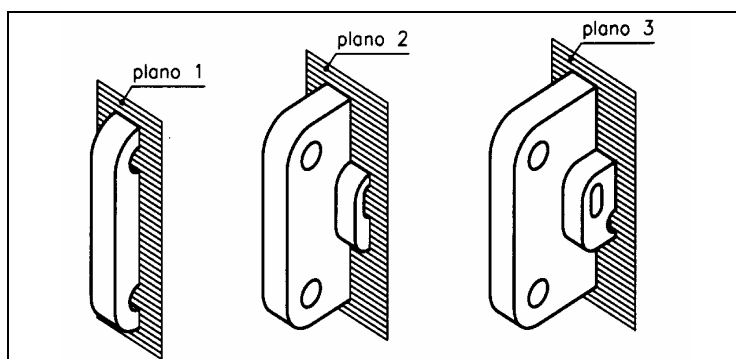
Como o corte foi imaginado de frente, a vista representada em corte é a vista frontal. A indicação dos planos de corte é representada na vista superior.

Análise a perspectiva em corte e as vistas representadas com aplicação e indicação de corte composto. Observe que na vista frontal todos os elementos são visíveis, embora na realidade estejam em diferentes planos,

como mostra a vista superior.



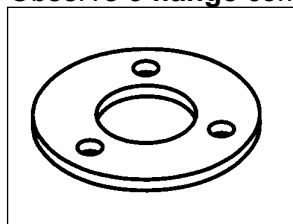
A ilustração a seguir mostra os três planos que cortam a peça.



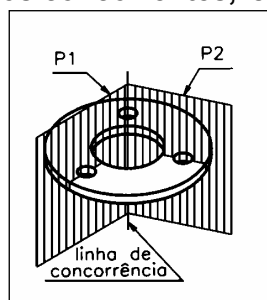
Corte composto por planos concorrentes

Agora você vai conhecer uma outra forma de imaginar cortes compostos.

Observe o **flange** com três furos passantes, representada a seguir.

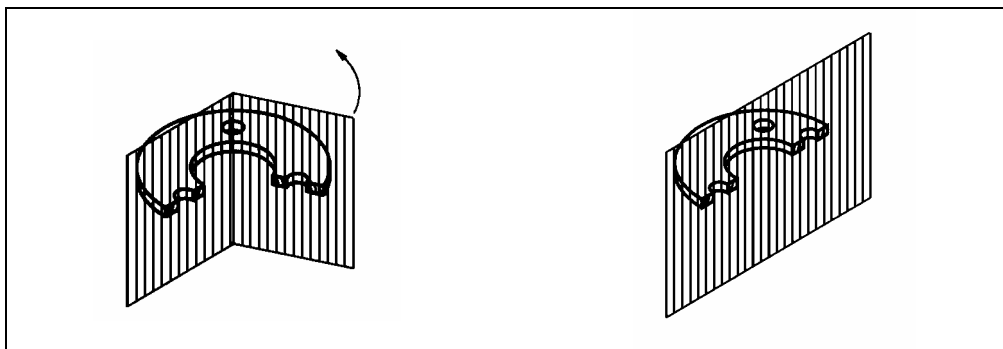


Se você imaginar o flange atingido por um único plano de corte, apenas um dos furos ficará visível. Para mostrar outro furo, você terá de imaginar o flange atingido por dois **planos concorrentes**, isto é, dois planos que se cruzam (P1 e P2).

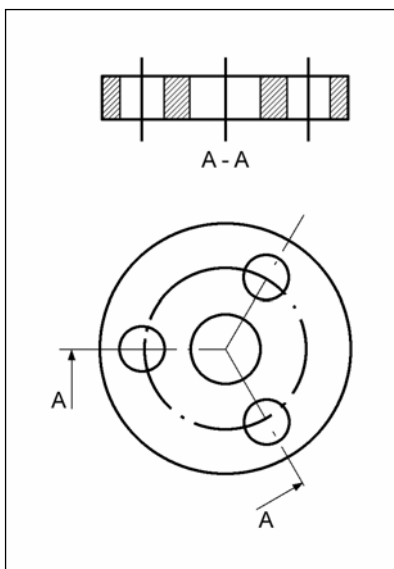


Neste exemplo, a vista que deve ser representada em corte é a vista frontal, porque o observador está imaginando o corte **de frente**.

Para representar os elementos, na vista frontal, em **verdadeira grandeza**, você deve imaginar que um dos planos de corte sofreu um movimento de rotação, de modo a coincidir com o outro plano.



Veja como ficam as vistas ortográficas: vista frontal e vista superior, após a rotação do elemento e a aplicação do corte.



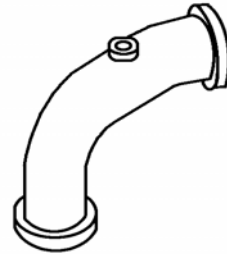
Na vista frontal, todos os elementos são visíveis e aparentam estar no mesmo plano. Note que, na vista superior, os elementos são representados **sem** rotação, na sua posição real. Nesta vista fica bem visível que este corte é composto por **dois planos concorrentes**.

Tente interpretar você mesmo um outro exemplo de desenho técnico, com

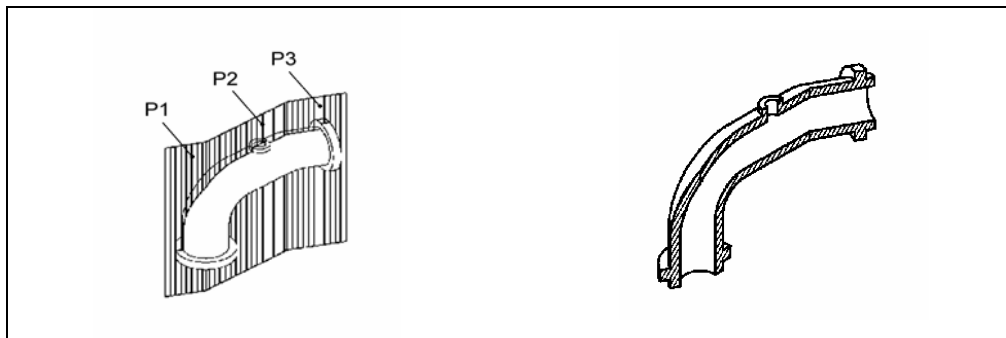
aplicação de corte composto por planos concorrentes.

Corte composto por planos sucessivos

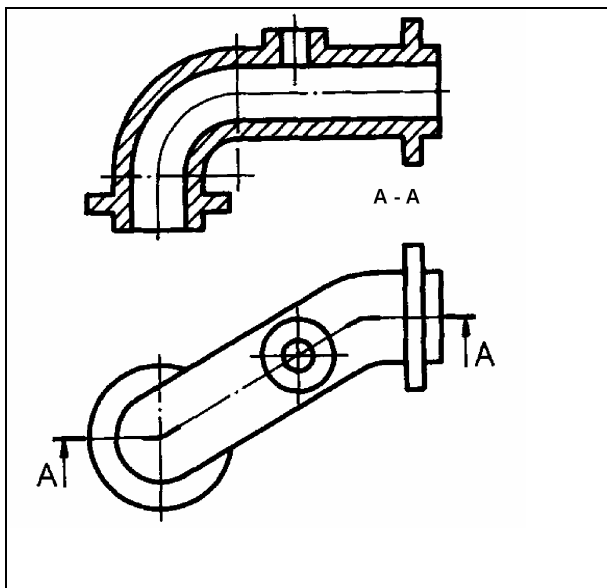
Veja mais um tipo de corte composto. A ilustração ao lado mostra um **joelho**, que é uma peça usada para unir canalizações.



Para poder analisar os elementos internos desta peça, você deverá imaginar vários planos de corte seguidos (P1, P2, P3).



O corte foi imaginado observando-se a peça de **frente**. Por isso, a vista representada em corte é a **vista frontal**. Observe as vistas ortográficas: vista frontal e vista superior. Na vista frontal, as partes maciças atingidas pelo corte são hachuradas. Na vista superior, **os planos de corte sucessivos** são representados pela linha de corte.



A linha traço e ponto, que indica o local por onde passam os planos de corte, é formada por traços largos nas extremidades e no encontro de dois planos sucessivos. Você deve ter observado que foram utilizados **três planos de corte sucessivos**.

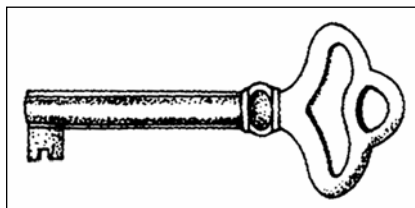
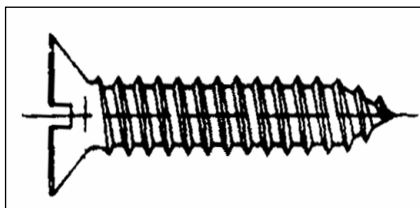
São raras as peças em que se pode imaginar a aplicação deste tipo de corte. Entretanto, é bom que você esteja preparado para interpretar cortes compostos por mais de dois planos sucessivos quando eles aparecerem no desenho técnico.

9 Escalas

Introdução

Antes de representar objetos, modelos, peças, etc. deve-se estudar o seu tamanho real. **Tamanho real** é a grandeza que as coisas têm na realidade.

Existem coisas que podem ser representadas no papel em tamanho real.



Mas, existem objetos, peças, animais, etc. que não podem ser representados em seu tamanho real. Alguns são muito grandes para caber numa folha de papel. Outros são tão pequenos, que se os reproduzíssemos em tamanho real seria impossível analisar seus detalhes.

Para resolver tais problemas, é necessário reduzir ou ampliar as representações destes objetos.

Manter, reduzir ou ampliar o tamanho da representação de alguma coisa é possível através da representação em escala.

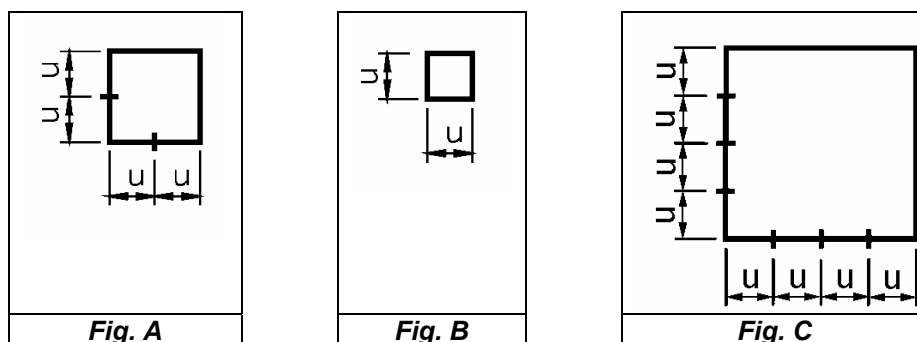
A escala é uma forma de representação que mantém as proporções das medidas lineares do objeto representado.

Em desenho técnico, a escala indica a relação do tamanho do desenho da peça com o tamanho real da peça.

Nos desenhos em escala, as medidas lineares do objeto real ou são mantidas, ou então são aumentadas ou reduzidas proporcionalmente.

As dimensões angulares do objeto permanecem inalteradas. Nas representações em escala, as formas dos objetos reais são mantidas.

Veja um exemplo.



A figura A é um quadrado, pois tem 4 lados iguais e quatro ângulos retos. Cada lado da figura A mede $2u$ (duas unidades de medida).

B e C são figuras semelhantes a A: também possuem quatro lados iguais e quatro ângulos iguais. Mas, as medidas dos lados do quadrado B foram reduzidas proporcionalmente em relação às medidas dos lados do quadrado A. Cada lado de B é uma vez menor que cada lado correspondente de A.

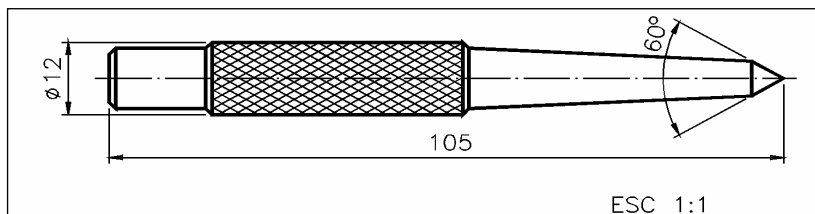
Já os lados do quadrado C foram aumentados proporcionalmente, em relação aos lados do quadrado A. Cada lado de C é igual a duas vezes cada lado correspondente de A.

Note que as três figuras apresentam medidas dos lados proporcionais e ângulos iguais.

Então, podemos dizer que as figuras B e C estão representadas em escala em relação a figura A.

Existem três tipos de escala: natural, de redução e de ampliação.

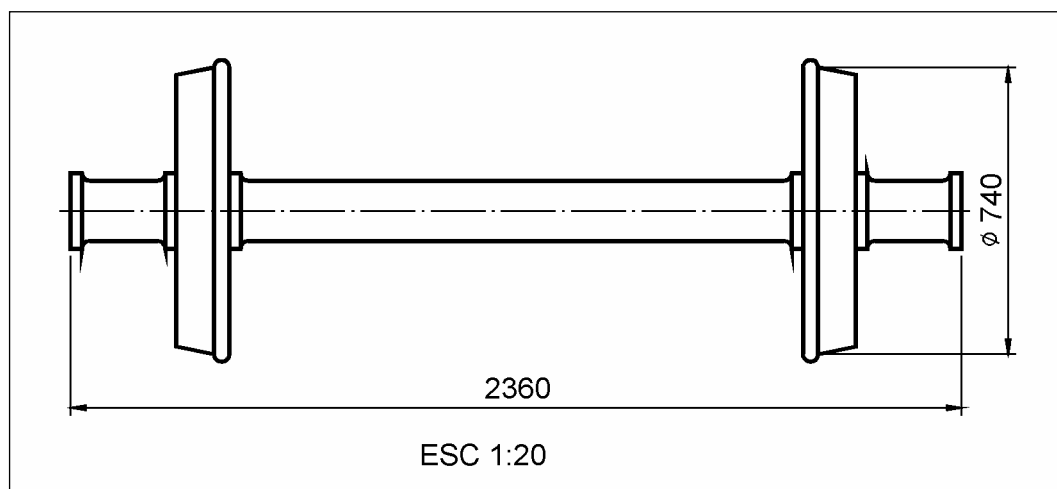
Escala natural é aquela em que o tamanho do desenho técnico é **igual** ao tamanho real da peça, e sua representação deve constar no desenho.



A indicação da escala do desenho é feita pela abreviatura da palavra escala: **ESC**, seguida de **dois numerais** separados por dois pontos. O numeral à esquerda dos dois pontos representa as medidas do desenho técnico. O numeral à direita dos dois pontos representa as medidas reais da peça.

Na indicação da escala natural os dois numerais são sempre iguais. Isso porque o tamanho do desenho técnico é igual ao tamanho real da peça, portanto é de **1:1** (lê-se **um por um**).

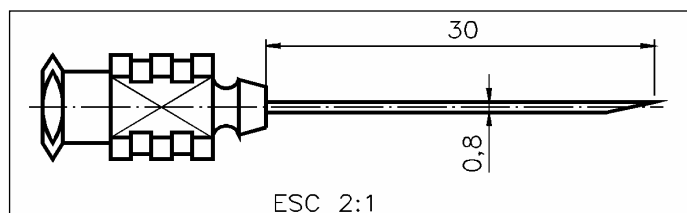
Escala de redução é aquela em que o tamanho do desenho técnico é **menor** que o tamanho real da peça.



As medidas deste desenho são vinte vezes menores que as medidas correspondentes do rodeiro de vagão real. Na indicação da escala de redução o numeral à esquerda dos dois pontos é sempre 1. O numeral à direita é sempre maior que 1.

No desenho acima o objeto foi representado na escala de 1:20 (que se lê: um por vinte).

Escala de ampliação é aquela em que o tamanho do desenho técnico é **maior** que o tamanho real da peça.



As dimensões deste desenho são duas vezes maiores que as dimensões correspondentes da agulha de injeção real. Este desenho foi feito na escala **2:1** (lê-se: **dois por um**).

