

8. TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS

8.1. INTRODUÇÃO

As **Tolerâncias Geométricas** são as tolerâncias necessárias para que um conjunto de peças possam ser montados e funcionem da forma esperada.

Ao definir as **Tolerâncias Dimensionais** de uma peça o objetivo é que ela tenha uma **DIMENSÃO** possa ser montada, enquanto que nas **Tolerâncias Geométricas** o objetivo é ter as peças fabricadas com a **GEOMETRIA** desejada e que possam ser montadas na **POSIÇÃO** final necessária para o funcionamento do conjunto.

OBS: O emprego das **Tolerâncias Geométricas** é uma restrição adicional para a fabricação e a montagem de um conjunto de peças.

Exemplo 1: Montagem de suas peças planas. Na figura 8.1(a) temos uma chapa com um furo e na (b) uma peça formada por uma chapa com um furo e duas paredes laterais.



(a)



(b)

FIGURA 8.1 (a) Chapa com furo e (b) peça com paredes laterais.

Uma possibilidade de montagem é montar a chapa sobre a peça do lado sem paredes. Neste caso basta alinhar os furos das duas peças, como mostrado na figura 8.2, e passar o parafuso pelos furos, e estamos diante de um caso de em que é preciso apenas os dois furos estejam dentro da tolerância ***DIMENSIONAL*** especificada para este tipo de montagem.

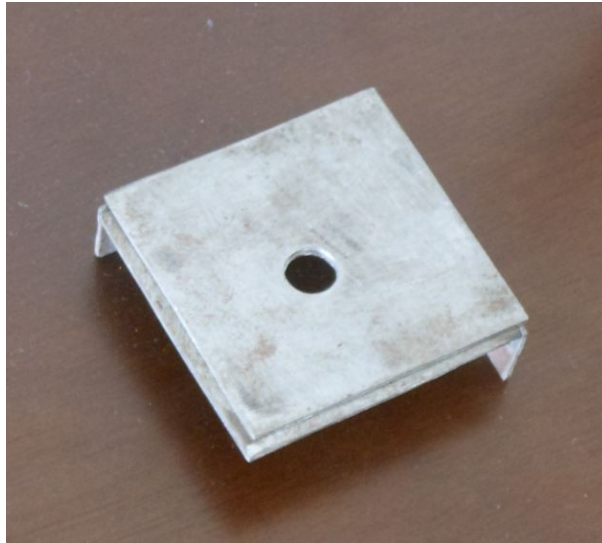


FIGURA 8.2 Montagem com as peças alinhadas pelos furos.

A outra possibilidade seria montar a chapa no outro lado da peça e neste caso haveria uma restrição de posição da chapa feito pelas paredes laterais. Como podemos ver na figura 8.3, os furos das duas peças não são coincidentes, existe neste caso um ***ERRO DE LOCALIZAÇÃO*** de um dos furos em relação as bordas da peça. Note que neste caso o furo passante não parece ser redondo.



FIGURA 8.3 Montagem com as peças alinhadas pelas laterais.

Neste caso, para fixá-las seria necessário usar um parafuso com diâmetro menor do que o especificado para que possa entrar no espaço em que há coincidência dos furos.

Exemplo 2: Montagem de duas peças cilíndricas. A figura 8.3(a) mostra uma peça sextavada com uma superfície interna (rebaixo) e um furo. A figura (b) é composta de uma superfície cilíndrica oca com outra superfície cilíndrica centra de diâmetro maior.



(a)



(b)

FIGURA 8.3 (a) Peça sextavada e (b) peça cilíndrica.

Se as duas peças forem montadas colocando a uma das extremidades da peça cilíndrica no furo da peça sextavada, temos um caso de tolerância ***DIMENSIONAL*** apenas. A única condição para que esta montagem possa ser efetuada é que o diâmetro do furo seja maior do que o diâmetro da superfície de um dos lados da peça cilíndrica.

Outra possibilidade de montagem seria montar as duas peças com uma das extremidades da peça cilíndrica dentro do furo da peça sextavada e também com a região central da peça encaixada no rebaixo da peça sextavada como mostra a figura 8.4.



FIGURA 8.4 Montagem com duas superfícies externas do cilindro encaixadas.

Neste caso além das tolerancias dimensionais das superfícies internas e externas e preciso que as tolerancias geometricas de coaxialidade, cilíndricidade e localizacao das superfícies sejam controladas para que seja possível a montagem.

Exemplo 3 Caixa de redução de velocidades. A figura 8.5 mostra um redutor de velocidades aberto. O movimento de rotação da caixa entra pelo eixo 1, é transmitido para o eixo 2 pelo par de engrenagens cônicas e para o eixo de saída 3 pelas engrenagens de dentes helicoidais.

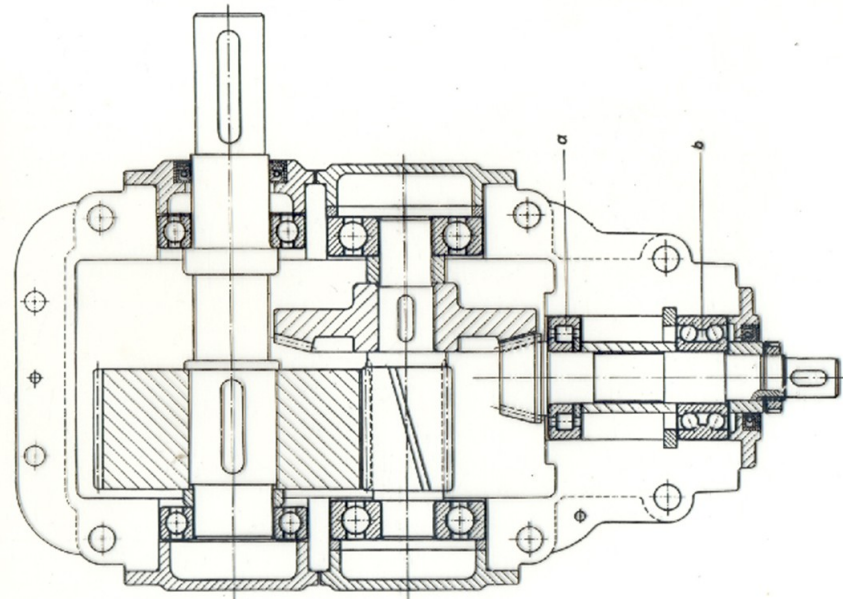


FIGURA 8.5 Caixa de reducao de velocidades.

As tolerâncias **DIMENSIONAIS** devem ser observadas principalmente nas montagens dos rolamentos, interferência conforme a especificação dos fabricantes, e ajuste deslizante das engrenagens nos eixos.

As tolerâncias **GEOMÉTRICAS** precisam ser observadas em todas as peças e nas montagens. No caso dos eixos, todos precisam ter superfícies cilíndricas (**cilindricidade**), estas superfícies precisam ser concêntricas (**concentricidade**) e coaxiais (**coaxialidade**). Os raios devem estar simétricos em relação à linha de centro do eixo (**simetria**).

Para que este redutor funcione com eficiência, é preciso que sejam observadas também as tolerâncias de **LOCALIZAÇÃO**. Para que o engrenamento das engrenagens ocorra corretamente é preciso que os eixos estejam dispostos nas distâncias e nas posições corretas. O eixo 1 precisa estar perpendicular ao eixo 2 (**perpendicularidade**) e o eixo 2 precisa estar paralelo ao eixo 3 (**paralelismo**).

8.2. TIPOS DE TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS

8.2.1. Desvios de Forma

São as variações da forma do sólido real em relação à forma ideal.

Exemplos:

- **Macrogeométricos:** planicidade, circularidade, retilineidade e etc.;
- **Microgeométricos:** rugosidade superficial;

8.2.2. Desvios de Posição

são as variações da posição entre uma ou mais superfícies, ou eixos, em relação as suas posições teóricas.

Exemplos: paralelismo, perpendicularidade, simetria e etc.;

8.2.3. Desvios Compostos

8.2.4.

São as variações na peça real em relação ao seu projeto onde **NÃO** se consegue identificar com facilidade se o desvio é de forma, posição ou as duas coisas juntas.

Exemplos: batida radial, batida axial e batida de uma superfície cônica.

8.3. DESVIOS DE FORMA

- Os tipos de desvios de forma das superfícies das peças são definidos por norma de acordo com cada tipo de superfície a ser controlada.
- Estes desvios devem ser especificados no projeto e precisam ser controlados durante a fabricação das peças para que elas funcionem como esperado.
- As tolerâncias geométricas serão sempre limitadas por um volume ou por planos ou superfícies.

8.3.1 Diferença da Reta – Retilineidade [Tg]

Quando a tolerância for a mesma em todas as direções (barras cilíndricas), ela será o diâmetro de um volume imaginário na qual deverá estar contida a projeção do contorno da peça em dois planos ortogonais de medida, como mostra a figura 8.6 (a). Quando as tolerâncias forem diferentes em duas direções (barras prismáticas), a peça pode ter tolerâncias diferentes para cada direção. A figura 8.6 (b) mostra o volume imaginário definido por estas tolerâncias, no qual deverá estar contida as projeções dos contornos da peça em dois planos de medida ortogonais.