Obs: Na escala de ampliação o numeral que representa o tamanho do desenho técnico é sempre maior que o numeral que representa o tamanho real da peça.

	desenho	:	peça
natural	ESC 1	:	1
ampliação	ESC 2	:	1
redução	ESC 1	:	2

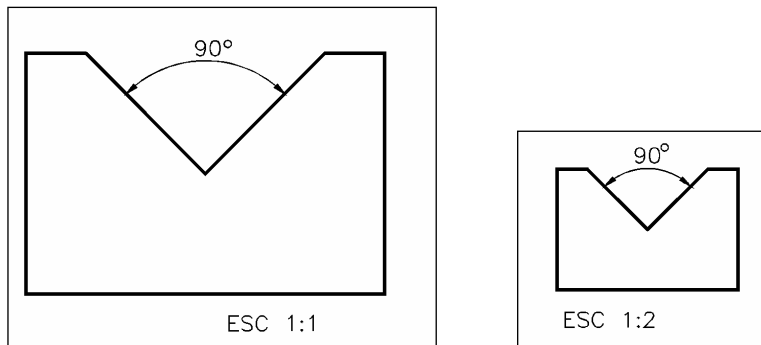
Nas escalas de ampliação e de redução os lugares ocupados pelo numeral **2** podem ser ocupados por outros numerais. Mas, a escolha da escala a ser empregada no desenho técnico não é arbitrária.

Veja, a seguir, as escalas recomendadas pela ABNT, através da norma técnica NBR 8196/1983

CATEGORIA	ESCALAS RECOMENDADAS		
Escalas de ampliação	20 : 1	50 : 1	10 : 1
	2 : 1	5 : 1	
Escala Natural	1 : 1		
Escala de redução	1 : 2	1 : 5	1 : 10
	1 : 20	1 : 50	1 : 100
	1 : 200	1 : 500	1 : 1 000
	1 : 2 000	1 : 5 000	1 : 10 000

Cotagem de ângulos em diferentes escalas

O desenho da esquerda está representado em escala natural (1 : 1) e o desenho da direita, em escala de redução (1 : 2). As cotas que indicam a medida do ângulo (90°) aparecem nos dois desenhos.



Além das cotas que indicam a medida do ângulo permanecerem as mesmas, neste caso, a **abertura** do ângulo também não muda. Variam apenas os tamanhos lineares dos lados do ângulo, que não influem no valor da sua medida em graus.

As duas peças são semelhantes, porém as medidas **lineares** da peça da direita são duas vezes menores que as medidas da peça da esquerda porque o desenho está representado em **escala de redução**.

10 Tolerância Dimensional

Noções de tolerância

Denomina-se tolerância, a variação permitida na medida de uma peça durante a sua usinagem.

As tolerâncias são necessárias por dois motivos principais:

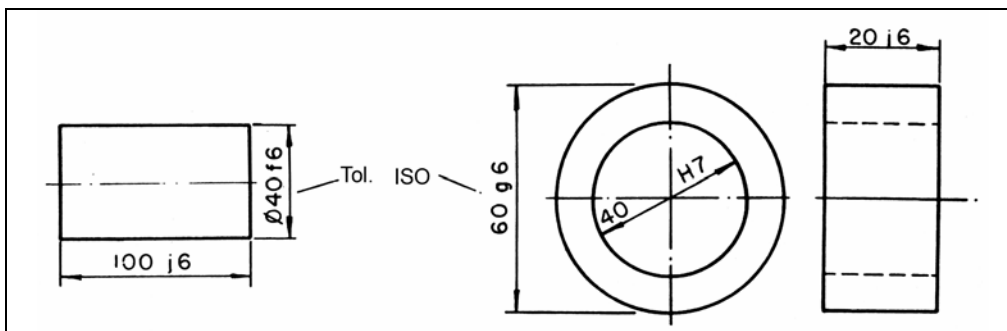
É impossível usinar peças com medidas exatas, devido à imperfeição das máquinas, dos instrumentos de medição do operador etc.

Na produção de peças em série torna-se necessário que as mesmas sejam intercambiáveis, isto é, que uma peça possa ser substituída por outra sem necessidades de retoques ou prejuízo no funcionamento da máquina.

Sistema ISO de tolerâncias

Esse sistema consiste numa série de princípios, regras e tabelas, que permitem a escolha racional das tolerâncias para a produção de peças intercambiáveis.

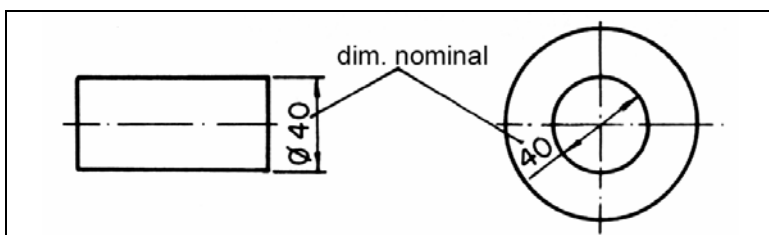
As tolerâncias no sistema ISO são representadas nos desenhos por letras e números que acompanham os valores das cotas.



Para a compreensão do sistema ISO, torna-se necessário conhecer os termos que esse sistema adota. Aqui serão abordados apenas os termos mais usados.

Dimensão nominal (d. nom)

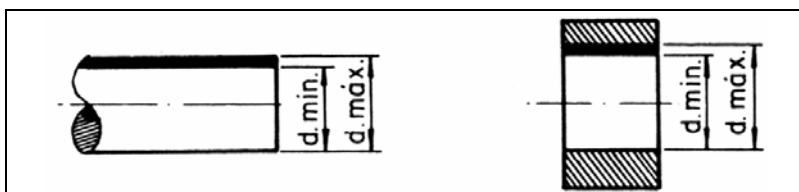
É a dimensão que vem marcada no desenho, isto é, a cota da peça.



Dimensão efetiva ou real - É o valor obtido medindo-se a peça.

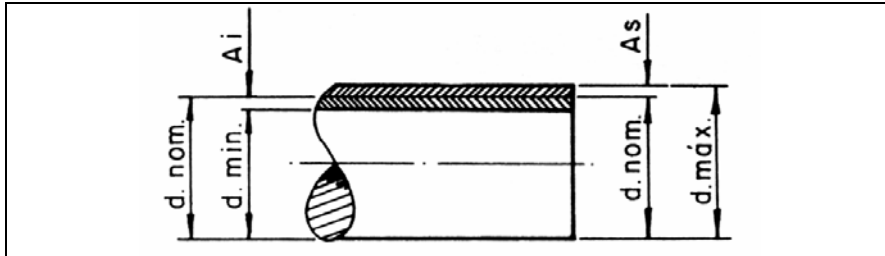
Dimensão máxima (d. max) - É o maior valor permitido na medida real da peça.

Dimensão mínima (d. min) - É o menor valor permitido na medida real da peça.

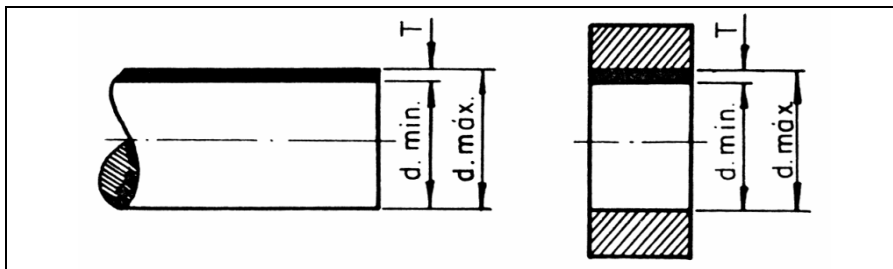


Afastamento superior (A_s)-É a diferença entre a dimensão máxima e a dimensão nominal.

Afastamento inferior (A_i)- É a diferença entre a dimensão mínima e a dimensão nominal.

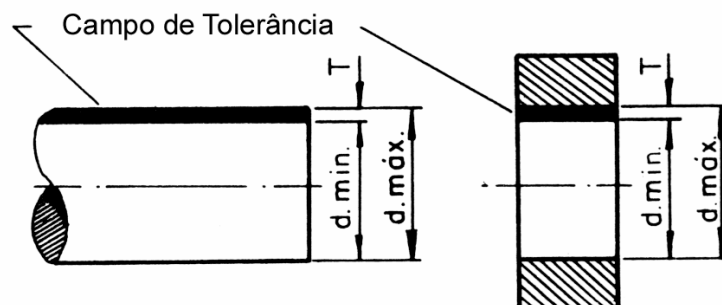


Tolerância (t) - É a variação permitida na dimensão de uma peça, dada pela diferença entre a dimensão máxima e a dimensão mínima.



Campo de tolerância

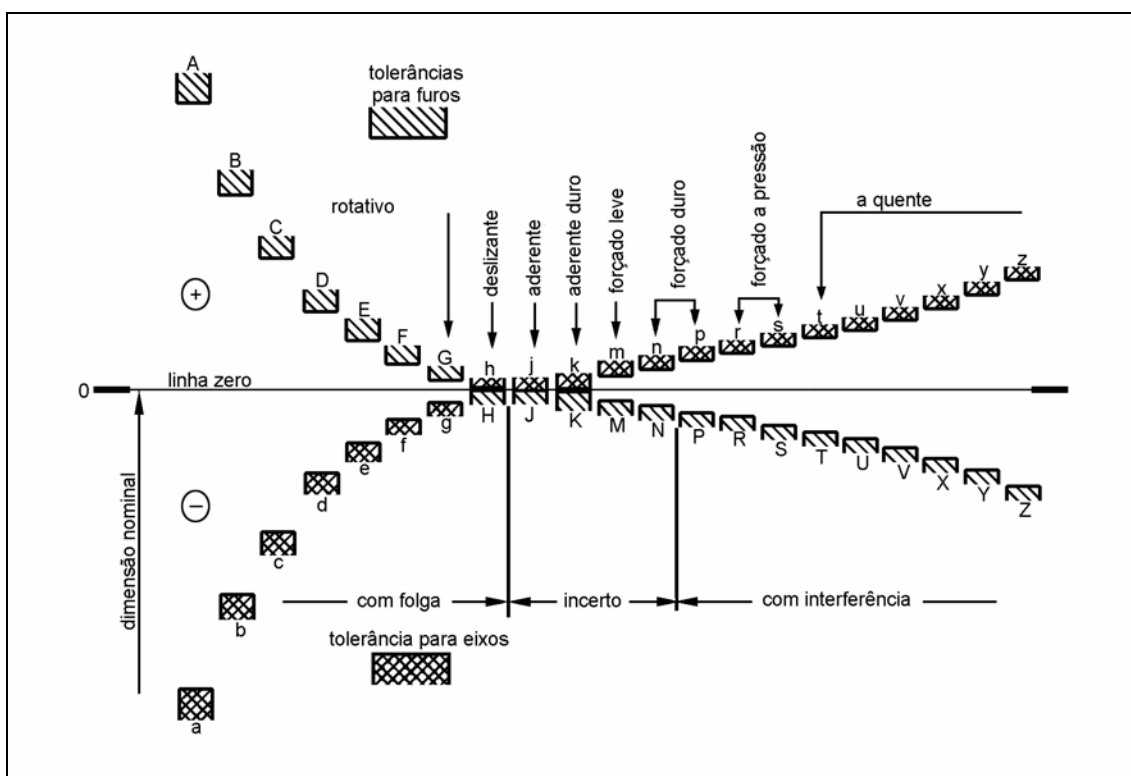
É o conjunto dos valores compreendidos entre o afastamento superior e inferior. Corresponde também ao intervalo que vai da dimensão mínima até a dimensão máxima.



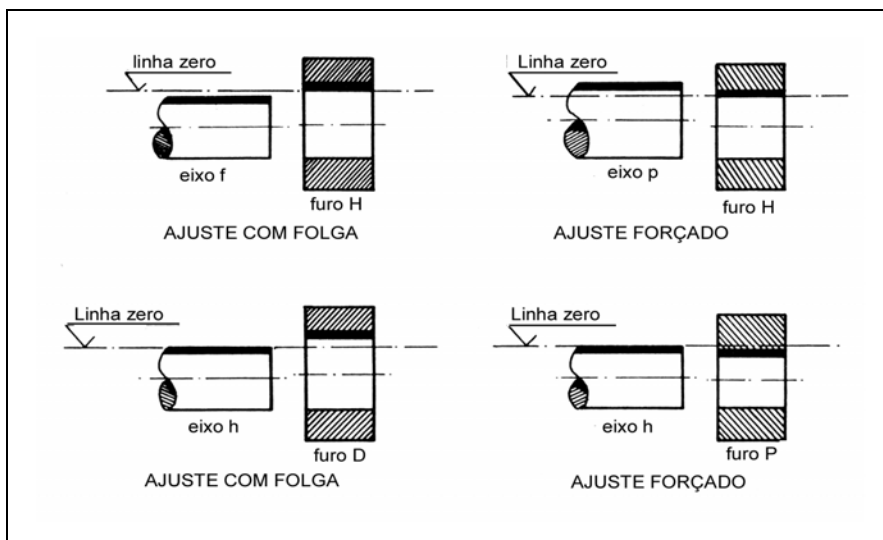
O sistema ISO prevê a existência de 28 campos, os quais são representados por letras do alfabeto latino. Essas letras indicam as posições dos campos de tolerância em relação à linha da cota nominal (linha zero).

As **letras minúsculas** a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g, h, js, k, m, n, p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zg, zc, indicam as posições dos campos de tolerância do **eixo**.

As **letras maiúsculas** A, B, C, CD, D, E, F, FG, G, H, JS, K, M, N, P, R, T, U, V, X, Z, ZA, ZB, ZC, indicam as **posições** dos campos de tolerância do furo.



Combinando-se as posições dos campos dos campos do furo (peça fêmea) e do eixo (peça macho), obtém-se ajuste moveis ou forçados. Exemplos de ajuste:



Qualidade de trabalho

A qualidade de trabalho, isto é, o grau de acabamento e tolerância das peças, varia de acordo com a função que elas desempenham nos conjuntos ou máquinas e pelo tipo de trabalho que a máquina realiza.

O sistema ISO estabelece 18 qualidades de trabalhos capazes de serem adaptadas a quaisquer tipos de produção mecânica.

Essas qualidades de trabalho são designadas por IT 01, IT 0, IT 1, IT 16 (I de ISO, T de tolerância).

Aplicação das Diversas Qualidades

Qualidade (IT)	Aplicações
01 a 5	Mecânica extraprecisa, reservada particularmente a calibradores
6	Mecânica muito precisa. Indicada para eixos de máquinas-ferramentas tais como fresadoras retificadoras e outros
7	Mecânica de precisão. É particularmente prevista para furos que se ajustam com eixos de qualidades 6.
8	Mecânica de média precisão. Indicada para eixos que se ajustam em furos de qualidades 7
9	Mecânica comum. Indicada para construção de certos órgãos de máquinas industriais. Que se podem montar com folgas consideráveis.
10 e 11	Mecânica ordinária. Construção de estruturas metálicas, britadores e outros
12 a 16	Mecânica grosseira. Construção de peças isoladas, fundição e forjamento.

Como se pode observar, quando menor é o valor do número mais apurada é a qualidade de trabalho.

Exemplo:

50 f 5
↙ qualidade
extra - precisa

60 g6
↙ qualidade
muito precisa

40 H8
↙ qualidade
de média precisão

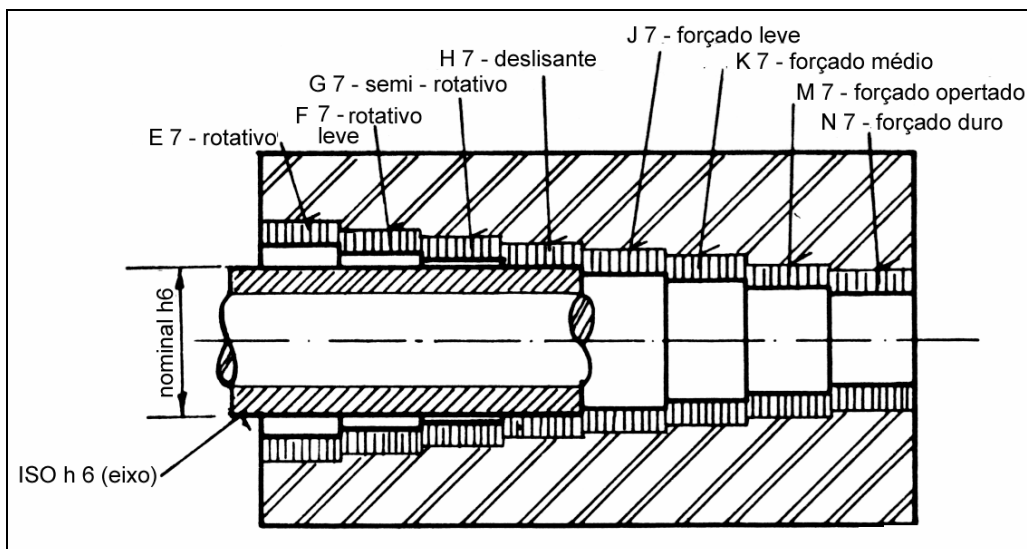
Grupos de Dimensões

O sistema ISO foi criado para a produção de peças intercambiáveis com dimensões de até 500mm. Para simplificar o sistema e facilitar a sua utilização prática, esses valores foram reunidos em 13 grupos:

0 a 3	3 a 6	6 a 10	10 a 18	18 a 30	30 a 50
50 a 80	80 a 120	120 a 180	180 a 250	250 a 315	315 a 400
400 a 500	Exemplo: A dimensão nominal 60 pertence ao grupo que vai de 50 a 80				

Sistema de Eixo Base ou Eixo Padrão

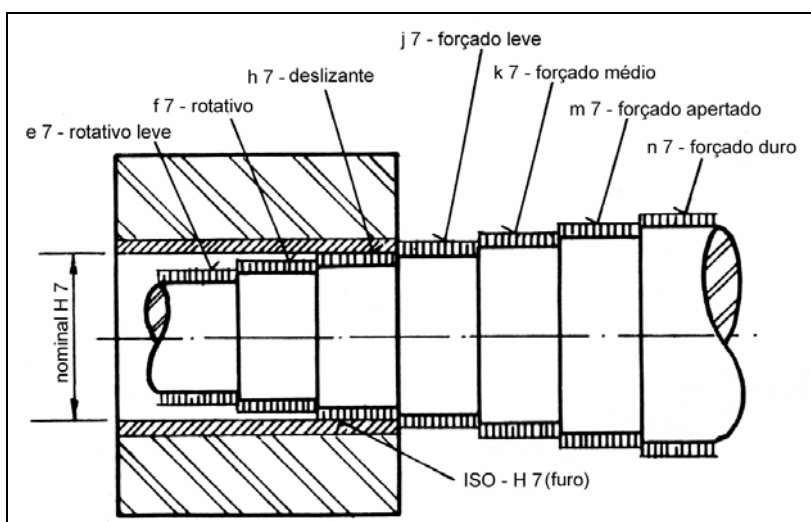
Nesse sistema, fixa-se a posição do campo de tolerância do eixo (posição h) e variam-se as posições dos campos do furo



Obtém-se assim, ajustes móveis, (rotativo, deslizando, aderente etc) e forçados (forçado leve, forçado médio etc).

Sistema de Furo Base ou Furo Padrão

A posição do campo do furo permanece fixa e as posições dos campos do eixo e que variam. É o sistema mais adotado, em virtude da maior facilidade de usinagem e controle das dimensões dos eixos.



Adota-se a posição H devido a sua proximidade da linha zero.

Tabela 1: Tolerância para eixos de qualidades 6

Dimensões em mm	Qualidade 6						
	g 6	h 6	i 6	k 6	m 6	n 6	p 6
até 3	-3 -10	0 -7	+6 -1	-	+9 +2	+13 +6	+16 +9
acima de 3 até 6	-4 -12	0 -8	+7 -1	-	+12 +4	+16 +8	+20 +12
acima de 6 até 10	-5 -14	0 -9	+7 -2	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+24 +15
acima de 10 até 18	-6 -17	0 -11	+8 -3	+12 +1	+18 +7	+23 +12	+29 +18
acima de 18 até 30	-7 -20	0 -13	+9 -4	+15 +2	+21 +8	+28 +15	+35 +22
acima de 30 até 50	-9 -25	0 -16	+11 -5	+18 +2	+25 +9	+33 +17	+42 +26
acima de 50 até 80	-10 -29	0 -19	+12 -9	+21 +2	+30 +11	+39 +20	+51 +32
acima de 80 até 120	-12 -34	0 -22	+13 -9	+25 +3	+35 +13	+45 +23	+59 +37
acima de 120 até 180	-14 -39	0 -25	+14 -11	+28 +3	+40 +15	+52 +27	+68 +43

Tabela 2: Tolerância para furos de qualidade 6

Dimensões em mm	Qualidade 6					
	G 6	H 6	J 6	K 6	M 6	N 6
até 3	+3 +10	0 +7	-4 +3	-	-7 0	-11 -4
acima de 3 até 6	+4 +12	0 +8	-4 +4	-	-9 -1	-13 -5
acima de 6 até 10	+5 +14	0 +9	-4 +5	-7 +2	-12 -3	-16 -7
acima de 10 até 18	+6 +17	0 +11	-9 +2	-15 -4	-15 -4	-20 -9
acima de 18 até 30	+7 +20	0 +13	-5 +8	+11 +2	-17 -4	-24 -11
acima de 30 até 50	+9 +25	0 +16	-6 +10	-13 +3	-20 -4	-28 -12
acima de 50 até 80	+10 +29	0 +19	-6 +13	-15 +4	-24 -5	-33 -14
acima de 80 até 120	+12 +34	0 +22	-6 +16	-18 +4	-28 -6	-38 -16
acima de 120 até 180	+14 +39	0 +25	-7 +18	-21 +4	-33 -8	-45 -20

Tabela 3: Tolerâncias para eixos de qualidades 7

Dimensões em mm	Qualidade 7						
	e 7	f 7	h 7	i 7	k 7	m 7	n 7
até 3	-14	-7	0	+7	+10	-	+15
	-23	-16	-9	-2	0		+6
acima de 3 até 6	-20	-10	0	+9	+13	-	+20
	-32	-22	-12	-3	+1		+8
acima de 6 até 10	-25	-13	0	+10	+16	+21	+25
	-40	-28	-15	+5	+1	+6	+10
acima de 10 até 18	-32	-16	0	+12	+19	+25	+30
	-50	-34	-18	-6	+1	+7	+12
acima de 18 até 30	-40	-20	0	+13	+23	+29	+36
	-61	-41	-21	-8	+2	+8	+15
acima de 30 até 50	-50	-25	0	+15	+27	+34	+42
	-75	-50	-10	-25	+2	9	+17
acima de 50 até 80	-60	-30	0	+18	+32	+41	+50
	-90	-60	-30	-12	+2	+11	+20
Acima de 80 até 120	-72	-36	0	+20	+38	+48	+58
	-107	-71	-35	-15	+3	+13	+23
Acima de 120 até 180	-85	-43	0	+22	+43	+55	+67
	-125	-83	-40	-18	+3	+15	+27

Tabela 4: Tolerâncias para furos de qualidade 7

Dimensões em mm	Qualidade 7								
	E 7	F 7	G 7	H 7	J 7	K 7	M 7	N 7	P 7
até 3	+14	+7	+3	0	-6	-	-9	-13	-16
	+23	+16	+12	+9	+3		0	-4	-7
acima de 3 até 6	+20	+10	+4	0	-7	-	-12	-16	-20
	+32	+22	+16	+12	+5		0	-4	-8
acima de 6 até 10	+25	+13	+5	0	-7	-10	-15	-19	-24
	+40	+28	+20	+15	+8	+5	0	-4	-9
acima de 10 até 18	+32	+16	+6	0	-8	-12	-18	-23	-29
	+50	+34	+24	+18	+10	+6	0	-5	-11
acima de 18 até 30	+40	+20	+7	0	-9	-15	-21	-28	-35
	+61	+41	+28	+21	+12	+6	0	-7	-14
acima de 30 até 50	+50	+25	+9	0	-11	-18	-25	-33	-42
	+75	+50	+34	+25	+14	+7	0	-8	-17
acima de 50 até 80	+60	+30	+10	0	-12	-21	-30	-39	-51
	+90	+60	+40	+30	+18	+9	0	-9	-21
Acima de 80 até 120	+72	+36	+12	0	-13	-25	-35	-45	-59
	+107	+71	+47	+35	+22	+10	0	-10	-24
Acima de 120 até 180	+85	+43	+14	0	-14	-28	-40	-52	-68
	+125	+83	+54	+40	+26	+12	0	-12	-28

Tabela 5: Tolerância para eixos de qualidade 8

Dimensões em mm	Qualidade 8					
	d 8	e 8	f 8	h 8	i 8	K 8
até 3	-20 -34	-14 -28	-7 -21	0 -14	+7 -7	+14 0
acima de 3 até 6	-30 -48	-20 -48	10 -28	0 -18	+9 -9	+18 0
acima de 6 até 10	-40 -62	-25 -47	-13 -35	0 -22	+11 -11	+22 0
acima de 10 até 18	-50 -77	-32 -59	-16 -43	0 -27	+14 -13	+27 0
acima de 18 até 30	-65 -98	-40 -73	-20 -53	0 -33	+17 -16	+33 0
acima de 30 até 50	-80 -119	-50 -89	-25 -64	0 -39	+20 -19	+39 0
acima de 50 até 80	-100 -146	-60 -106	-30 -76	0 -46	+23 -23	+46 0
Acima de 80 até 120	-120 -174	-72 -126	-36 -90	0 -54	+27 -27	+54 0
Acima de 120 até 180	-145 -208	-85 -148	-43 -106	0 -63	+32 -31	+63 0

Tabela 6: Tolerância para furos de qualidade 8

Dimensões em mm	Qualidade 8					
	D 8	E 8	F 8	H 8	J 8	K 8
até 3	+20 +34	+14 +28	+7 +21	0 +14	-7 +7	-
acima de 3 até 6	+30 +48	+20 +38	+10 +28	0 +18	-9 +9	-
acima de 6 até 10	+40 +62	+25 +47	+13 +35	0 +22	-10 +12	-16 +6
acima de 10 até 18	+50 +77	+32 +59	+16 +43	0 +27	-12 +15	-19 +8
acima de 18 até 30	+65 +90	+40 +73	+20 +53	0 +33	-13 +20	-23 +10
acima de 30 até 50	+80 +119	+50 +89	+25 +64	0 +39	-15 +24	-27 +12
acima de 50 até 80	+100 +146	+60 +106	+30 +76	0 +46	-18 +28	-32 +14
Acima de 80 até 120	+120 +174	+72 +126	+36 +90	0 +54	-20 +34	-38 +16
Acima de 120 até 180	+145 +208	+85 +148	+43 +106	0 +63	-22 +41	-43 +20

Tabela 7: Tolerância para eixos de qualidade 9

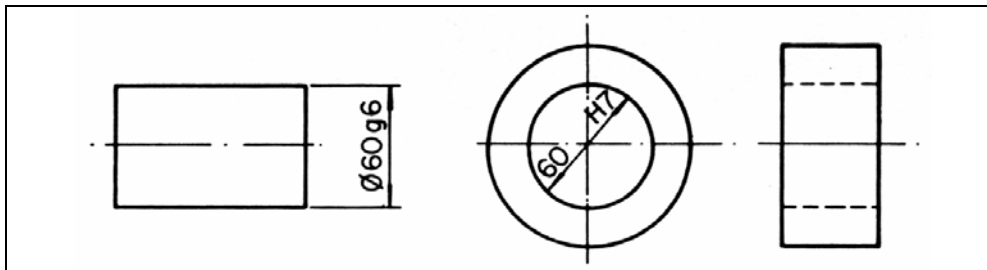
Dimensões em mm	Qualidade 9				
	d 9	e 9	h 9	j 9	k 9
até 3	-20 -45	-14 -39	0 -25	+13 -12	+25 0
acima de 3 até 6	-30 -60	-20 -50	0 -30	+15 -15	+30 0
acima de 6 até 10	-40 -76	-25 -61	0 -36	+18 -18	+36 0
acima de 10 até 18	-50 -93	-32 -75	0 -43	+22 -21	+43 0
acima de 18 até 30	-65 -117	-40 -92	0 -52	+26 -26	+52 0
acima de 30 até 50	-80 -142	-50 -112	0 -62	+31 -31	+62 0
acima de 50 até 80	-100 -174	-60 -134	0 -74	+37 -37	+74 0
Acima de 80 até 120	-120 -207	-72 -159	0 -87	+44 -43	+87 0
Acima de 120 até 180	-145 -243	-85 -185	0 -100	+50 -50	+100 0

Tabela 8: Tolerância para furos de qualidade 9

Dimensões em mm	Qualidade 9			
	D 9	E 9	H 9	J 9
até 3	+20 +45	+14 +39	0 +25	-13 +12
acima de 3 até 6	+30 +60	+20 +50	0 +30	-15 +15
acima de 6 até 10	+40 +76	+25 +61	0 +36	-18 +18
acima de 10 até 18	+50 +93	+32 +75	0 +43	-22 +21
acima de 18 até 30	+65 +117	+40 +92	0 +52	-26 +26
acima de 30 até 50	+80 +142	+50 +112	0 +62	-31 +31
acima de 50 até 80	+100 +174	+60 +134	0 +74	-37 +37
Acima de 80 até 120	+120 +207	+72 +159	0 +87	-44 +43
Acima de 120 até 180	+145 +245	+85 +185	0 +100	-50 +50

Interpretação das tolerâncias do Sistema ISO

Exemplo de cotas com tolerâncias



Exemplo da Interpretação

Eixo: Consultando a tabela 1 (tolerância para eixos de qualidade 6) tem-se:

$$60g6 = 60 \begin{matrix} -10 \\ -29 \end{matrix}$$

Pode-se então determinar:

Medida máxima do eixo: $60 - 0,010 = 59,990 \text{ mm}$

Medida mínima do eixo: $60 - 0,029 = 59,971 \text{ mm}$

Variação permitida na medida do eixo (tolerância) $59,990 - 59,971 = 0,019 \text{ mm}$

Isso quer dizer que a medida real da peça deverá estar entre 59,971 mm e 59,990.