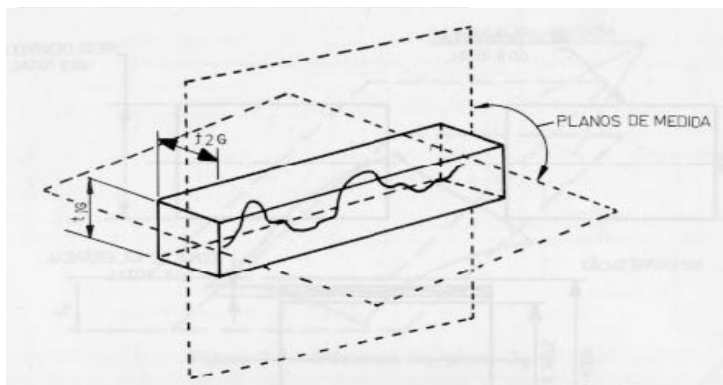


FIGURA 8.6 Tolerância da reta em peças (a) simétricas (b) assimétricas.

Exemplos: Variações comuns das projeções das superfícies das peças que deveriam ser retas:

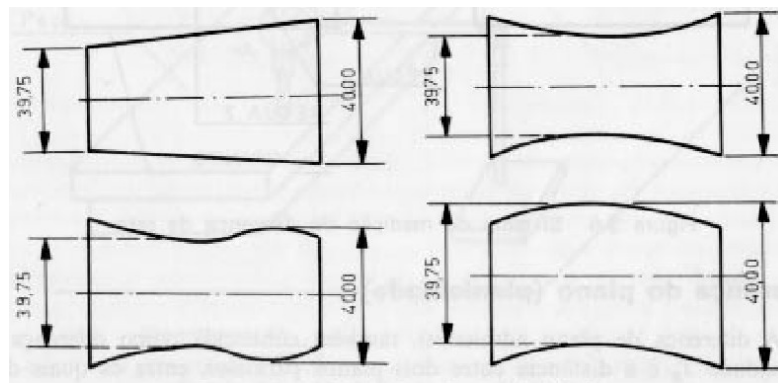


FIGURA 8.7 Variações comumente encontradas nas superfícies reais.

Avaliação: Medidas em diferentes pontos da superfície com relógio comparador.

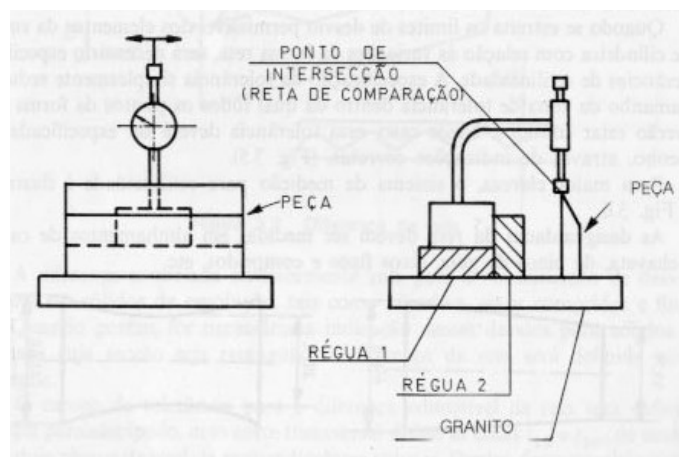


FIGURA 8.8 Avaliação da *retilidade* de uma superfície.

Quando especificar?

Sempre que a falta da tolerância de retilidade comprometer o funcionamento a peça ou do conjunto de peças.

Exemplos: Pinos guia; Superfícies de rasgo de chaveta; Bases de máquinas e Eixos.

8.3.2 Diferença do Plano – Planicidade [TB]

A superfície real deverá estar contida entre dos planos de referência, ou de medida, distantes entre si do comprimento **TB**.

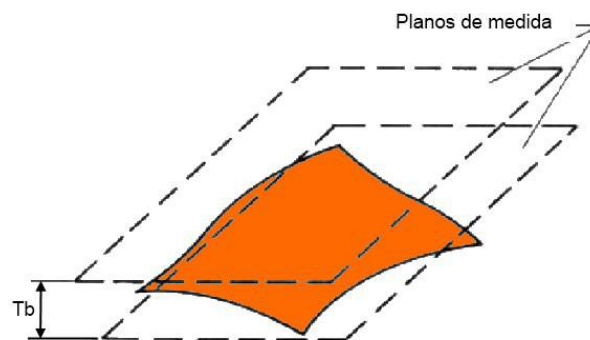


FIGURA 8.9 Tolerância de *planicidade* de uma superfície.

Exemplos: Variações comuns de falta de planicidade.

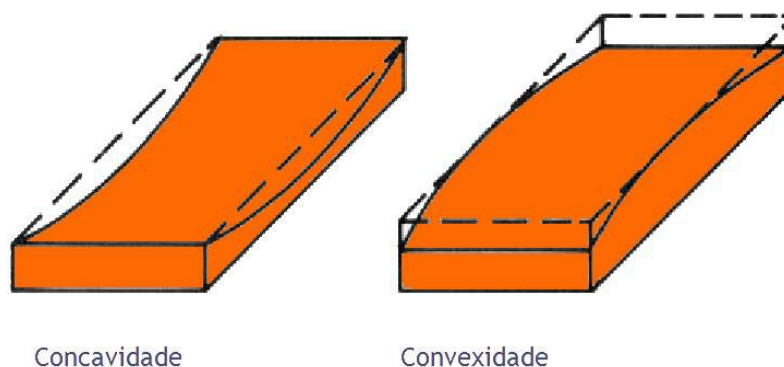


FIGURA 8.10 Variações das superfícies planas.

Exemplos: Falta de planicidade em peça cortada (não precisa ser perpendicular ao eixo).

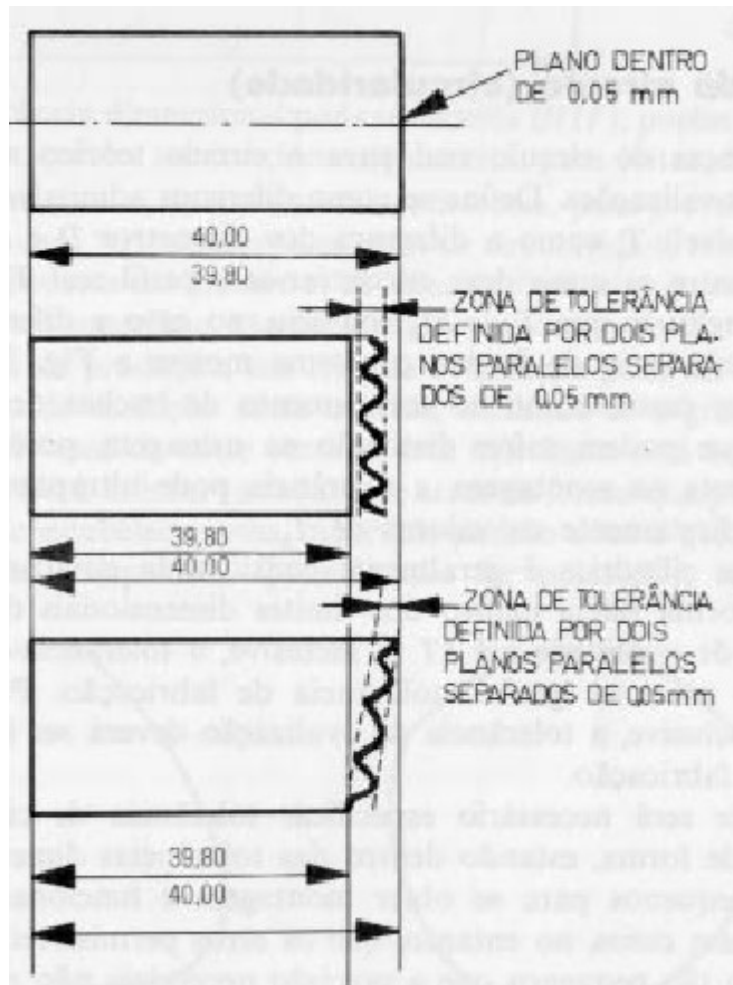


FIGURA 8.11 Variações das superfícies planas.

Avaliação: Medidas em diferentes pontos da superfície plana com relógio comparador.

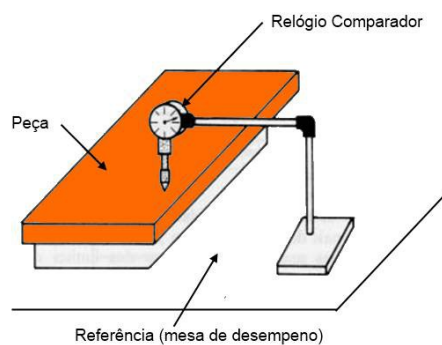


FIGURA 8.12 Avaliação da planicidade de uma superfície.

Quando especificar?

Sempre que a falta da tolerância de planicidade comprometer o funcionamento a peça ou do conjunto de peças.

Principais Causas:

- Variação de dureza ao longo do plano de usinagem;
- Desgaste da aresta de corte durante a usinagem do plano;
- Fixação deficiente da peça ou da ferramenta durante a usinagem.

Faixas de Tolerâncias admissíveis para diferentes operações.

- Torneamento \Rightarrow 0,01 a 0,03 mm
- Fresamento \Rightarrow 0,02 a 0,05 mm
- Retificação \Rightarrow 0,005 a 0,01 mm

8.2.3-Diferença de forma de uma Linha Qualquer – [Tt]

Exemplos: guidon, canos de descarga, chassis, suporte de bagagem, etc.



FIGURA 8.13 Exemplos da diferença de forma de uma linha qualquer.

A linha real deverá está contida entre duas linhas de referência, distantes T_t entre si, que são tangentes a esferas centradas na linha real.