Furo: Consultando a tabela 4 (Tolerância para furo de qualidade 7) tem-

$$\text{se } 60H7 = 60 \begin{matrix} +30 \\ 0 \end{matrix}$$

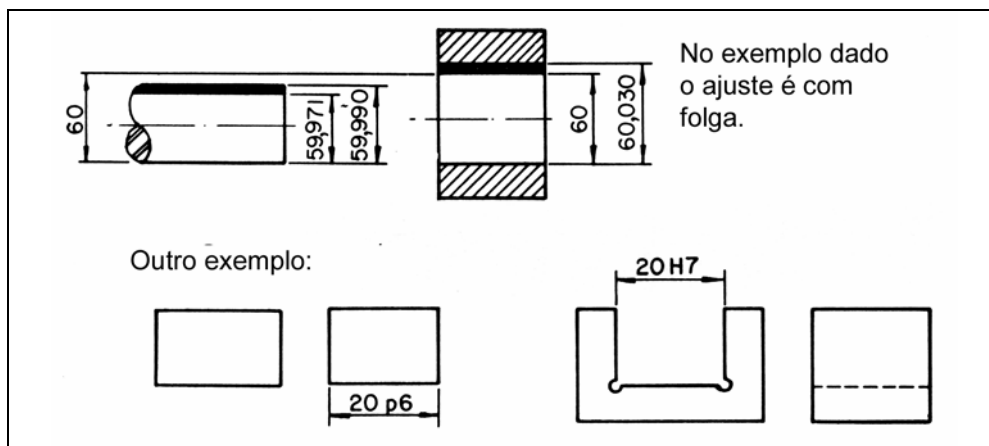
Calcula-se então:

Medida máxima do furo: $60 + 0,030 = 60,030 \text{ mm}$

Medida mínima do furo: $60 + 0 = 60,000 \text{ mm}$

Variação permitida na medida do furo: $60,030 - 60,000 = 0,030 \text{ mm}$

A medida real do furo deverá estar entre 60,000 mm e 60,030 mm



Exemplo de interpretação

Eixo (peça macho): Consultando a tabela 1 encontra-se: $20 \text{ p } 6 = 20 \begin{matrix} + 35 \\ + 22 \end{matrix}$

Calcule-se então:

Medida máxima do eixo: $20 + 0,035 = 20,035 \text{ mm}$

Medida mínima do eixo: $20 + 0,022 = 20,022 \text{ mm}$

Tolerância para a medida do furo: $20,035 - 20,022 = 0,013 \text{ mm}$

Furo (peça fêmea): Da tabela 4 tem-se: $20 \text{ H } 7 = 20 \begin{matrix} + 21 \\ 0 \end{matrix}$

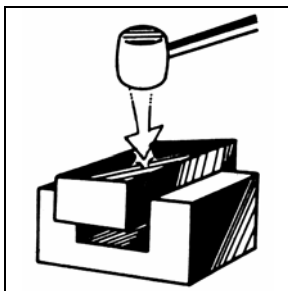
Calcula-se então:

Medida máxima do furo: $20 + 0,021 = 20,021 \text{ mm}$

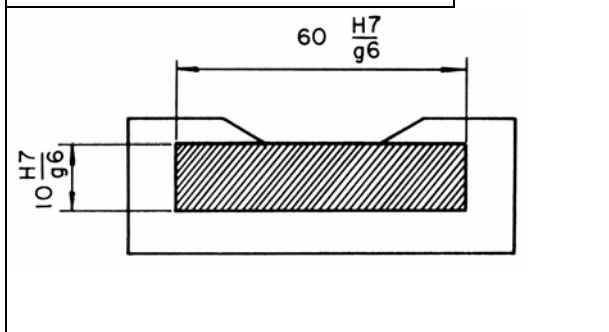
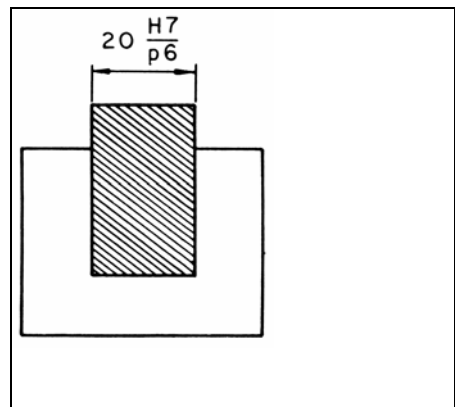
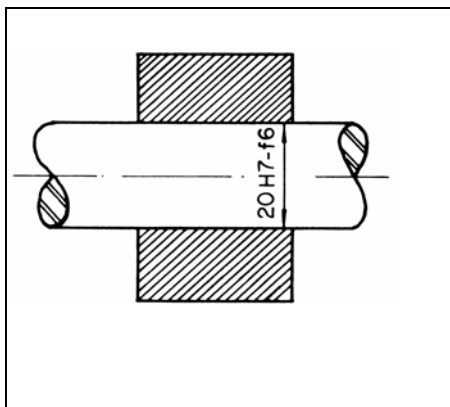
Medida mínima do furo: $20 + 0 = 20,000 \text{ mm}$

Tolerância para a medida do furo: $20,021 - 20,000 = 0,021 \text{ mm}$.

O ajuste das peças será forçado



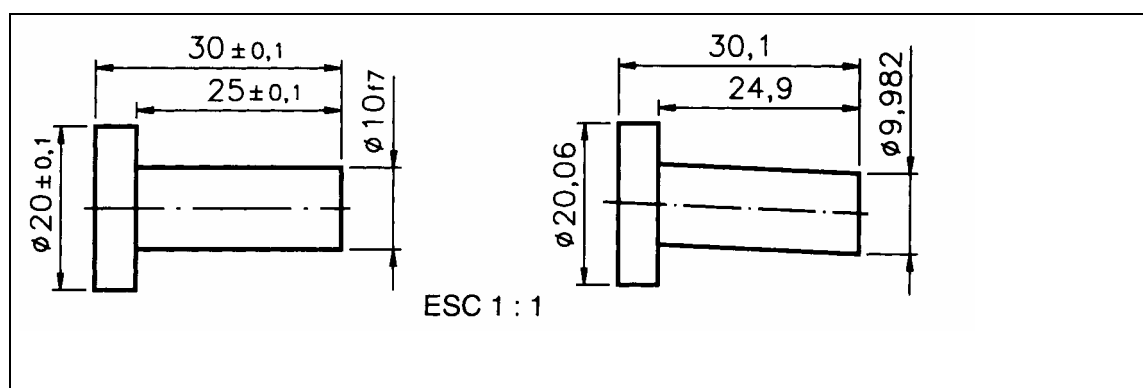
Em desenhos de conjuntos, onde as peças aparecem montadas, a indicação das tolerâncias é feita conforme os exemplos abaixo:



11 Tolerância geométrica

A execução da peça dentro da tolerância dimensional não garante, por si só, um funcionamento adequado. Veja um exemplo.

A figura da esquerda mostra o desenho técnico de um pino, com indicação das tolerâncias dimensionais. A figura da direita mostra como ficou a peça depois de executada, com a indicação das dimensões efetivas.



Note que, embora as dimensões efetivas do pino estejam de acordo com a tolerância dimensional especificada no desenho técnico, a peça real não é exatamente igual à peça projetada. Pode-se perceber que o pino está deformado.

Não é suficiente que as dimensões da peça estejam dentro das tolerâncias dimensionais previstas. É necessário que as peças estejam dentro das formas previstas para poderem ser montadas adequadamente e para que funcionem sem problemas. Do mesmo modo que é praticamente impossível obter uma peça real com as dimensões nominais exatas, também é muito difícil obter uma peça real com formas rigorosamente idênticas às da peça projetada. Assim, desvios de formas dentro de certos limites não chegam a prejudicar o bom funcionamento das peças.

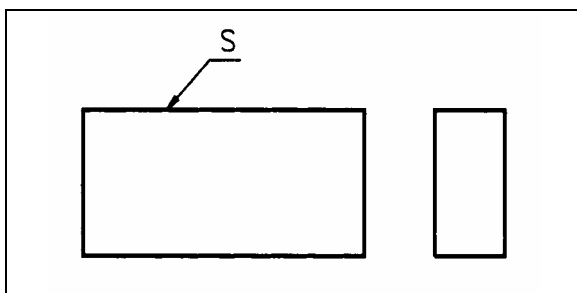
Quando dois ou mais elementos de uma peça estão associados, outro fator deve ser considerado: a **posição relativa** desses elementos entre si.

As variações aceitáveis das **formas** e das **posições** dos elementos na execução da peça constituem as **tolerâncias geométricas**.

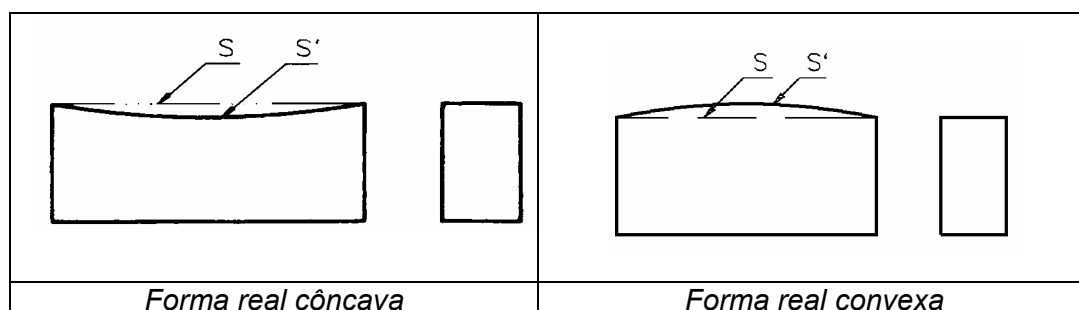
Tolerâncias de forma

As tolerâncias de forma são os desvios que um elemento pode apresentar em relação à sua forma geométrica ideal. As tolerâncias de forma vêm indicadas no desenho técnico para **elementos isolados**, como por exemplo, uma superfície ou uma linha.

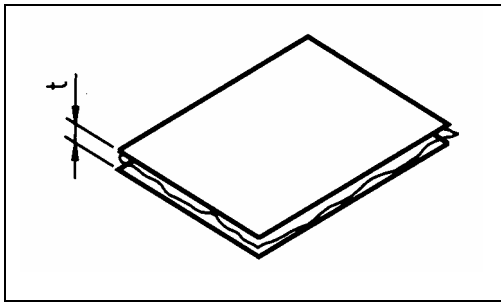
Analise as vistas: frontal e lateral esquerda do modelo prismático abaixo. Note que a superfície **S**, projetada no desenho, é uma superfície geométrica ideal **plana**.



Após a execução, a superfície real da peça **S'** pode não ficar tão plana como a superfície ideal **S**. Entre os desvios de **planeza**, os tipos mais comuns são a **concavidade** e a **convexidade**.

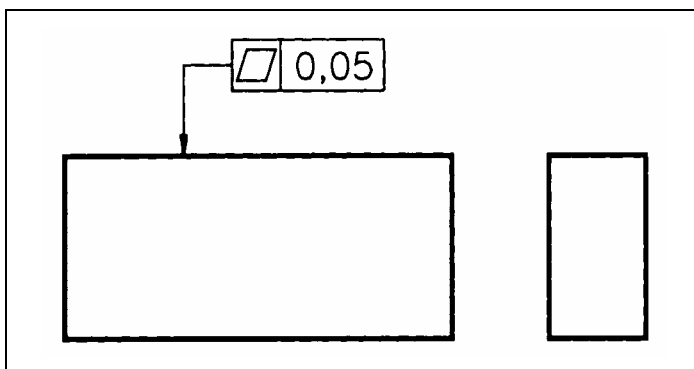


A **tolerância de planeza** corresponde à distância **t** entre dois planos ideais imaginários, entre os quais deve encontrar-se a superfície real da peça.



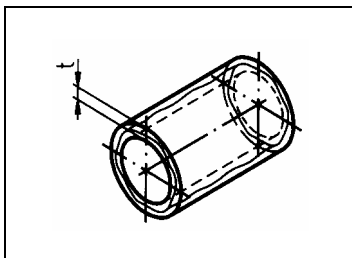
No desenho anterior, o espaço situado entre os dois planos paralelos é o campo de tolerância.

Nos desenhos técnicos, a indicação da tolerância de planeza vem sempre precedida do seguinte símbolo: ▱.



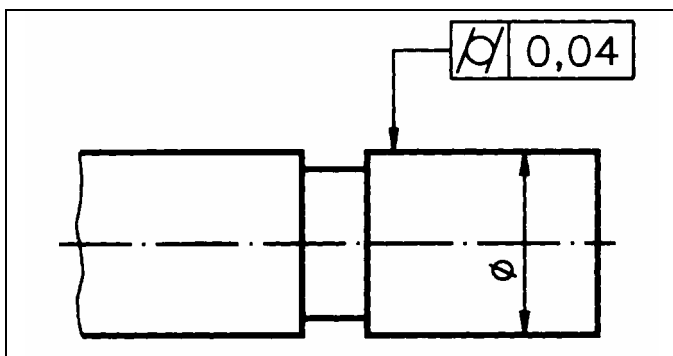
Um outro tipo de tolerância de forma de superfície é a tolerância de **cilindricidade**.

Quando uma peça é cilíndrica, a forma real da peça fabricada deve estar situada entre as superfícies de dois cilindros que têm o mesmo eixo e raios diferentes.

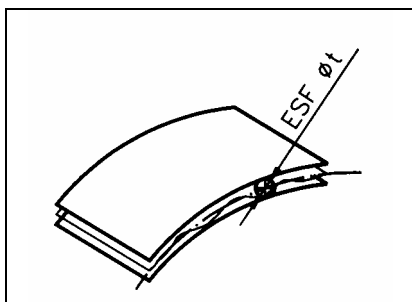


No desenho acima, o espaço entre as superfícies dos cilindros imaginários representa o campo de tolerância. A indicação da tolerância de cilíndricidade, nos desenhos técnicos, vem precedida do seguinte símbolo:



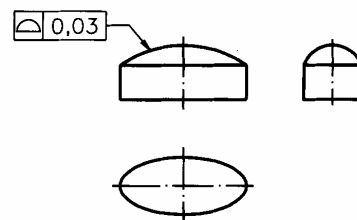


Finalmente, a superfície de uma peça pode apresentar uma forma qualquer. A tolerância de **forma de uma superfície qualquer** é definida por uma esfera de diâmetro t , cujo centro movimenta-se por uma superfície que tem a forma geométrica ideal. O campo de tolerância é limitado por duas superfícies tangentes à esfera t , como mostra o desenho a seguir.



A tolerância de forma de uma superfície qualquer vem precedida, nos desenhos técnicos, pelo símbolo: $\bigcirc$.

Resolva um exercício, antes de prosseguir.

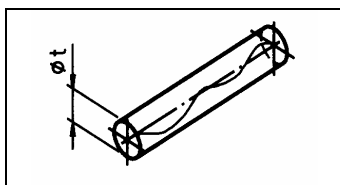


Até aqui você ficou conhecendo os símbolos indicativos de tolerâncias de forma de **superfícies**. Mas, em certos casos, é necessário indicar as tolerâncias de forma de **linhas**.

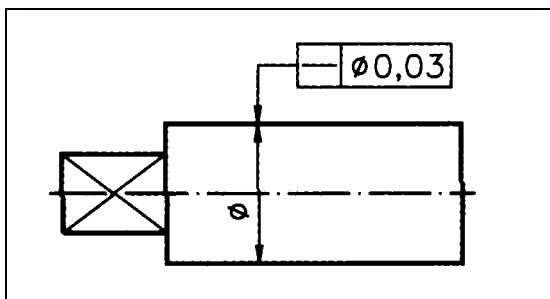
São três os tipos de tolerâncias de forma de linhas: **retilidade**, **circularidade** e **linha qualquer**.

A **tolerância de retilidade** de uma linha ou eixo depende da forma da peça à qual a linha pertence.

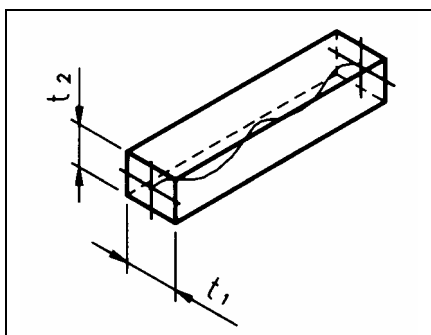
Quando a peça tem forma cilíndrica, é importante determinar a tolerância de retilidade em relação ao eixo da parte cilíndrica. Nesses casos, a tolerância de retilidade é determinada por um cilindro imaginário de diâmetro t , cujo centro coincide com o eixo da peça.



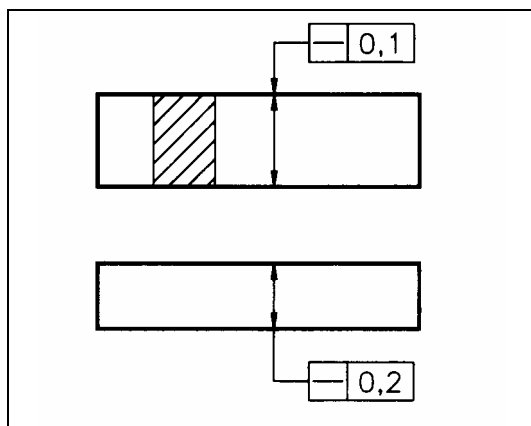
Nos desenhos técnicos, a tolerância de retilidade de linha é indicada pelo símbolo: — , como mostra o desenho abaixo.



Quando a peça tem a forma cilíndrica, o campo de tolerância de retilidade também tem a forma cilíndrica. Quando a peça tem forma prismática com **seção retangular**, o campo de tolerância de retilidade fica definido por um paralelepípedo imaginário, cuja base é formada pelos lados t_1 e t_2 .



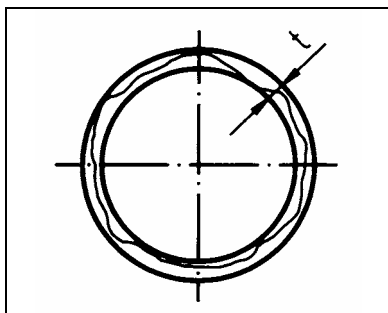
No caso das peças prismáticas a indicação de tolerância de retilidade também é feita pelo símbolo: — que antecede o valor numérico da tolerância.