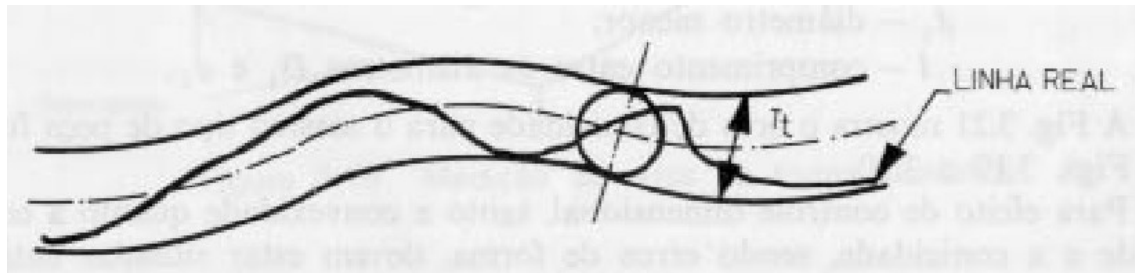


FIGURA 8.14 Representação da diferença de forma de uma linha qualquer.

Exemplo: Came circular.

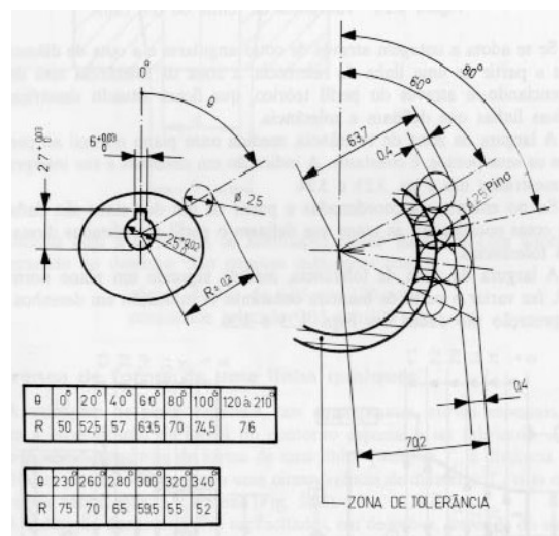


FIGURA 8.15 Came Circular.

Exemplo: Came linear.

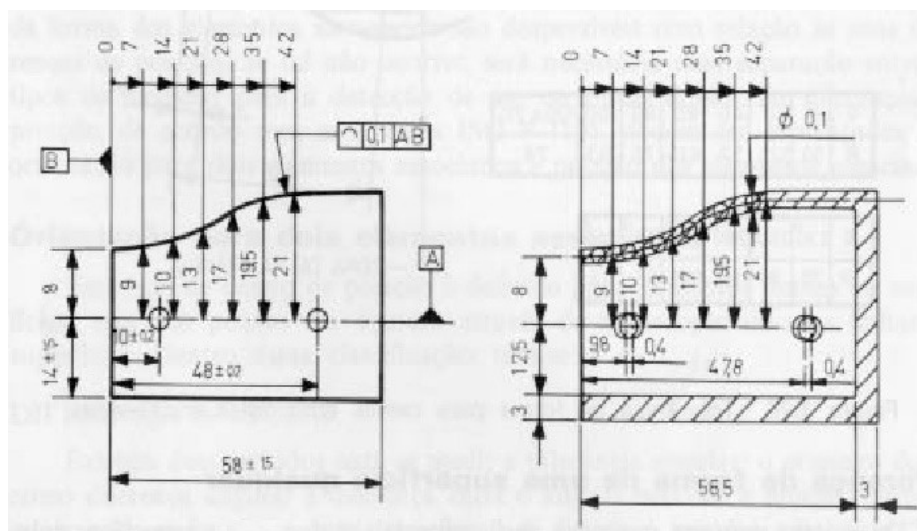


FIGURA 8.16 Came Linear.

Principais Causas: Erro de traçagem; Ajustes de coordenadas em máquinas universais; Erro de programação de máquina CNC.

Quando especificar?

Sempre que a falta da tolerância de planicidade comprometer o funcionamento a peça ou do conjunto de peças.

Canos de descarga - um erro pode impedir a montagem do mesmo ou causar desgaste prematuro do sistema de fixação, ou mesmo do cano, devido às tensões geradas durante a montagem.

Cames - A diferença da forma de um came pode fazer com que o mecanismo não funcione, como por exemplo falta de curso, ou funcione com problemas, quando são causados saltos ou choques devido a perda de contacto do seguidor com o came ou mudanças de geometria bruscas, que causam altas acelerações.

8.2.4-Diferença de forma de uma Superfície Qualquer – [Ts]

A linha real deverá está contida entre dois planos de referência, distantes T_s entre si, que são tangentes a esferas centradas superfície do plano real.

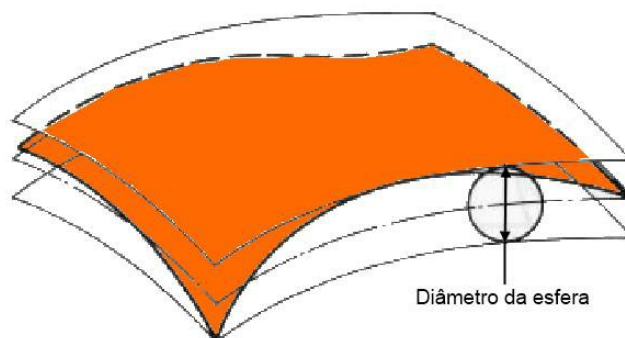


FIGURA 8.17 Tolerância de forma da superfície qualquer.

Exemplos: Peças de Automóvel (portas, paralamas, capota, superfície do faro, lateral e etc.)



FIGURA 8.18 Exemplos de uso do controle de superfície qualquer.

Exemplo: Hélice de Aerogerador – Bahrain World Trade Center.



FIGURA
8.19

8.19 - Aerogerador do Bahrain World Trade Center.

Principais Causas:

- Erros de forma na ferramenta de estampagem;
- Posicionamento de ferramenta de estampagem;
- Programação da máquina CNC para peças usinadas;
- Falta de rigidez da fixação do material na máquina.

Quando especificar?

Sempre que a falta da tolerância da superfície comprometer o funcionamento a peça ou do conjunto de peças.

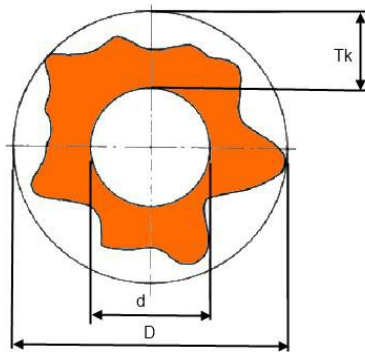
Automóveis (portas, paralamas e etc.) - um erro pode impedir a montagem do mesmo ou causar um problema estético no encontro de peças vizinhas.

Asas e Hélices - sempre para que elas tenham o desempenho aerodinâmico esperado.

Cames - a diferença da forma de um came pode fazer com que o mecanismo não funcione, como por exemplo falta de curso, ou funcione com problemas, quando são causados saltos ou choques devido a perda de contacto do seguidor com o came devido a mudanças de geometria bruscas, que causam altas acelerações.

8.2.5-Diferença de forma do Circulo (Circularidade) – [Tc]

É a diferença de dois diâmetros de dois círculos concêntricos, entre os quais deve estar contida a superfície real. Assim, a diferença admissível é o dobro da tolerância de forma $\diamond T_c = 2T_k$.



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

FIGURA 8.20 Tolerância do círculo.

Exemplo: Peças Trianguladas

A figura 8.21 (a) mostra uma forma triangulada da peça torneada causada pela fixação da mesma pelas três castanhas da placa. A figura 8.21 (b) mostra uma peça com falta de circularidade causada pela vibração do conjunto torno-ferramenta-peça.

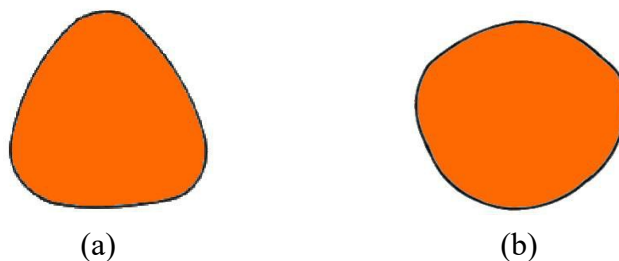


FIGURA 8.21 Exemplos falta de circularidade (a) triangulada (b) aleatória

Principais Causas:

- Erros de fixação da peça ou da ferramenta;
- Folgas no eixo da máquina;
- Falta de rigidez do conjunto peça e ferramenta

Avaliação: Medidas em diferentes pontos do círculo com relógio comparador.