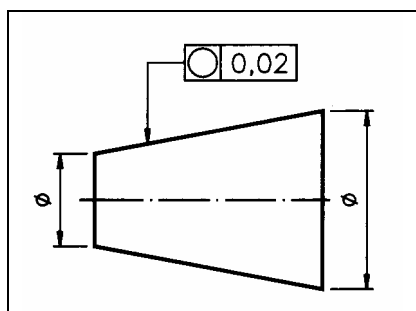
Em peças com forma de disco, cilindro ou cone pode ser necessário determinar a **tolerância de circularidade**.

A tolerância de circularidade é determinada por duas circunferências que têm o mesmo centro e raios diferentes. O centro dessas circunferências é um ponto situado no eixo da peça.

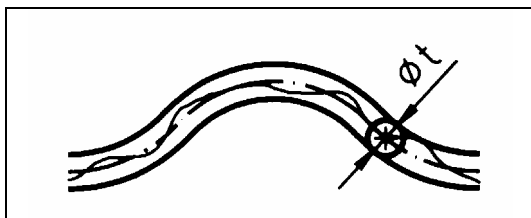
O campo de tolerância de circularidade corresponde ao espaço t entre as duas circunferências, dentro do qual deve estar compreendido o contorno de cada seção da peça.



Nos desenhos técnicos, a indicação da tolerância de circularidade vem precedida do símbolo: ○

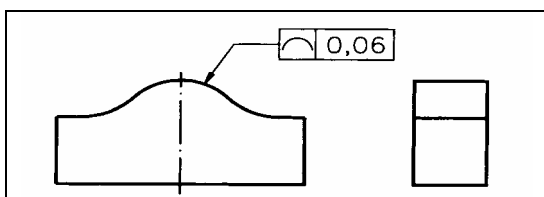


Finalmente, há casos em que é necessário determinar a tolerância de forma de uma linha qualquer. A tolerância de um perfil ou contorno qualquer é determinada por duas linhas envolvendo uma circunferência de diâmetro t cujo centro se desloca por uma linha que tem o perfil geométrico desejado.



Note que o contorno de cada seção do perfil deve estar compreendido entre duas linhas paralelas, tangentes à circunferência.

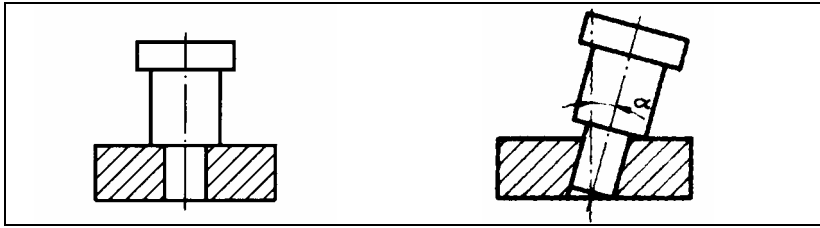
A indicação da tolerância de forma de uma linha qualquer vem precedida do símbolo: $\bigcirc$.



Cuidado para não confundir os símbolos! No final desta aula, você encontrará um quadro com o resumo de todos os símbolos usados em tolerâncias geométricas. Estude-o com atenção e procure memorizar todos os símbolos aprendidos.

Tolerâncias de orientação

Quando dois ou mais elementos são associados pode ser necessário determinar a **orientação** precisa de um em relação ao outro para assegurar o bom funcionamento do conjunto. Veja um exemplo.

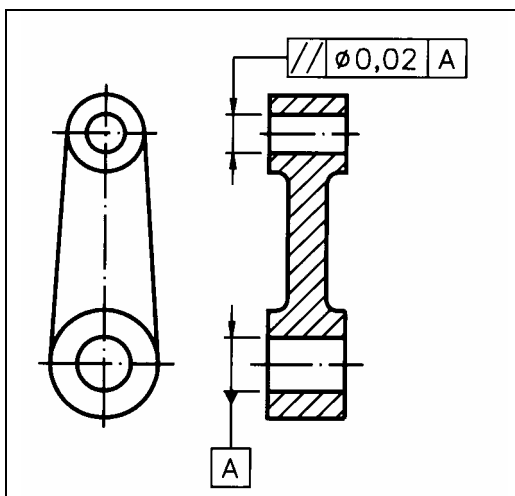


O desenho técnico da esquerda mostra que o eixo deve ser perpendicular ao furo. Observe, no desenho da direita, como um erro de perpendicularidade na execução do furo afeta de modo inaceitável a funcionalidade do conjunto. Daí a necessidade de se determinarem, em alguns casos, as **tolerâncias de orientação**. Na determinação das tolerâncias de orientação geralmente um elemento é escolhido como **referência** para indicação das tolerâncias dos demais elementos.

O elemento tomado como referência pode ser uma **linha**, como por exemplo, o eixo de uma peça. Pode ser, ainda, um **plano**, como por exemplo, uma determinada face da peça. E pode ser até mesmo um **ponto** de referência, como por exemplo, o centro de um furo. O elemento tolerado também pode ser uma **linha**, uma **superfície** ou um **ponto**.

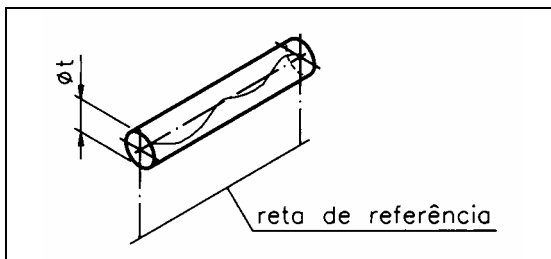
As tolerâncias de orientação podem ser de: **paralelismo**, **perpendicularidade** e **inclinação**.

Tolerância de paralelismo



Nesta peça, o eixo do furo superior deve ficar paralelo ao eixo do furo inferior, tomado como referência. O eixo do furo superior deve estar

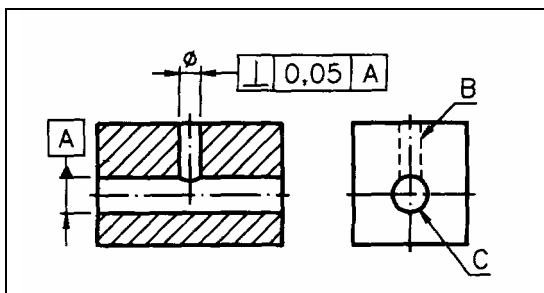
compreendido dentro de uma zona cilíndrica de diâmetro t , paralela ao eixo do furo inferior, que constitui a reta de referência.



Na peça do exemplo anterior, o elemento tolerado foi uma linha reta: o eixo do furo superior. O elemento tomado como referência também foi uma linha: o eixo do furo inferior. Mas, há casos em que a tolerância de paralelismo de um eixo é determinada tomando-se como referência uma superfície plana.

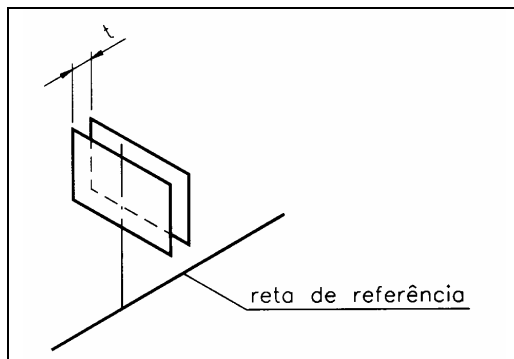
Qualquer que seja o elemento tolerado e o elemento de referência, a indicação de tolerância de paralelismo, nos desenhos técnicos, vem sempre precedida do símbolo: $\parallel$.

Tolerância de perpendicularidade



Nesta peça, o eixo do furo vertical **B** deve ficar perpendicular ao eixo do furo horizontal **C**. Portanto, é necessário determinar a tolerância de perpendicularidade de um eixo em relação ao outro.

Tomando como reta de referência o eixo do furo **C**, o campo de tolerância do eixo do furo **B** fica limitado por dois planos paralelos, distantes entre si uma distância t e perpendiculares à reta de referência.

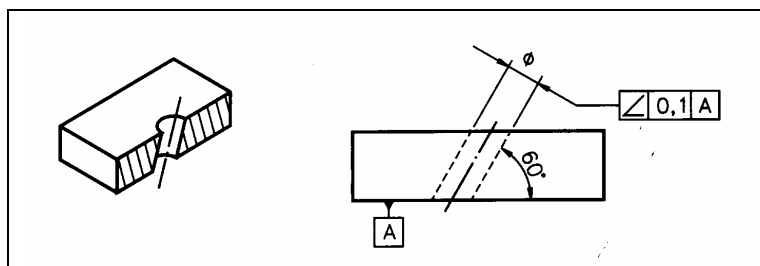


Dependendo da forma da peça, pode ser mais conveniente indicar a tolerância de perpendicularidade de uma linha em relação a um plano de referência.

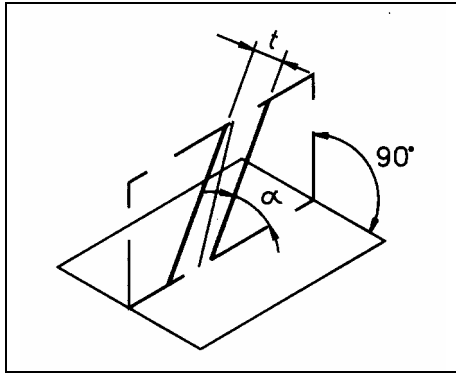
Nos desenhos técnicos, a indicação das tolerâncias de perpendicularidade vem precedida do seguinte símbolo: $\perp$.

Tolerância de inclinação

O furo da peça representada a seguir deve ficar inclinado em relação à base.



Para que o furo apresente a inclinação correta é necessário determinar a tolerância de inclinação do eixo do furo. O elemento de referência para determinação da tolerância, neste caso, é o plano da base da peça. O campo de tolerância é limitado por duas retas paralelas, distantes entre si uma distância t , que formam com a base o ângulo de inclinação especificado α .



Em vez de uma linha, como no exemplo anterior, o elemento tolerado pode ser uma superfície.

Nos desenhos técnicos, a indicação de tolerância de inclinação vem precedida do símbolo: $\angle$.

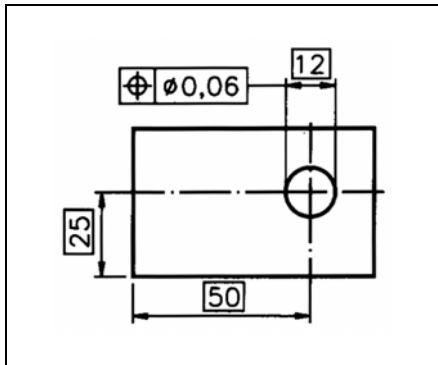
Tolerância de posição

Quando tomamos como referência a posição, três tipos de tolerância devem ser considerados: **de localização**; de **concentricidade** e de **simetria**.

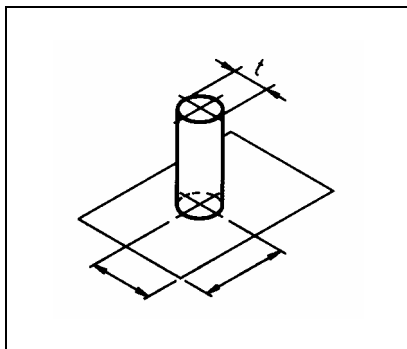
Saiba como identificar cada um desses tipos de tolerância acompanhando com atenção as próximas explicações.

Tolerância de localização

Quando a localização exata de um elemento, como por exemplo: uma linha, um eixo ou uma superfície, é essencial para o funcionamento da peça, sua **tolerância de localização** deve ser determinada. Observe a placa com furo, a seguir.



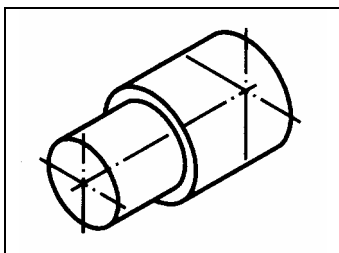
Como a localização do furo é importante, o eixo do furo deve ser tolerado. O campo de tolerância do eixo do furo é limitado por um cilindro de diâmetro t . O centro deste cilindro coincide com a localização ideal do eixo do elemento tolerado.



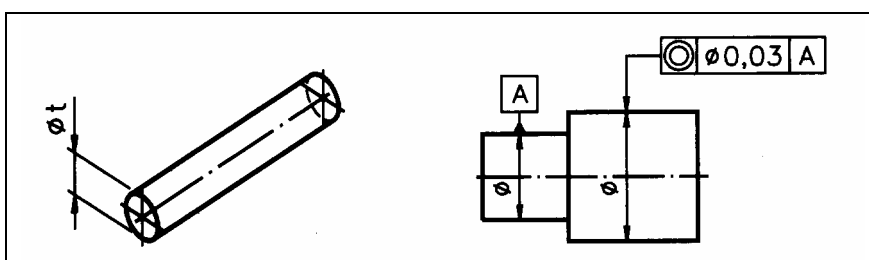
A indicação da tolerância de localização, nos desenhos técnicos, é antecedida pelo símbolo: $\oplus$.

Tolerância de concentricidade ou coaxialidade

Quando duas ou mais figuras geométricas planas regulares têm o mesmo centro, dizemos que elas são **concêntricas**. Quando dois ou mais sólidos de revolução têm o eixo comum, dizemos que eles são **coaxiais**. Em diversas peças, a concentricidade ou a coaxialidade de partes ou de elementos, é condição necessária para seu funcionamento adequado. Mas, determinados desvios, dentro de limites estabelecidos, não chegam a prejudicar a funcionalidade da peça. Daí a necessidade de serem indicadas as tolerâncias de concentricidade ou de coaxialidade. Veja a peça abaixo, por exemplo:



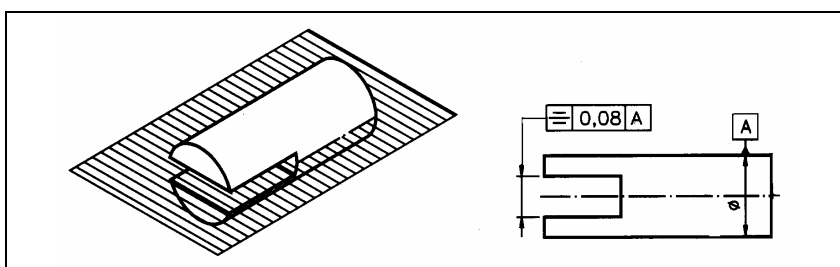
Essa peça é composta por duas partes de diâmetros diferentes. Mas, os dois cilindros que formam a peça são coaxiais, pois têm o mesmo eixo. O campo de tolerância de coaxialidade dos eixos da peça fica determinado por um cilindro de diâmetro t cujo eixo coincide com o eixo ideal da peça projetada.



A tolerância de concentricidade é identificada, nos desenhos técnicos, pelo símbolo: $\odot$.

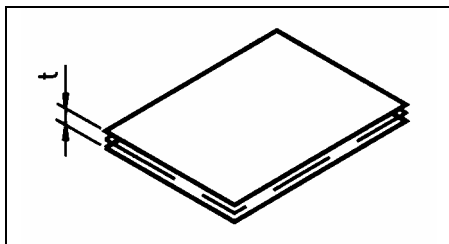
Tolerância de simetria

Em peças simétricas é necessário especificar a tolerância de simetria. Observe a peça a seguir, representada em perspectiva e em vista única:



Preste atenção ao plano que divide a peça em duas partes simétricas. Na vista frontal, a simetria vem indicada pela linha de simetria que coincide com o eixo da peça. Para determinar a tolerância de simetria, tomamos como elemento de referência o plano médio ou eixo da peça. O campo de tolerância é limitado por dois planos paralelos, equidistantes do plano médio de referência, e que guardam entre si uma distância t . É o que

mostra o próximo desenho.



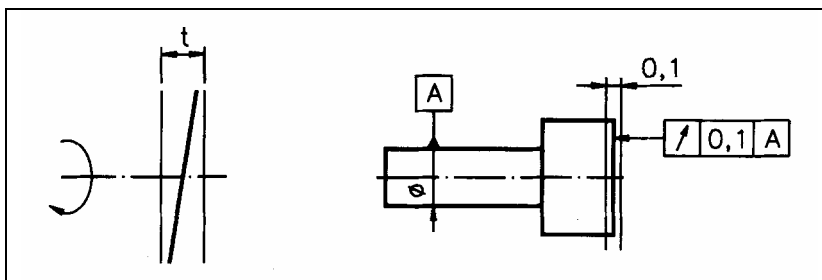
Nos desenhos técnicos, a indicação de tolerância de simetria vem precedida pelo símbolo: $\equiv$

Há ainda um outro tipo de tolerância que você precisa conhecer para adquirir uma visão geral deste assunto: tolerância de **batimento**.

Tolerância de batimento

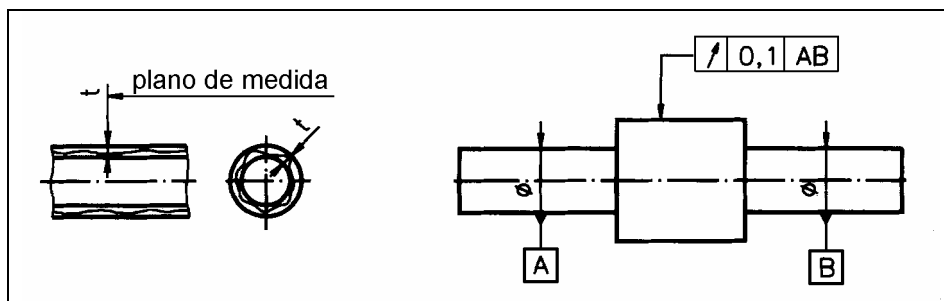
Quando um elemento dá uma volta completa em torno de seu eixo de rotação, ele pode sofrer **oscilação**, isto é, deslocamentos em relação ao eixo. Dependendo da função do elemento, esta oscilação tem de ser controlada para não comprometer a funcionalidade da peça. Por isso, é necessário que sejam determinadas as tolerâncias de batimento, que delimitam a oscilação aceitável do elemento. As tolerâncias de batimento podem ser de dois tipos: **axial** e **radial**.

Axial, refere-se a eixo. Batimento axial quer dizer balanço no sentido do eixo. O campo de tolerância, no batimento axial, fica delimitado por dois planos paralelos entre si, a uma distância **t** e que são perpendiculares ao eixo de rotação.



O batimento radial, por outro lado, é verificado em relação ao raio do elemento, quando o eixo der uma volta completa. O campo de tolerância,

no batimento radial é delimitado por um plano perpendicular ao eixo de giro que define dois círculos concêntricos, de raios diferentes. A diferença t dos raios corresponde à tolerância radial.

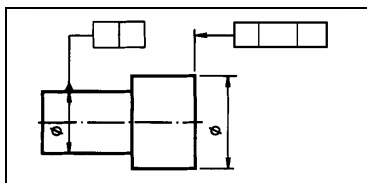


As tolerâncias de balanço são indicadas, nos desenhos técnicos, precedidas do símbolo: ↗

A execução de peças com indicação de tolerâncias geométricas é tarefa que requer grande experiência e habilidade. A interpretação completa deste tipo de tolerância exige conhecimentos muito mais aprofundados.

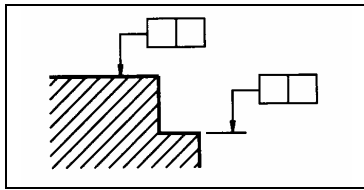
Indicações de tolerâncias geométricas em desenhos técnicos

Nos desenhos técnicos, as tolerâncias de forma, de orientação, de posição e de batimento são inscritas em quadros retangulares divididos em **duas** ou **três** partes, como mostra o desenho abaixo:

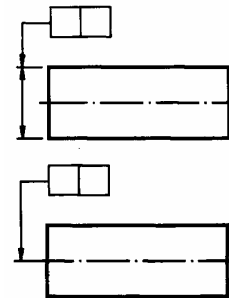


Observe que o quadro de tolerância aparece ligado ao elemento que se deseja verificar por uma linha de marcação terminada em seta.

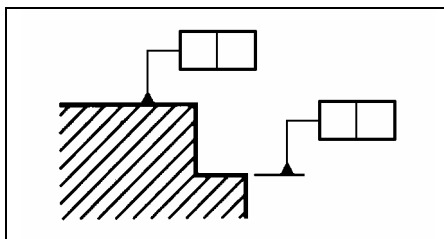
Veja, no detalhe do desenho, reproduzido a seguir, que a seta termina no contorno ou numa **linha de prolongamento** se a tolerância é aplicada numa superfície, como neste exemplo.



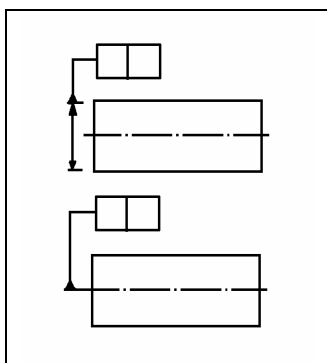
Mas, quando a tolerância é aplicada a um eixo, ou ao plano médio da peça, a indicação é feita na linha auxiliar, no prolongamento da linha de cota, ou diretamente sobre o eixo tolerado. Veja, no desenho ao lado, essas duas formas de indicação.



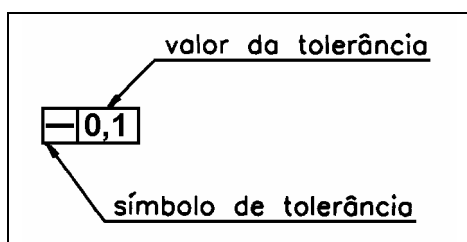
Os elementos de referência são indicados por uma linha que termina por um triângulo cheio. A base deste triângulo é apoiada sobre o contorno do elemento ou sobre o prolongamento do contorno do elemento.



No exemplo acima, o elemento de referência é uma superfície. Mas, o elemento de referência pode ser, também, um eixo ou um plano médio da peça. Quando o elemento de referência é um eixo ou um plano médio, a base do triângulo se apoia sobre a linha auxiliar, no prolongamento da linha de cota ou diretamente sobre o eixo ou plano médio de referência.

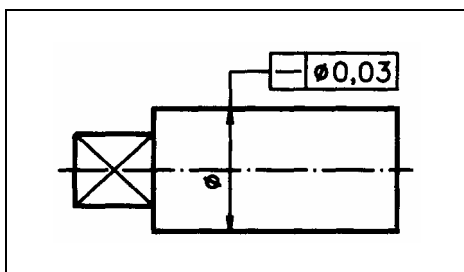


Agora, vamos analisar o conteúdo do quadro dividido em duas partes. No primeiro quadrinho, da esquerda para a direita, vem sempre indicado o tipo de tolerância. No quadrinho seguinte, vem indicado o valor da tolerância, em milímetros:



No exemplo acima, o símbolo: — indica que se trata de tolerância de retilidade de linha. O valor **0,1** indica que a tolerância de retilidade, neste caso, é de um décimo de milímetro.

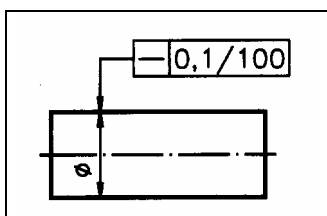
Às vezes, o valor da tolerância vem precedido do símbolo indicativo de diâmetro: $\varnothing$ como no próximo exemplo.



Aqui temos um caso de tolerância de forma: o símbolo — indica tolerância de retilidade de linha. Observe o símbolo $\varnothing$ antes do valor da tolerância 0,03. Quando o valor da tolerância vem após o símbolo $\varnothing$ isto quer dizer que o campo de tolerância correspondente pode ter a forma

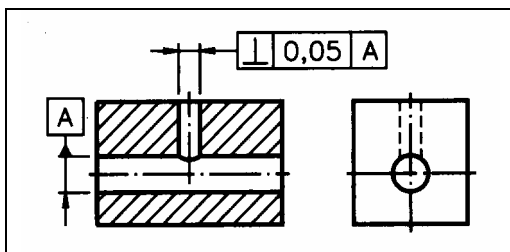
circular ou cilíndrica.

Quando a tolerância deve ser verificada em relação a determinada extensão da peça, esta informação vem indicada no segundo quadrinho, separada do valor da tolerância por uma barra inclinada (/). Veja, no próximo desenho:



A tolerância aplicada nesta peça é de retilidade de linha. O valor da tolerância é de **0,1**, ou seja, um décimo de milímetro. O número **100**, após o valor da tolerância, indica que sobre uma extensão de 100 mm, tomada em qualquer parte do comprimento da peça, o eixo real deve ficar entre duas retas paralelas, distantes entre si 0,1 mm.

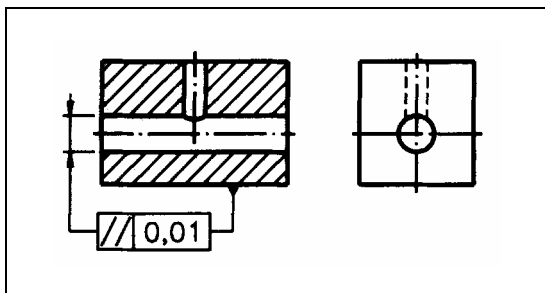
Os casos estudados até agora apresentavam o quadro de tolerância dividido em duas partes. Agora você vai aprender a interpretar a terceira parte do quadro:



A letra **A** identifica o elemento de referência, que, neste exemplo, é o eixo do furo horizontal. Esta mesma letra A aparece no terceiro quadrinho, para deixar clara a associação entre o elemento tolerado e o elemento de referência. O símbolo no quadrinho da esquerda, refere-se à tolerância de perpendicularidade. Isso significa que, nesta peça, o furo vertical, que é o elemento tolerado, deve ser perpendicular ao furo horizontal. O quadrinho **A** é ligado ao elemento a que se refere pela linha que termina em um triângulo cheio. O valor da tolerância é de 0,05 mm.

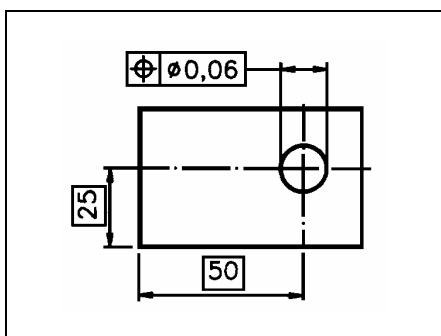
Nem sempre, porém, o elemento de referência vem identificado pela letra

maiúscula. Às vezes, é mais conveniente ligar diretamente o elemento tolerado ao elemento de referência. Veja.



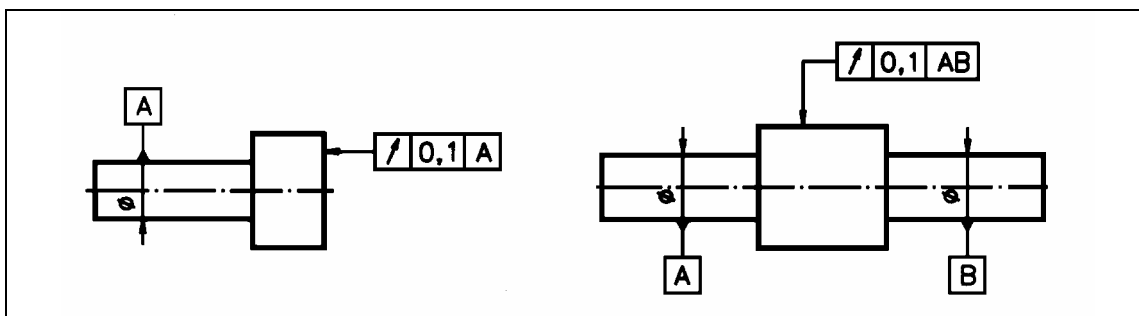
O símbolo // indica que se trata de tolerância de paralelismo. O valor da tolerância é de 0,01 mm. O triângulo cheio, apoiado no contorno do bloco, indica que a base da peça está sendo tomada como elemento de referência. O elemento tolerado é o eixo do furo horizontal, paralelo ao plano da base da peça.

Acompanhe a interpretação de mais um exemplo de desenho técnico com aplicação de tolerância geométrica.



Aqui, o elemento tolerado é o furo. O símbolo $\oplus$ indica que se trata de tolerância de localização. O valor da tolerância é de 0,06 mm. O símbolo $\varnothing$ antes do valor da tolerância indica que o campo de tolerância tem a forma cilíndrica. As cotas 25 e 50 são cotas de referência para localização do furo. As cotas de referência sempre vêm inscritas em retângulos.

Finalmente, observe dois exemplos de aplicação de tolerância de batimento:



No desenho da esquerda temos uma indicação de batimento axial. Em uma volta completa em torno do eixo de referência **A**, o batimento da superfície tolerada não pode se deslocar fora de duas retas paralelas, distantes entre si de 0,1 mm e perpendiculares ao eixo da peça.

No desenho da direita o batimento é radial em relação a dois elementos de referência: **A** e **B**. Isto quer dizer que durante uma volta completa em torno do eixo definido por A e B, a oscilação da parte tolerada não pode ser maior que 0,1 mm.

Tolerâncias geométricas (quadrado sinótico)		
Tolerância de forma para elementos isolados		
	Denominação	Símbolo
de linhas	Retilidade	
	Circularidade	
	Forma de linha qualquer	
de superfícies	Planeza	
	Cilindricidade	
	Forma de superfície qualquer	
Tolerância para elementos associados		
	Denominação	Símbolo
de orientação	Paralelismo	
	Perpendicularidade	
	Inclinação	
de posição	Localização	
	Concentricidade ou coaxialidade	
	Simetria	
Tolerância de batimento		
	Radial Axial	

12 Estado de superfície

Introdução

A produção de uma peça, ou de um objeto qualquer, parte sempre de um corpo bruto para, passo a passo, chegar ao estado acabado. Durante o processo de fabricação, o material bruto sofre transformações de forma, de tamanho e de propriedades.

A peça pronta deve ficar de acordo com o seu desenho técnico. Você já sabe que o desenho técnico traz informações sobre as características geométricas e dimensionais da peça. Você já aprendeu, também, que certos desvios de tamanho e de forma, dentro de limites de tolerância estabelecidos no desenho técnico, são aceitáveis porque não comprometem o funcionamento da peça.

Mas, em alguns casos, para garantir a perfeita funcionalidade da peça, é necessário especificar, também, o acabamento das superfícies, isto é, a aparência final da peça e as propriedades que ela deve ter. As informações sobre os estados de superfície são indicadas, no desenho técnico, através de simbologia normalizada.

Estudando os assuntos desta aula, você ficará conhecendo os símbolos indicativos de estado de superfície recomendados pela ABNT.

Esta aula encerra formalmente o módulo de Leitura e Interpretação de Desenho Técnico Mecânico. Porém, este assunto é tão importante que será retomado em outros módulos, com a aplicação prática dos conhecimentos básicos aqui desenvolvidos.

No módulo Elementos de Máquinas, você estudará alguns componentes padronizados de máquinas que seguem convenções e normas próprias e,

finalmente, exercitará a aplicação de todos os conhecimentos adquiridos, interpretando alguns desenhos para execução, de conjuntos mecânicos e seus componentes.

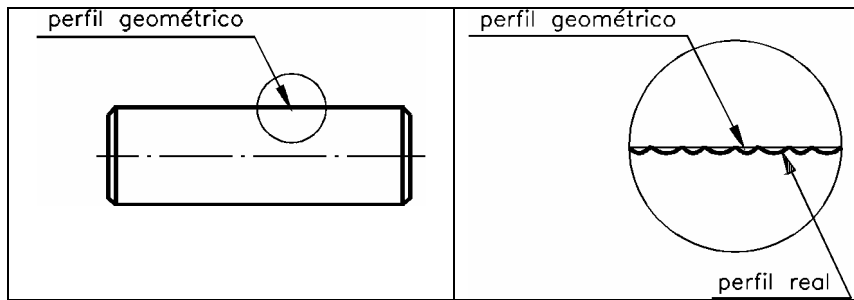
Processos de fabricação e de acabamento de peças

O método de produção interfere na aparência, na funcionalidade e nas características gerais do produto acabado. Existem vários processos de fabricação de peças. Você conhecerá mais detalhadamente cada um desses processos ao estudar o módulo **Processos de fabricação**.

Por enquanto, é suficiente que você saiba que a usinagem, a fundição e o forjamento são alguns dos processos de fabricação de peças que determinam diferentes graus de acabamento de superfícies. Um mesmo grau de acabamento pode ser obtido por diversos processos de trabalho. Da mesma forma, o mesmo processo de trabalho permite atingir diversos graus de acabamento.