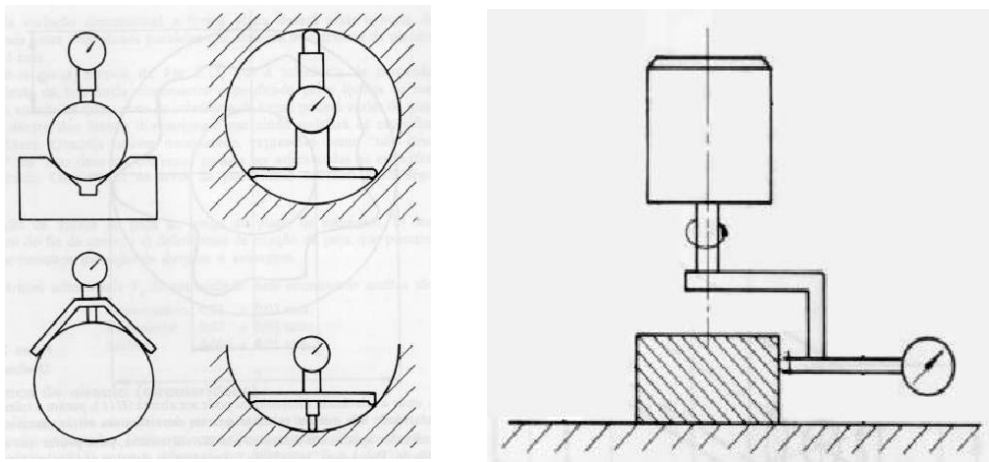


FIGURA 8.22 Avaliação da circularidade de uma superfície.

Quando especificar?

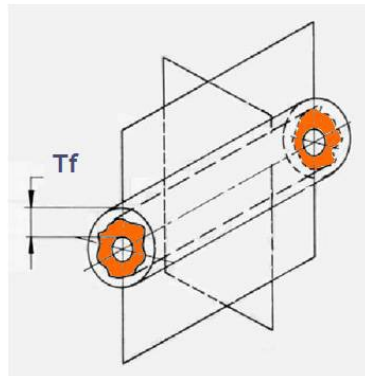
Sempre que a falta da tolerância da superfície comprometer o funcionamento a peça ou do conjunto de peças.

- **Eixos ou Furos Ajustados** - o desvio pode impedir que o eixo seja montado, tenha a folga especificada ou possa ser fixo por interferência.

- **Peças Rotativos** - O desvio de circularidade pode fazer com que ocorra vibração devido ao desbalanceamento.(Eixos, Engrenagens, Polias, Rodas e etc.)

8.2.6-Diferença da forma do Cilíndrica (Cilindricidade) – [Tz]

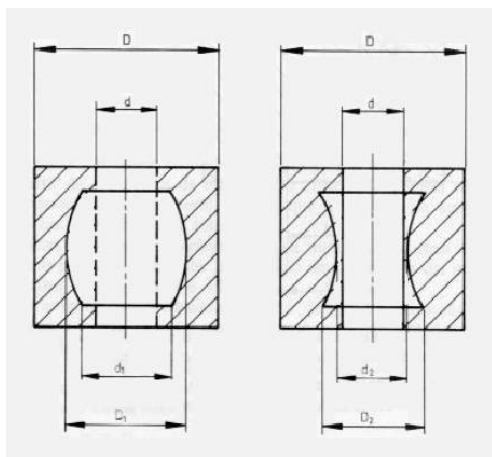
É a diferença de dois diâmetros de dois cilindros concêntricos, entre os quais deve estar contida a superfície cilíndrica real. Assim, a diferença admissível é o dobro da tolerância de forma \diamond
 $T_z = 2T_f$.



$$T_z = 2 \times T_f$$

FIGURA 8.23 Tolerância da forma cilíndrica.

Exemplos: Convexidade [Tzo] e Concavidade [Tzn]

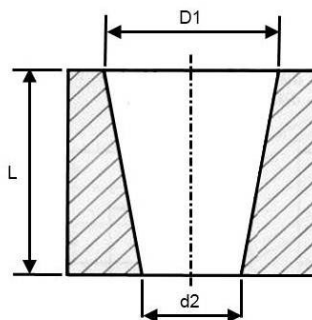


$$T_{zo} \text{ e } T_{zn} = (D1 - d1)$$

D1 -> diâmetro maior
d1 -> diâmetro menor

FIGURA 8.24 Convexidade e Concavidade

Exemplo: Conicidade [Tzc]



$$T_{zc} = (D1 - d2) / L$$

D1 -> diâmetro maior
d2 -> diâmetro menor
L -> comprimento
/ -> em

FIGURA 8.25 Conicidade.

Principais Causas:

- Folgas na máquina;
- Desalinhamentos (contra-ponta, guias e etc.);
- Problemas de fixação da peça ou ferramenta (mandril, placas, castanhas, morsa e etc.);

Avaliação: Medidas em diferentes pontos do círculo com relógio comparador. Logitudinalmente avalia-se conicidade, convexidade e concavidade. Transversalmente avalia-se circularidade.

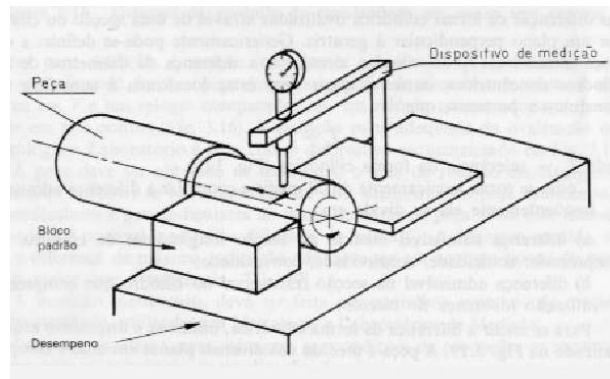


FIGURA 8.20 Avaliação da cilindridade de uma superfície.

Quando especificar?

Sempre que a falta da tolerância desta superfície comprometer o funcionamento a peça ou do conjunto de peças.

- **Peças Rotativas** - O desvio de cilindridade de pode fazer com que ocorra vibração devido ao desbalanceamento.
- **Conjunto Peças Rotativas** - este desvio de pode fazer com que ocorra folga ou interferência para diferentes posições angulares (par de engrenagens – desvios no eixo onde está montada).
- **Guias Cilíndricas** - o desvio de cilindridade de pode fazer com que a guia dificulte ou impeça o movimento de um mancal linear.

8.4. DESVIOS DE POSIÇÃO

São as diferenças de posição linear ou angular de uma superfície em relação a outra. As superfícies podem estar na mesma peça ou peças diferentes;

Os tipos de desvios de forma das superfícies das peças são definidos por norma de acordo com cada tipo de superfície a ser controlada.

Estes desvios devem ser especificados no projeto e precisam ser controlados durante a fabricação das peças para que elas funcionem como esperado.

As tolerâncias geométricas serão sempre limitadas por um volume ou por planos.

8.4.1-Diferença da Posição Angular – $[T\alpha]$

É a diferença entre dois valores de ângulos, máximo e mínimo, onde deve estar contida a superfície real. No exemplo o ângulo da superfície deverá estar entre 80° e $80^\circ 15'$.

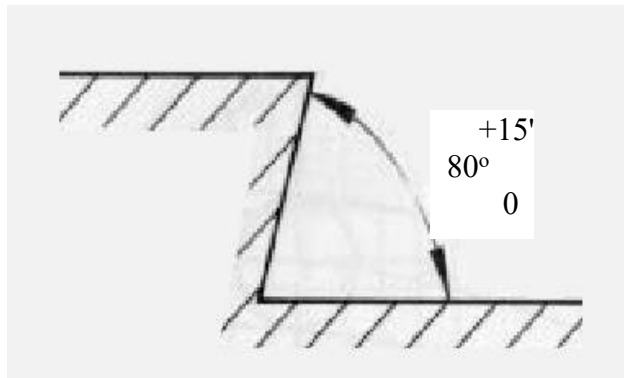


FIGURA 8.27 Tolerância da posição angular.

Representação: é a distância entre dois planos paralelos e inclinados com o ângulo desejado, entre os quais deverá estar contido a superfície real.

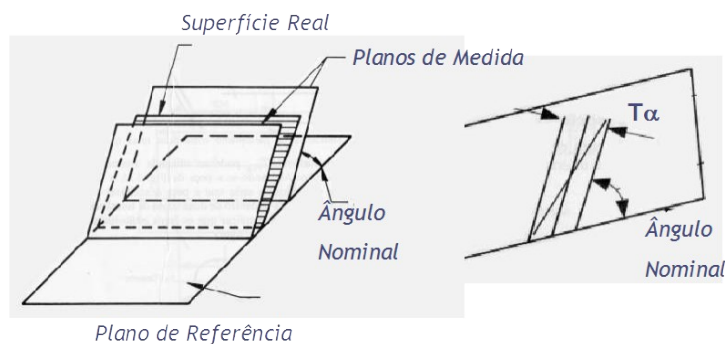


FIGURA 8.28 Tolerância da posição angular.

Avaliação:

As medidas são efetuadas com goniômetros (transferidores), gabaritos, ou calibradores angulares, ou medidas lineares, ou com cilindros e esferas padrão.

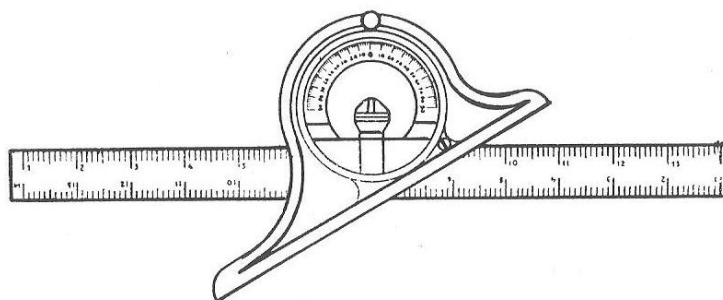


FIGURA 8.29- Avaliação da posição angular - goniômetro

Avaliação:

Medidas efetuadas com uso de cilindros padrão. Em caso de furos cônicos, empregam-se esferas.

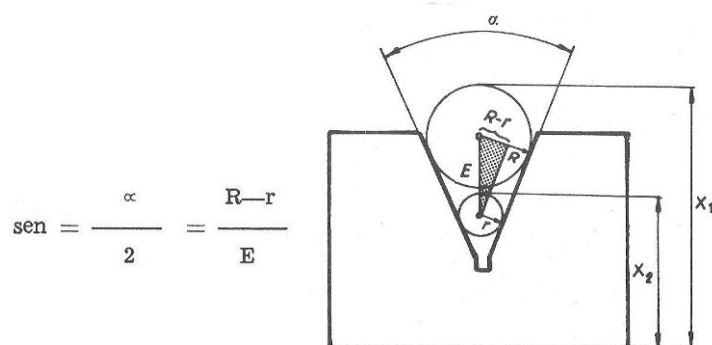


FIGURA 8.30- Avaliação da posição angular – cilindros padrão

Avaliação:

Medidas em guias rabo de andorinha com efetuadas com uso de cilindros padrão.

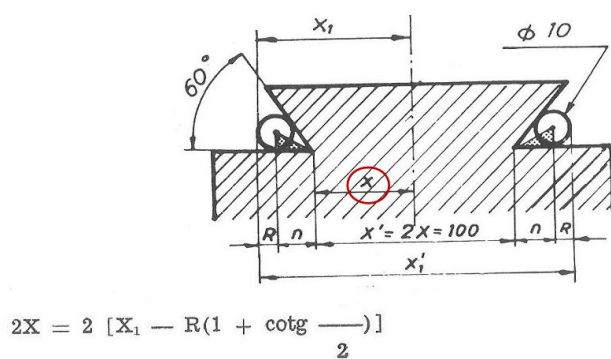


FIGURA 8.31 - Avaliação da posição angular – cilindros padrão

Quando especificar?

Sempre que a falta da tolerância da posição angular comprometer o funcionamento a peça ou do conjunto de peças.

- **Guias deslizantes** - O desvio da posição angular pode fazer com que guias de máquinas não funcionem (rabo de andorinha e rasgos em “T”).

- **Peças estruturais** - Podem comprometer o posicionamento de equipamentos.

8.3.1-Diferença da Posição Paralela (Paralelismo) – [Tp]

É a diferença entre as distâncias máximas e mínimas entre os elementos medidas num comprimento “L”. (entre linhas, planos ou ambos)

$$T_p = (A - B) / L$$

A -> distância maior

B -> distância menor

L -> comprimento

/ -> em

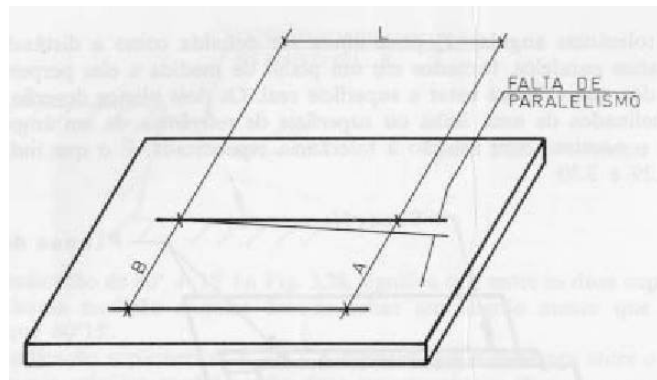
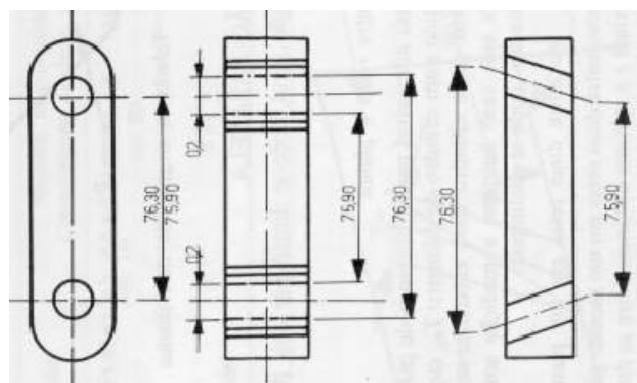


FIGURA 8.32 Tolerância da posição paralela.

a) Diferença da posição paralela entre EIXOS em um PLANO [T_{plr}].



(a)

(b)

FIGURA 8.33 (a) Desenho da peça e (b) peça real com desvio.

(b) Diferença da posição paralela ente EIXOS no ESPAÇO [T_{plr}].

Os eixos estarão paralelos e num plano de referência se o desvio de posicionamento for dentro de duas tolerâncias em X e Y.

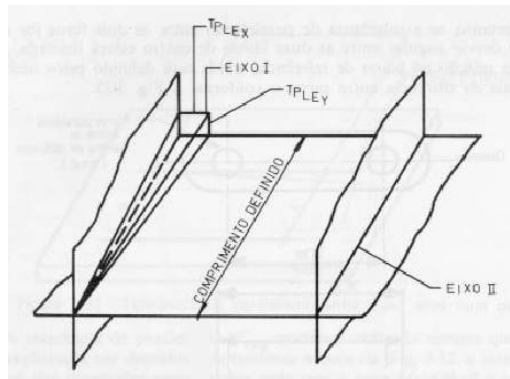


FIGURA 8.34 Tolerância de posicionamento no espaço.

(c) Diferença da posição paralela ente dois PLANOS [T_{pl}].

Os planos estarão paralelos se a diferença entre as distância entre eles em dois pontos de cada plano de referência for menor do que a tolerância especificada.

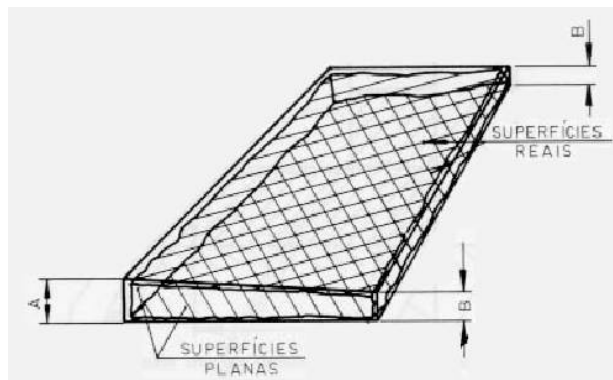
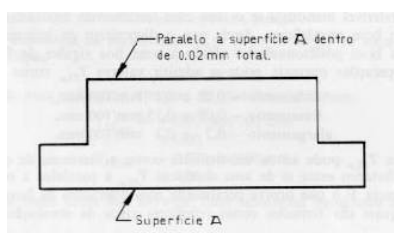
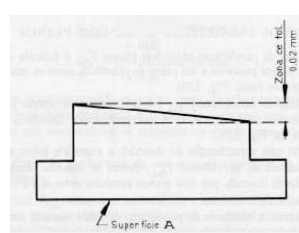


FIGURA 8.35 Tolerância de posicionamento entre dois planos.



(a)



(b)

FIGURA 8.36 (a) Desenho com as especificações e (b) peça real.

Exemplo: Como garantir paralelismo de faces torneadas.

No caso (a) a peça precisa ser virada após o primeiro faceamento enquanto no caso (b) a ferramenta tem espaço para usinar as duas faces sem que a peça precise ser virada.

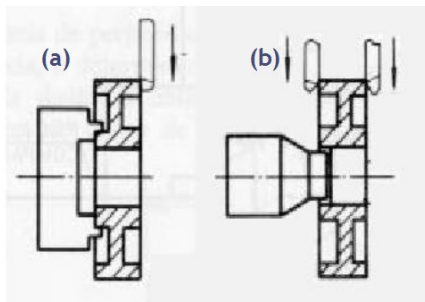


FIGURA 8.37 (a) peça é reposicionada e (b) peça permanece.

Avaliação: Apoiar a peça em um despenho (superfície de referência) e medir em vários pontos com o relógio comparador.

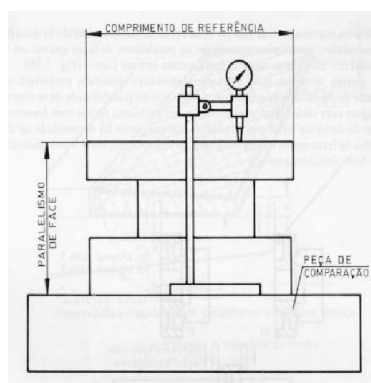


FIGURA 8.38 Avaliação do paralelismo de entre 2 superfícies.

8.3.2-Diferença da Posição Perpendicular (Perpendicularidade)

(a) Entre Duas Retas [Tr]

É a distância entre planos perpendiculares à reta de referência que limitam a região em que outra reta perpendicular deve estar contida.

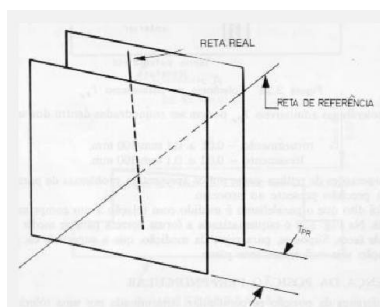


FIGURA 8.39 Tolerância da posição perpendicular de retas.

b) Diferença da Posição Perpendicular – Entre Retas e Plano [Tr]

É o diâmetro de uma região cilíndrica, perpendicular ao plano em que a reta perpendicular deve estar contida.