Quanto melhor o acabamento a ser obtido, maior o custo de execução da peça. Portanto, para não onerar o custo de fabricação, as peças devem apresentar o grau de acabamento adequado à sua função.

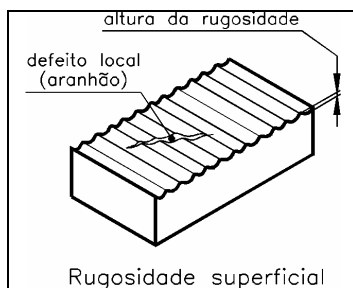
A escolha do processo de fabricação deve levar em conta a forma, a função, a natureza da superfície, o tipo de material e os meios de produção disponíveis. Mais adiante você ficará sabendo como é feita a indicação dos processos de fabricação nos desenhos técnicos. Antes, porém, você precisa conhecer mais alguns detalhes sobre o acabamento de superfícies das peças. Na prática, a superfície real da peça nunca é igual à superfície geométrica representada no desenho. Analise, na figura abaixo, o perfil geométrico de um eixo e, a sua direita, o detalhe ampliado da superfície deste mesmo eixo. No detalhe ampliado você pode observar que a superfície real apresenta irregularidades na forma:



Você já viu que, na fabricação de peças, as superfícies estão sujeitas a erros de forma e de posição, que determinam as tolerâncias geométricas. Esses erros são considerados **macrogeométricos**.

As tolerâncias geométricas são estabelecidas para que tais erros não prejudiquem o funcionamento da peça. Entretanto, mesmo superfícies executadas dentro dos padrões de tolerância geométrica determinados, apresentam um conjunto de irregularidades **microgeométricas** que constituem a **rugosidade** da peça ou **textura primária**.

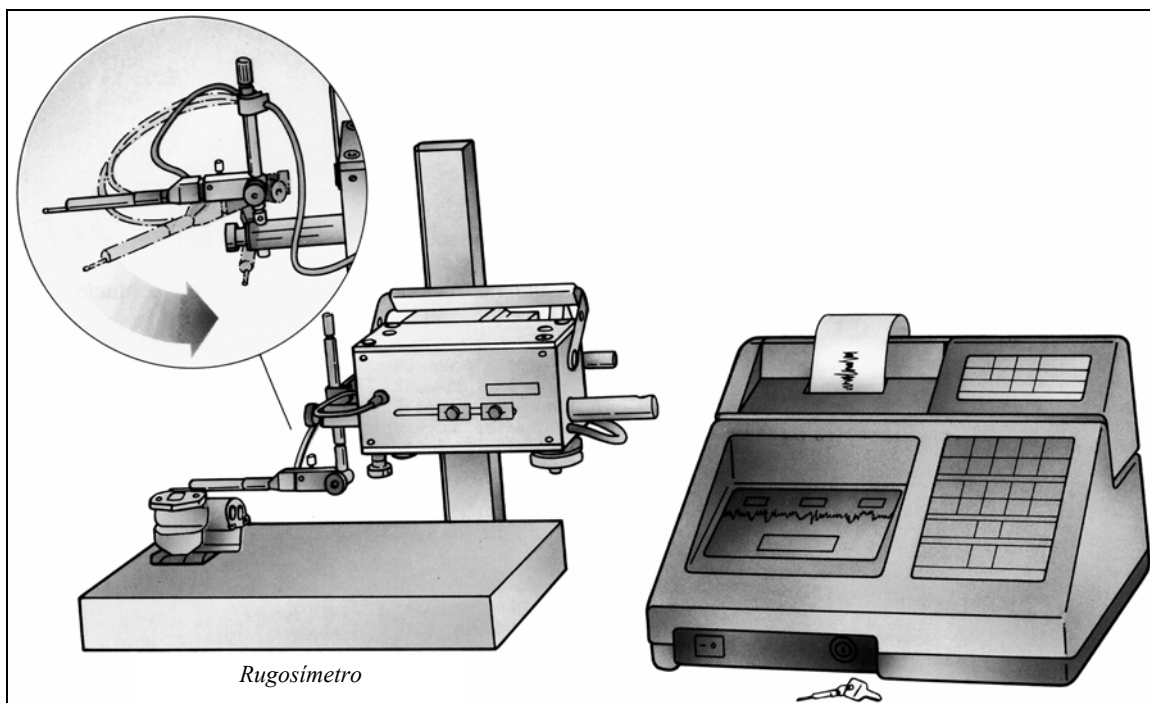
A rugosidade consiste nas marcas ou sulcos deixados pela ferramenta utilizada para produzir a peça. As irregularidades das superfícies, que constituem a rugosidade, são as saliências e reentrâncias existentes na superfície real.

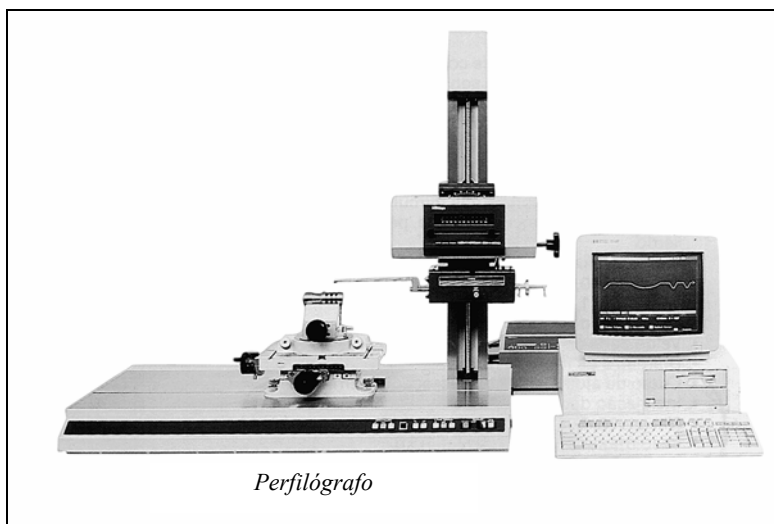


A princípio, a avaliação da rugosidade era feita pela visão e pelo tato. A comparação visual e tátil dá uma idéia, mas não transmite a precisão necessária, levando a conclusões muitas vezes enganosas, e que não podem ser expressas em números. Depois, passou-se a utilizar microscópios, que permitiam uma visão ampliada da superfície a ser julgada.



Porém, os microscópios apresentavam limitações: apesar de possibilitarem a medida da largura e espaçamento entre as saliências e reentrâncias não forneciam informações sobre suas alturas e profundidades. Atualmente, graças ao progresso da eletrônica, já existem aparelhos que fornecem informações completas e precisas sobre o perfil de superfícies analisadas. Por meio de uma pequena agulha, que percorre amostras de comprimento da superfície verificada, é possível obter informações numéricas e gráficas sobre seu perfil. Assim, utilizando aparelhos como: rugosímetro, perfilógrafo, perfiloscópio etc. é possível avaliar com exatidão se a peça apresenta o estado de superfície adequado ao seu funcionamento.





Indicação de estado de superfície no Brasil

No Brasil, até 1984, a NBR6402 indicava o acabamento superficial por meio de uma simbologia que transmitia apenas informações **qualitativas**. Esta simbologia, que hoje se encontra ultrapassada, **não** deve ser utilizada em desenhos técnicos mecânicos. Entretanto, é importante que você a conheça, pois pode vir a encontrá-la em desenhos mais antigos.

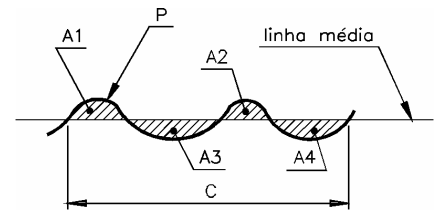
Veja a seguir, os símbolos de acabamento superficial e seu significado.

Símbolo	Significado
~	Indica que a superfície deve permanecer bruta, sem acabamento, e as rebarbas devem ser eliminadas.
▽	Indica que a superfície deve ser desbastada. As estrias produzidas pela ferramenta podem ser percebidas pelo tato ou visão.
∩	Indica que a superfície deve ser alisada, apresentando dessa forma marcas pouco perceptíveis à visão.
∪	Indica que a superfície deve ser polida, e assim ficar lisa, brilhante, sem marcas visíveis.

Atualmente, a avaliação da rugosidade, no Brasil, baseia-se nas normas NBR6405/88 e NBR8404/84, que tratam a rugosidade de forma **quantitativa**, permitindo que ela seja medida. Este é o próximo assunto que você vai estudar.

Avaliação da rugosidade

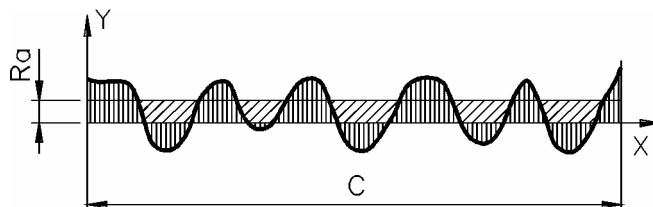
A norma brasileira adota o sistema de **linha média** para avaliação da rugosidade. Veja, no desenho do perfil de uma superfície, a representação da linha média.



A1 e **A2** representam as saliências da superfície real. **A3** e **A4** representam os sulcos ou reentrâncias da superfície real.

Não é possível a determinação dos erros de todos os pontos de uma superfície. Então, a rugosidade é avaliada em relação a uma linha (**p**), de comprimento **c**, que representa uma amostra do perfil **real** da superfície examinada.

A linha média acompanha a direção geral do perfil, determinando áreas superiores e áreas inferiores, de tal forma que a soma das áreas superiores (**A1** e **A2**, no exemplo) seja igual à soma das áreas inferiores (**A3** e **A4**, no mesmo exemplo), no comprimento da amostra. A medida da rugosidade é o desvio médio aritmético (**Ra**) calculado em relação à linha média.



Representação gráfica da rugosidade média

A norma NBR 8404/84 define **12** classes de rugosidade, que correspondem a determinados desvios médios aritméticos (**Ra**) expressos em microns (μm). Veja, na tabela reproduzida a seguir, as 12 classes de rugosidade e os desvios correspondentes.

Tabela: Características da rugosidade (**Ra**)

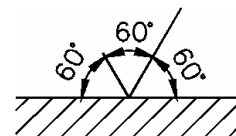
Classes de rugosidade	Desvio médio aritmético Ra (μm)
N 12	50
N 11	25
N 10	12,5
N 9	6,3
N 8	3,2
N 7	1,6
N 6	0,8
N 5	0,4
N 4	0,2
N 3	0,1
N 2	0,05
N 1	0,025

Como exemplos: um desvio de $3,2 \mu\text{m}$ corresponde a uma classe de rugosidade **N 8**; a uma classe de rugosidade **N 6** corresponde um valor de rugosidade $Ra = 0,8 \mu\text{m}$.

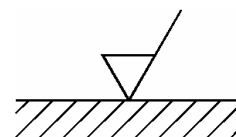
Indicação de rugosidade nos desenhos técnicos

Símbolo indicativo de rugosidade

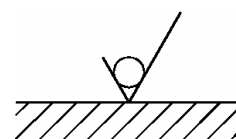
O **símbolo** básico para a indicação da rugosidade de superfícies é constituído por duas linhas de comprimento desigual, que formam ângulos de 60° entre si e em relação à linha que representa a superfície considerada.



Este símbolo, isoladamente, não tem qualquer valor. Quando, no processo de fabricação, é exigida remoção de material, para obter o estado de superfície previsto, o símbolo básico é representado com um traço adicional.

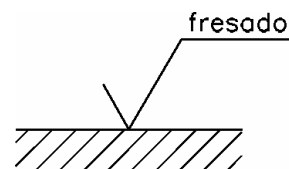


A remoção de material sempre ocorre em processos de fabricação que envolvem **corte**, como por exemplo: o torneamento, a fresagem, a perfuração entre outros. Quando a remoção de material não é



permitida, o símbolo básico é representado com um círculo, como segue.

O símbolo básico com um círculo pode ser utilizado, também, para indicar que o estado de superfície deve permanecer inalterado mesmo que a superfície venha a sofrer novas operações.



Quando for necessário fornecer indicações complementares, prolonga-se o traço maior do símbolo básico com um traço horizontal e sobre este traço escreve-se a informação desejada.

No exemplo anterior está indicado o processo de remoção de material por fresagem.

Indicação do valor da rugosidade

Você já sabe que o valor da rugosidade tanto pode ser expresso numericamente, em microns, como também por classe de rugosidade.

O valor da rugosidade vem indicado sobre o símbolo básico, com ou sem sinais adicionais.

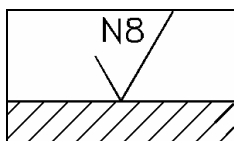


Fig. A

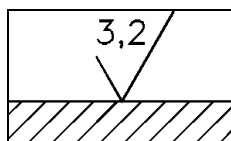


Fig. B

As duas formas de indicar a rugosidade (figuras A e B) são corretas.

Quando for necessário estabelecer os limites **máximo** e **mínimo** das classes de rugosidade, estes valores devem ser indicados um sobre o outro. O limite máximo deve vir escrito em cima.



Nesse exemplo, a superfície considerada deve ter uma rugosidade **Ra** compreendida entre um valor máximo **N 9** e um valor mínimo **N 7** que é o mesmo que entre 6,3 μm e 1,6 μm . Para saber a equivalência das classes de rugosidade em microns (μm), basta consultar a tabela de **Características da rugosidade (Ra)**, vista anteriormente .

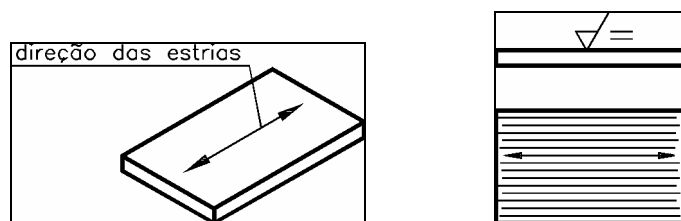
Símbolo para a direção das estrias

Há uma outra característica **microgeométrica** que deve ser levada em conta no processo de fabricação e na avaliação da rugosidade: trata-se da direção das **estrias**, que são as pequenas linhas ou os sulcos deixados na superfície usinada pela ferramenta usada no processo de fabricação da peça.

Quando for necessário definir a direção das estrias isso deve ser feito por um símbolo adicional ao símbolo do estado de rugosidade.

Os símbolos para direção das estrias são normalizados pela NBR8404/84. Veja, a seguir, quais são os símbolos normalizados.

O símbolo $\equiv$ indica que as estrias são paralelas ao plano de projeção da vista sobre a qual o símbolo é aplicado. Acompanhe o exemplo. Imagine que após a usinagem, as estrias da superfície devem ficar na direção indicada na perspectiva. Veja, ao lado, a indicação da direção das estrias no desenho técnico.



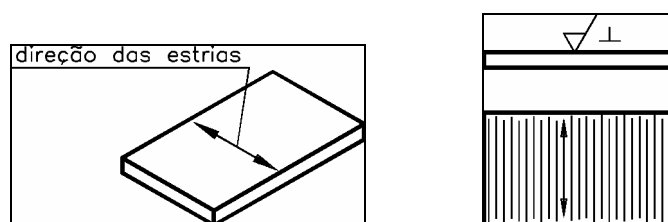
Note que, no desenho técnico, o símbolo de rugosidade foi representado na vista frontal. Ao seu lado, foi representado o símbolo $\equiv$, que indica a

$\equiv$

posição das estrias em relação ao plano de projeção da vista frontal.

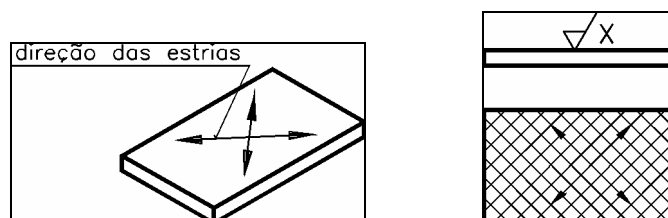
Lembre-se de que as estrias não são visíveis a olho nu por serem características microgeométricas. A indicação da direção das estrias, no desenho técnico, informa ao operador da máquina qual deve ser a posição da superfície a ser usinada em relação à ferramenta que vai usiná-la.