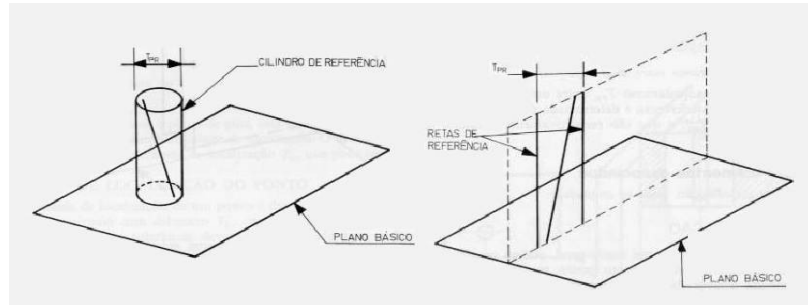


FIGURA 8.40 Tolerância da posição perpendicular entre reta e plano.

8.4 - DESVIOS DE LOCALIZAÇÃO

São as diferenças de localização de um ponto, uma reta ou um plano em relação aos referenciais.

8.4.1 - Diferença da Localização de um Ponto [TL]

É a região limitada por um cilindro em que o ponto deve estar contido.

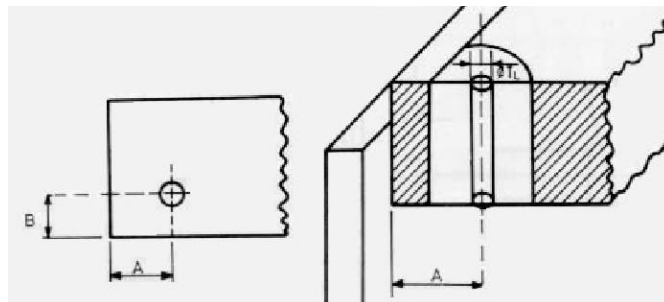


FIGURA 8.41 Tolerância de localização do ponto.

8.4.2-Diferença da Localização da Reta [TL]

É a região limitada por duas retas paralelas em que a reta real deverá estar contida.

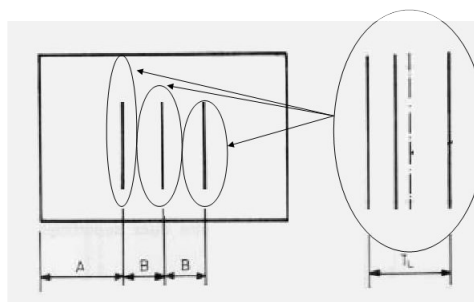


FIGURA 8.42 Tolerância de localização da reta

8.4.3-Diferença da Localização do Plano [TL]

É a região limitada por dois planos paralelos em que o plano real deverá estar contida.

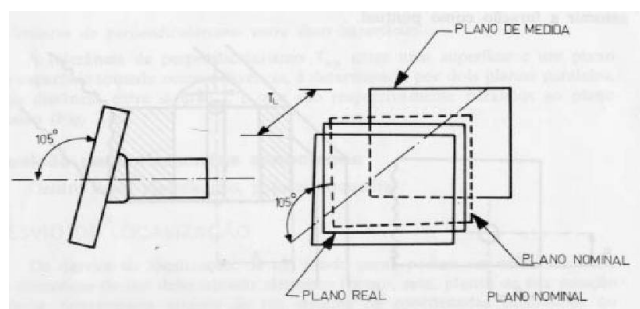


FIGURA 8.43 Tolerância de localização do plano.

8.4.4-Desvio de Simetria [Ts]

É a região limitada por dois planos paralelos em que a linha ou o plano de centro do elemento deverá estar contida.

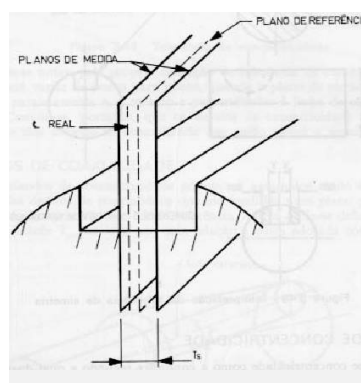


FIGURA 8.44 Desvio de simetria.

Exemplo: Simetria em rasgos de chaveta.

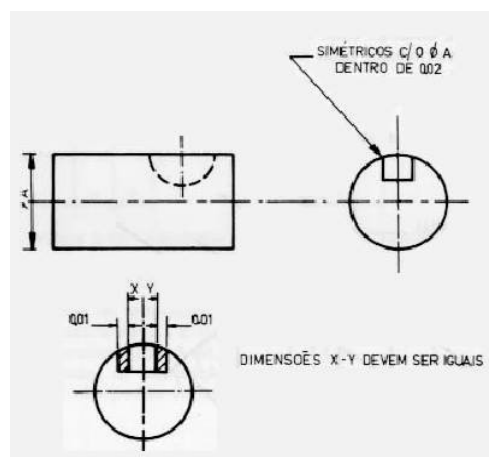


FIGURA 8.45 Desvio de simetria em rasgo de chaveta.

8.4.5-Desvio de Concentricidade [Te]

É a região cilíndrica que deverá conter as duas linhas de centro das superfícies concêntricas.

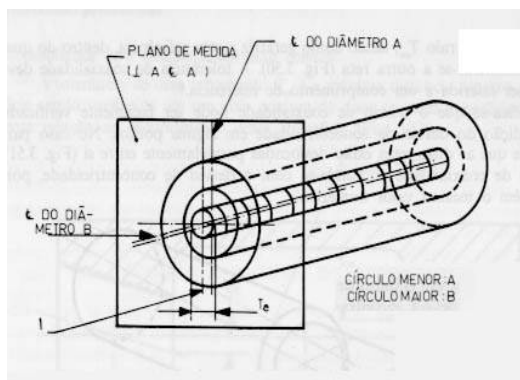


FIGURA 8.46 Concentricidade.

8.4.6-Desvio de Coaxialidade [Tco]

É a região cilíndrica que deverá conter as duas linhas de centro das superfícies coaxiais.

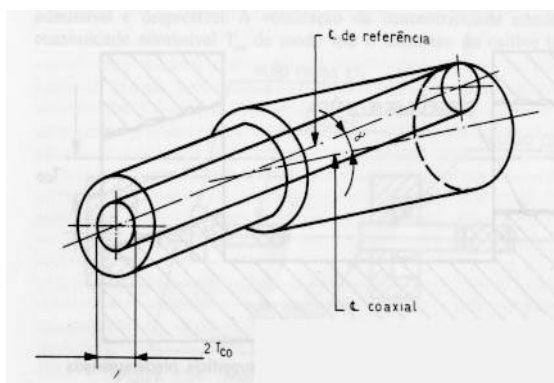


FIGURA 8.47 Coaxialidade

Exemplo: Coaxialidade de furos.

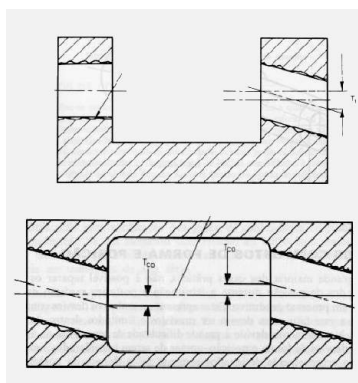


FIGURA 8.48 Desvio de coaxialidade de furos.

8.5- DESVIOS COMPOSTOS DE FORMA E POSIÇÃO (BATIDA)

São a soma dos desvios de forma e posição que ocorrem simultaneamente em uma superfície de revolução, medidos em relação a um eixo ou superfície de referência.

Os desvios de batida englobam diversos tipos de desvios, como por exemplo: circularidade, coaxialidade, excentricidade e outros, mas não permite que o valor de cada desvio seja separado.

São empregados sempre que o tempo para avaliar os diversos desvios separadamente for longo ou exigir equipamentos de alto custo.

8.5.1-Desvio de Batida Radial – $[Tr]$

É a diferença entre as distâncias máximas e mínimas entre os elementos medidos num comprimento “L” após uma rotação da peça. (entre linhas, planos ou ambos)

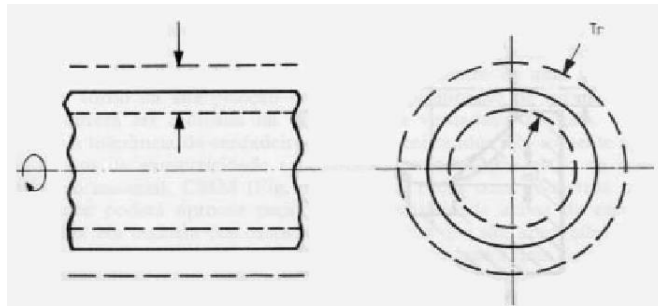


FIGURA 8.49 Desvio de batida radial.

Avaliação: Apoiar a peça entre pontas (superfícies de referências) e medir em vários pontos o deslocamento máximo em uma volta completa com o relógio comparador.

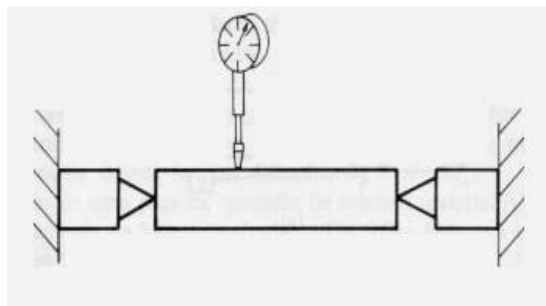


FIGURA 8.50 Avaliação batida radial com peça entre pontas

Avaliação: Apoiar a peça em mancais (a) ou prisma (b) (superfícies de referências) e medir em vários pontos o deslocamento máximo em uma volta completa com o relógio comparador.

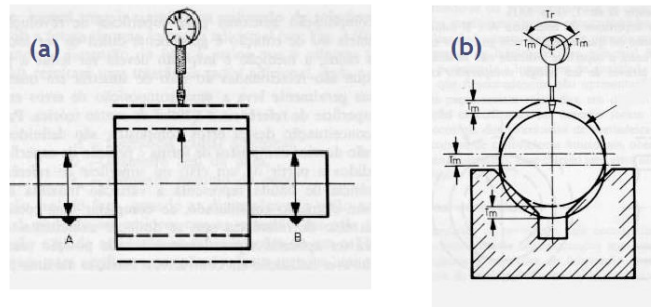


FIGURA 8.51 Avaliação batida radial.

Avaliação: Usando gabaritos (superfícies de referências). Se a peça entrar no gabarito ela será considerada boa, caso contrário ela será considerada refugo.

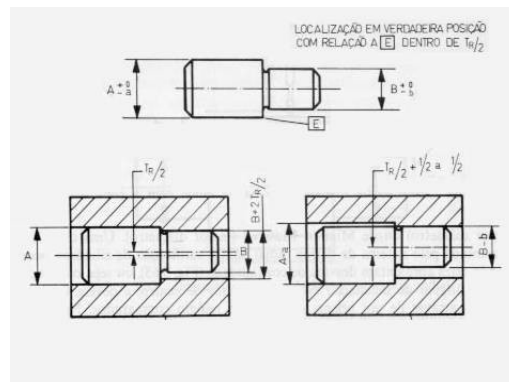


FIGURA 8.52 Avaliação batida radial com gabarito.

Avaliação: Usando gabaritos (superfícies de referências). Se a peça entrar no gabarito ela será considerada boa, caso contrário ela será considerada refugo.

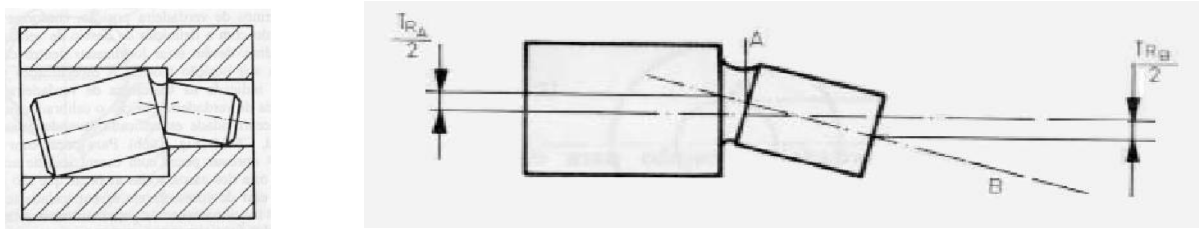


FIGURA 8.53 Avaliação batida radial com gabarito.

8.5.2-Desvio de Batida Axial – [Ta]

É a diferença entre as distâncias máximas e mínimas medidas em na face da peça perpendicular ao seu eixo.

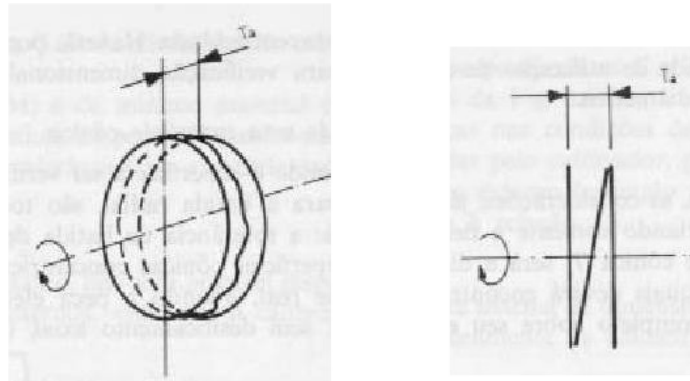


FIGURA 8.54 Desvio de batida axial.

Avaliação: Usando gabaritos (superfícies de referências). Se a peça entrar no gabarito ela será considerada boa, caso contrário ela será considerada refugo

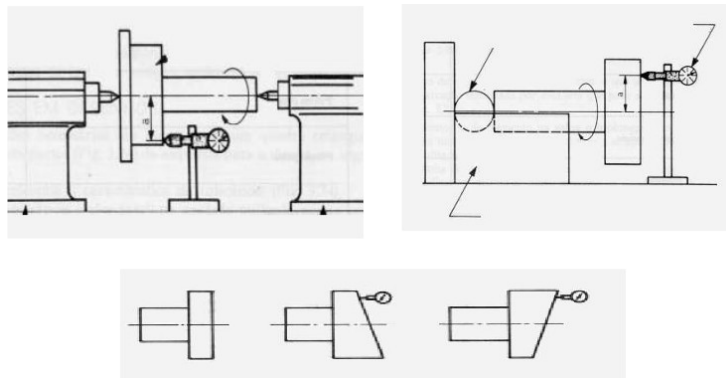


FIGURA 8.55 Desvio de batida axial.

8.5.3-Desvio de Batida Cônica – $[T_a]$

É a diferença entre as distâncias máximas e mínimas medidas na direção perpendicular à superfície cônica da peça.

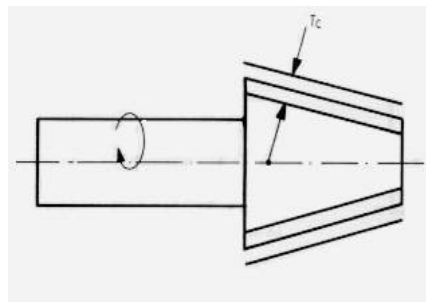


FIGURA 8.56 Desvio de batida cônica.

8.6. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS

Esta representação é necessária nos desenhos para que se possa selecionar os processos e a sequência de sua fabricação afim de que suas tolerâncias possam ser atingidas.

A simbologia é necessária também para a montagem e ajustes de conjuntos de peças em mecanismos ou estruturas para que elas funcionem na posição correta.

A simbologia deve conter todas as informações necessárias para que a peça tenha a qualidade desejada.

8.6.1-Simbologia e indicações no desenho com campo de referência.

Para cada tolerância a ser controlada é necessário informar: o tipo de tolerância, o seu valor, a superfície a ser controlada e a superfície ou o eixo de referência.

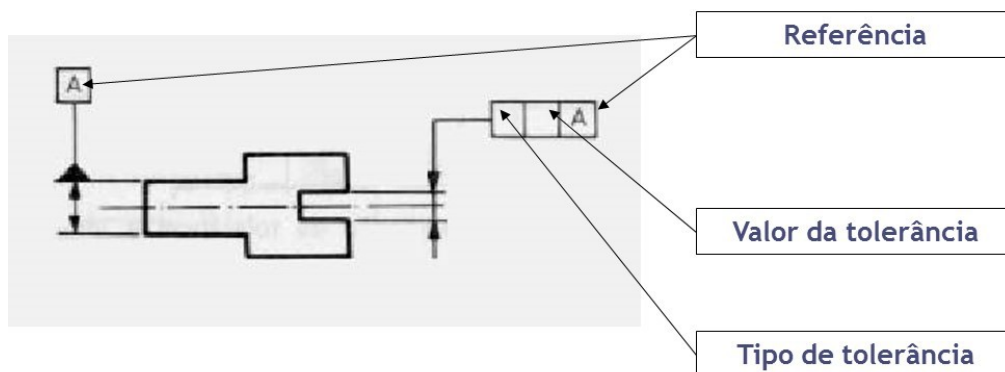


FIGURA 8.57 Simbologia com campo de referência

8.6.2-Indicação de Superfície a ser Controlada.

A indicação é efetuada por uma seta APONTANDO para a superfície a ser controlada, linha de chamada, eixo ou cota. Fig.8.58(a)

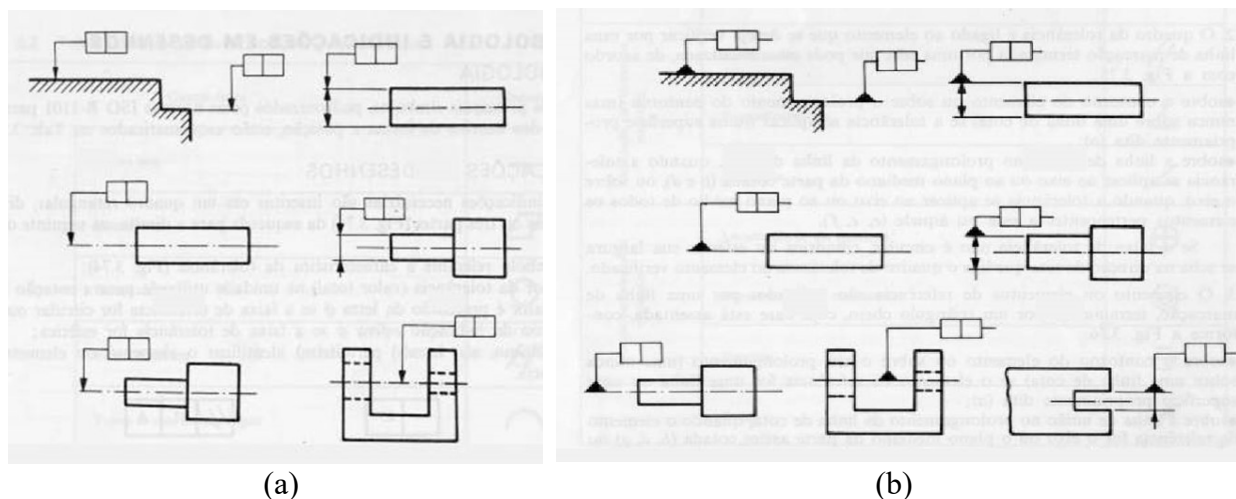


FIGURA 8.58 Indicação de superfícies a ser (a) controlada (b) referência.