O símbolo $\perp$ indica que as estrias são perpendiculares ao plano de projeção da vista sobre a qual ele é aplicado. Veja no desenho.



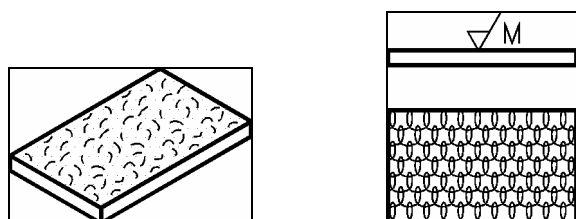
O símbolo $\perp$, ao lado do símbolo de rugosidade, na vista frontal indica que a posição das estrias da superfície a ser usinada deve ser perpendicular ao plano de projeção da vista frontal.

Quando as estrias devem ficar cruzadas, em duas direções oblíquas, como mostram os desenhos abaixo, o símbolo de direção das estrias é $\times$.



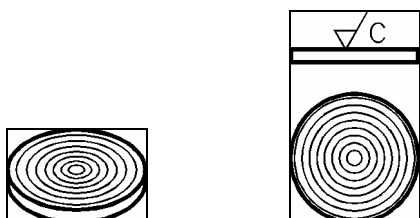
Repare que os símbolos: $\sqrt{\times}$, representados na vista frontal, indicam qual a superfície a ser usinada e quais as direções das estrias resultantes.

Outra possibilidade é que as estrias se distribuam em muitas direções, como nos desenhos abaixo:



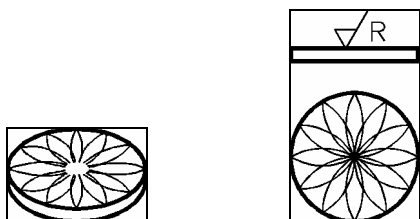
O símbolo indicativo de direções das estrias é **M**, que aparece representado ao lado do símbolo de rugosidade, na vista frontal.

Quando as estrias devem formar círculos aproximadamente concêntricos, como mostram os próximos desenhos, o símbolo de direção das estrias é **C**.



Repare que o símbolo **C** aparece representado ao lado do símbolo de rugosidade, no desenho técnico.

Finalmente, as estrias podem se irradiar a partir do ponto médio da superfície à qual o símbolo se refere. Veja.

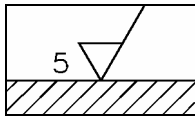


O símbolo **R**, ao lado do símbolo de rugosidade, indica que a direção das estrias é radial em relação ao ponto médio da superfície a ser usinada.

Indicação de sobremetal para usinagem

Quando uma peça fundida deve ser submetida a usinagem posterior, é necessário prever e indicar a quantidade de **sobremetal**, isto é, de metal a mais, exigido para a usinagem.

Quando for necessário indicar esse valor, ele deve ser representado à esquerda do símbolo, de acordo com o sistema de medidas utilizado para cotação. Veja um exemplo.

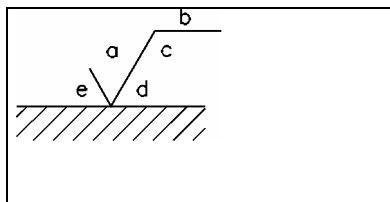


O numeral **5**, à esquerda do símbolo de rugosidade, indica que a superfície fundida deve ter 5 mm de espessura a mais do que a dimensão nominal da cota correspondente.

Agora que você conhece todos os elementos associados ao símbolo de rugosidade, veja a disposição do conjunto desses elementos para indicação do estado de superfície.

Disposição das indicações de estado de superfície

Cada uma das indicações de estado de superfície é representada em relação ao símbolo, conforme as posições a seguir:



Relembre o que cada uma das letras indica:

a- valor da rugosidade R_a , em μm , ou classe de rugosidade N 1 a N 12;

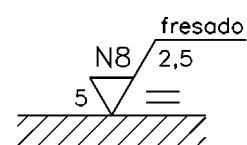
b- método de fabricação, tratamento ou revestimento da superfície;

c- comprimento da amostra para avaliação da rugosidade, em mm;

d- direção predominante das estrias;

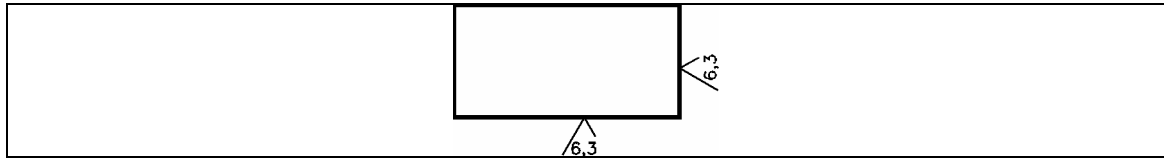
e- sobremetal para usinagem (μm).

Análise o próximo exemplo, com indicação de estado de superfície e depois resolva o exercício.



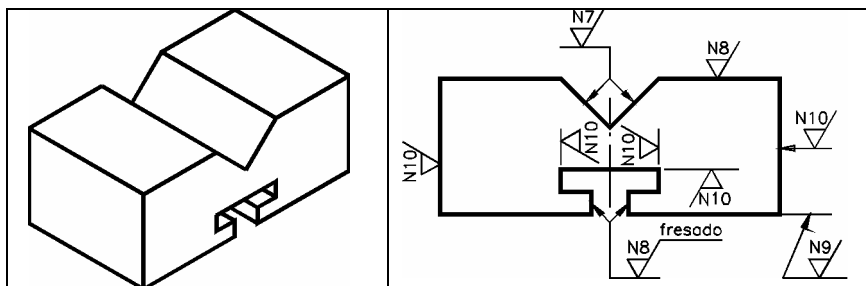
Indicações de estado de superfície nos desenhos

Os símbolos e as inscrições devem estar representados de tal modo que possam ser lidos sem dificuldade. Veja um exemplo.

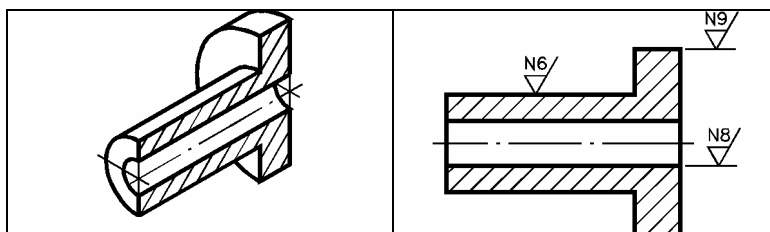


No exemplo acima, a rugosidade **Ra** das faces: inferior e lateral direita é igual a 6,3 µm.

O símbolo pode ser ligado à superfície a que se refere por meio de uma linha de indicação, como no próximo desenho.

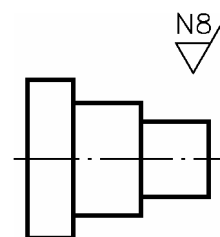


Note que a linha de indicação apresenta uma seta na extremidade que toca a superfície. Observe novamente o desenho anterior e repare que o símbolo é indicado uma vez para cada superfície. Nas peças de revolução o símbolo de rugosidade é indicado uma única vez, sobre a geratriz da superfície considerada. Veja.

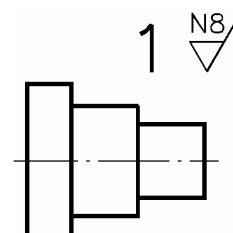


O símbolo indica que a superfície de revolução inteira deve apresentar o mesmo estado de superfície. Quando todas as superfícies da peça têm o mesmo grau de rugosidade, a indicação é feita de maneira simplificada.

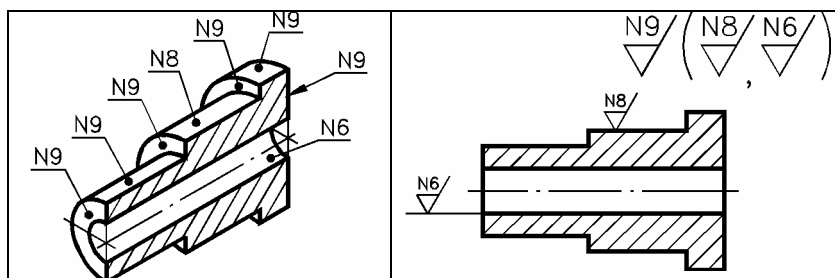
Caso se trate de uma peça isolada, a indicação do estado de rugosidade é representada próxima à vista da peça, como no desenho a seguir.



Se a peça faz parte de um conjunto mecânico, ela recebe um número de referência que a identifica e informa sobre a posição da peça no conjunto. Nesse caso, a indicação do estado de superfície vem ao lado do número de referência da peça, como no próximo desenho.

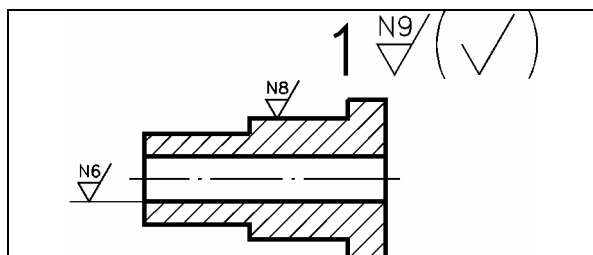


Quando um determinado estado de superfície é exigido para a maioria das superfícies de uma peça, o símbolo de rugosidade correspondente vem representado uma vez, ao lado superior direito da peça. Os demais símbolos de rugosidade, que se referem a superfícies indicadas diretamente no desenho, vêm após o símbolo principal, entre parênteses. Veja um exemplo.



Neste exemplo, **N 9** é a classe de rugosidade predominante. Uma das superfícies de revolução deve apresentar a classe **N 8** e a superfície do furo longitudinal deve apresentar a classe **N 6**. O símbolo $\checkmark$ pode ser representado dentro dos parênteses para substituir as indicações específicas de classes de rugosidade. No exemplo anterior, onde aparece $\nabla / (\nabla / \nabla /)$, esta indicação pode ser substituída por $\nabla / (\checkmark)$.

Quando a peça leva número de referência, a indicação da rugosidade geral e das rugosidades específicas vem ao lado do número de referência, como no desenho abaixo.



Correspondência entre os símbolos de acabamento e classes de rugosidade

Os símbolos indicativos de acabamento superficial, apresentados no início desta aula, vêm sendo gradativamente substituídos pelas indicações de rugosidade. É possível que você ainda encontre desenhos que apresentem aquela simbologia já superada. Na prática, foi estabelecida uma correspondência aproximada entre os antigos símbolos de acabamento de superfícies e os atuais símbolos de rugosidade.

Símbolo de acabamento superficial	Símbolo indicativo de rugosidade
	de N 10 a N 12
	de N 7 a N 9
	de N 4 a N 6

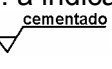
As classes de **N 1 a N 3** correspondem a graus de rugosidade mais “finos” que o polido ().

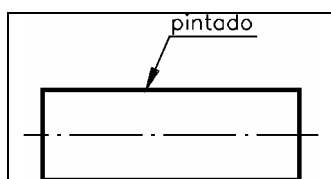
Tratamento

Além do acabamento superficial, muitas peças devem receber **tratamento**. Tratamento é o processo que permite modificar certas propriedades da peça, tais como: dureza, maleabilidade, resistência à oxidação etc. É muito difícil encontrar um material que se adapte perfeitamente a todas as

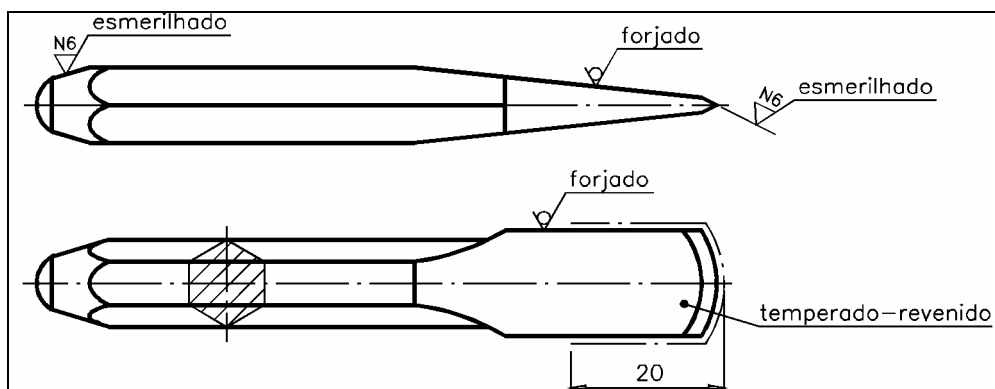
condições exigidas de funcionamento. Uma das maneiras de contornar este problema consiste em escolher o material que tenha certas propriedades compatíveis com as exigências da peça e, depois, tratá-lo convenientemente, para que adquira outras propriedades exigidas. Existem diferentes processos de tratamento. Alguns modificam apenas as superfícies das peças, como por exemplo: cromação, pintura e niquelagem. Outros modificam certas propriedades da peça, como por exemplo: a cementação, o recozimento, a têmpera e o revenimento.

Indicações de tratamento nos desenhos técnicos.

O processo de tratamento pode vir indicado nos desenhos técnicos de duas maneiras. Uma delas você já conhece: a indicação é feita sobre a linha horizontal do símbolo de rugosidade: . Outra forma consiste em indicar o tratamento sobre uma linha de chamada ligada à superfície à qual deve ser aplicado o tratamento.



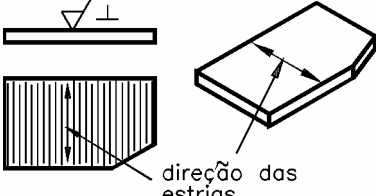
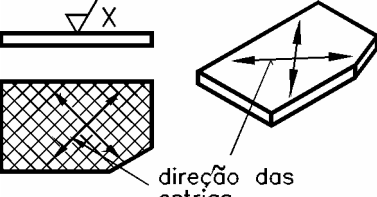
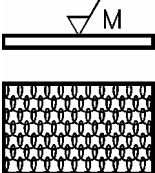
Nos desenhos técnicos podemos indicar mais de um tipo de tratamento para a mesma peça, como no exemplo a seguir.



A peça acima, uma talhadeira, vai receber dois tipos de tratamento: a **têmpera** e o **revenimento**. A linha **traço e ponto larga** que você vê na vista superior, mostra a parte da peça que deverá receber os tratamentos indicados. No exemplo dado, a cota **20** delimita a extensão da peça a ser

submetida aos dois tratamentos (temperado-revenido).

Se todos os assuntos desta aula ficaram bem compreendidos passe para os exercícios de verificação . Caso contrário, releia o conteúdo e analise os exemplos com atenção, antes de resolver os exercícios.

Símbolos para direção das estrias - quadro sinótico		
Símbolo	Interpretação	
=	Paralela ao plano de projeção da vista sobre o qual o símbolo é aplicado.	
⊥	Perpendicular ao plano de projeção da vista sobre o qual o símbolo é aplicado.	
X	Cruzadas em duas direções oblíquas em relação ao plano de projeção da vista sobre o qual o símbolo é aplicado.	
M	Muitas direções.	
C	Aproximadamente central em relação ao ponto médio da superfície ao qual o símbolo é referido.	
R	Aproximadamente radial em relação ao ponto médio da superfície ao qual o símbolo é referido.	

Referências

SENAI-SP. **Iniciação ao desenho**. Por Antônio Ferro, José R. Raphael e Paulo B. Filho. São Paulo, 1991.

SENAI-SP. **Iniciação ao desenho. Exercícios 1**. Por Antônio Ferro, José R. Raphael e Paulo B. Filho. São Paulo, 1991.

SENAI-SP. **Desenho com instrumentos**. Por Antônio Ferro, José R. Raphael e Paulo B. Filho. São Paulo, 1991.

SENAI-SP. **Desenho com instrumentos. Exercícios 2**. Por Antônio Ferro, José R. Raphael e Paulo B. Filho. São Paulo, 1991.

SENAI-SP. **Desenho para mecânica**. Por Antônio Ferro, José R. Raphael e Paulo B. Filho. São Paulo, 1991.

SENAI-SP. **Desenho para mecânica. Exercícios 5**. Por Antônio Ferro, José R. Raphael e Paulo B. Filho. São Paulo, 1991.