8.6.2-Indicação de Superfície de Referência.

A indicação é efetuada por uma seta SAINDO da superfície referência, linha de chamada, eixo ou cota. Fig.5.8 (b)

8.6.3-Símbolos das Tolerâncias Geométricas.

Tabela 8.1 -Símbolos para designar os desvios geométricos.

Característica		Símbolo
Forma para elementos isolados	Forma reta	—
	Forma plana	
	Forma circular	○
	Forma cilíndrica	
	Forma de uma linha qualquer	⌒
	Forma de uma superfície qualquer	⌒

Orientação para elementos associados	Paralelismo	//
	Perpendicularismo	⊥
	Inclinação	∠
Posição para elementos associados	Localização de um elemento	⊕
	Concentricidade e coaxialidade	⊙
	Simetria	≡
Batida		

Exemplo: Flange

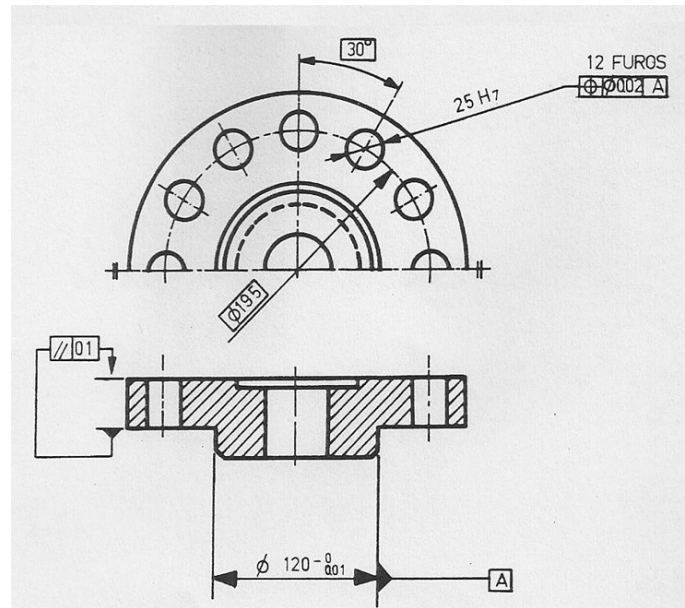


FIGURA 8.59 Indicações de tolerâncias em flange.

Exemplo: Engrenagem de caixa de marcha.

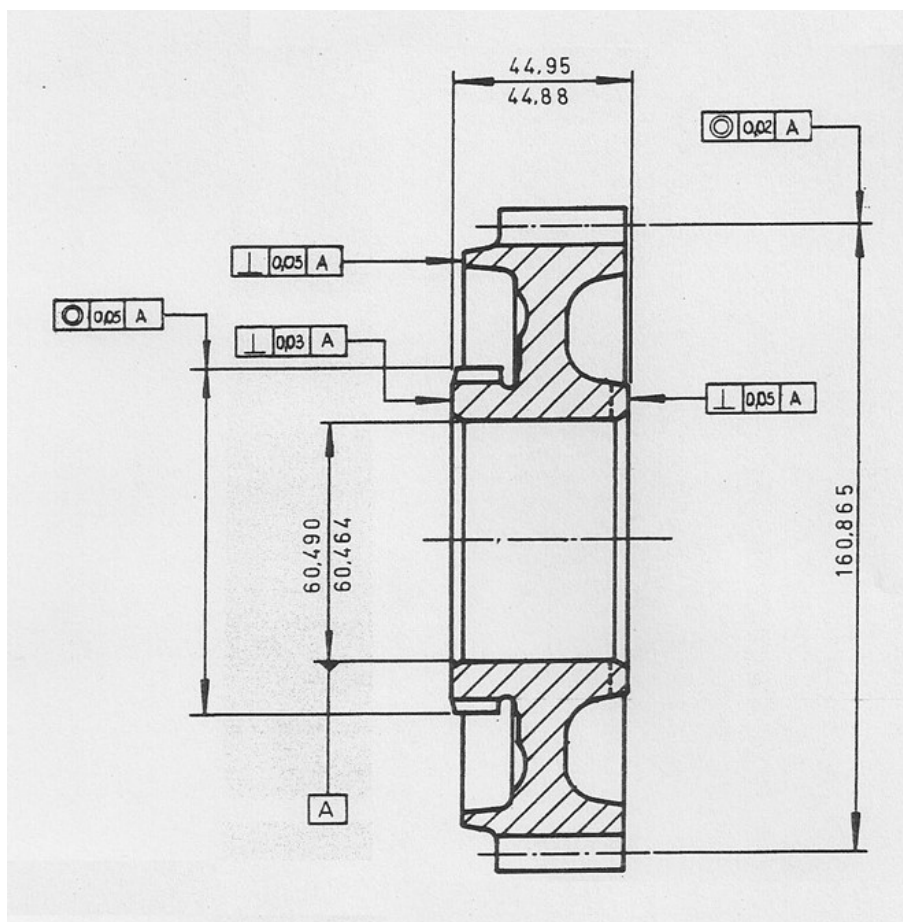


FIGURA 8.61 Indicações de tolerâncias em engrenagem.

Exemplo: Eixo principal de caixa de marcha.

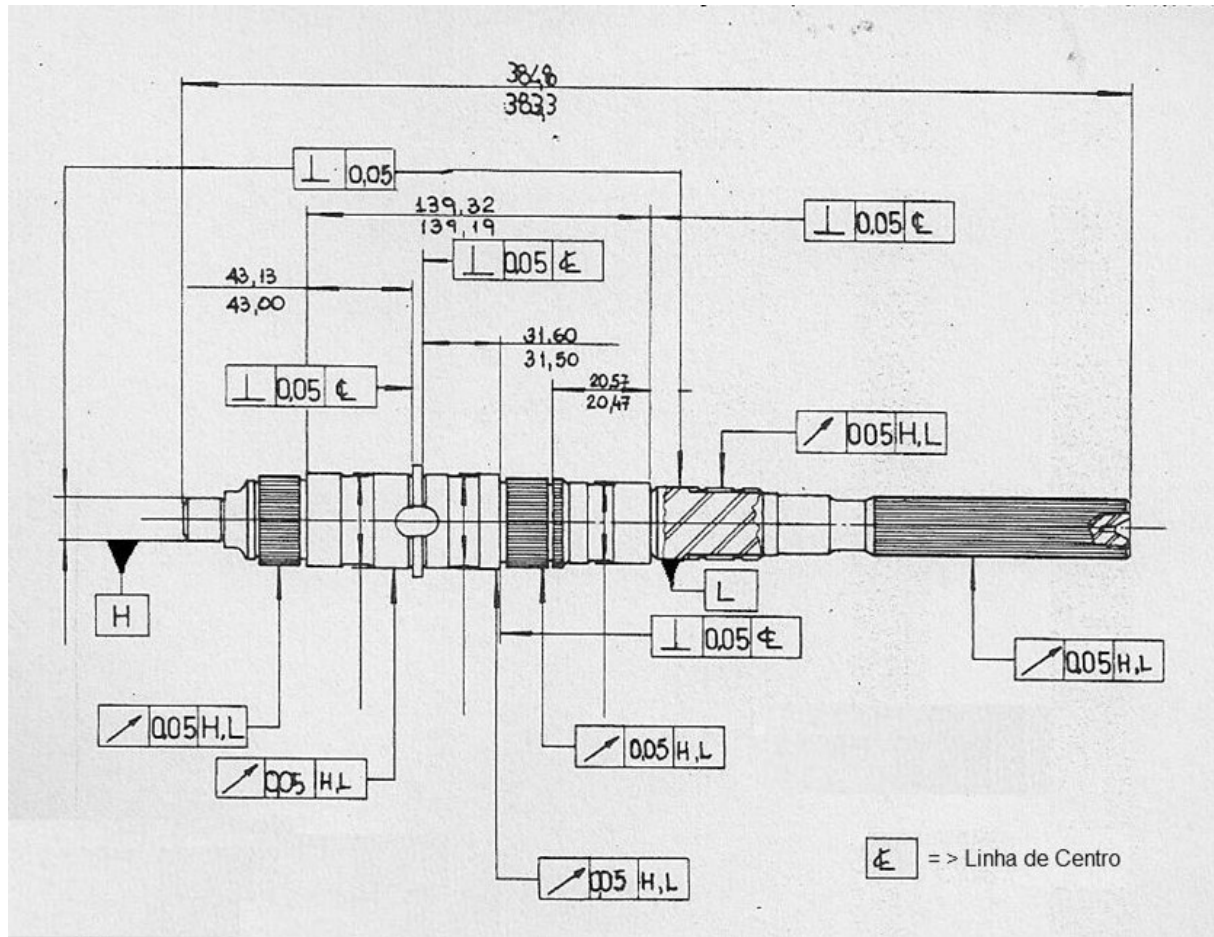


FIGURA 8.62 Indicações de tolerâncias em eixo.

Observações:

- 1) Quando a referência for a linha de centro usa-se um C dentro do L.
- 2) Uma superfície pode precisar ser controlada em relação à duas referências.