

PMR-3101 – INTRODUÇÃO A MANUFATURA MECÂNICA

Aula 2: Tolerâncias e Ajustes

Prof. Delson Torikai

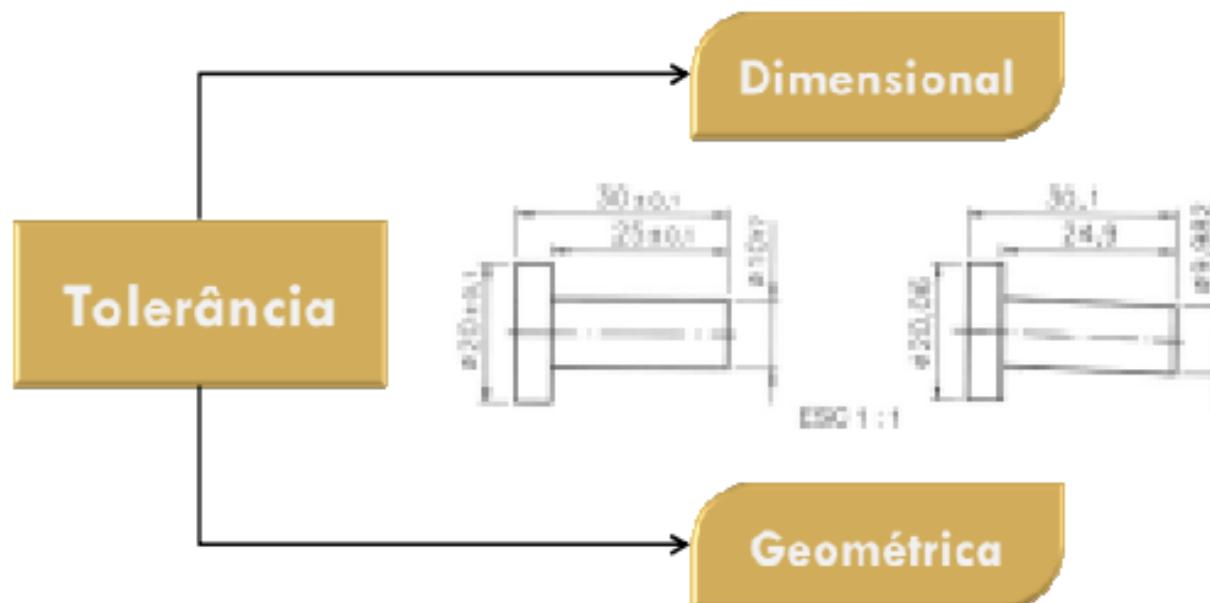
Sala: MS-12

E. mail: delsontorikai@usp.br

Tolerâncias

As medidas das peças têm variabilidade e, dentro de certos limites, a qualidade da peça não é prejudicada.

Tolerância é uma variação permitida da dimensão ou na geometria da peça.



Normas técnicas para tolerâncias

ABNT NBR 14646:2001 - Tolerâncias geométricas - Requisitos de máximo e requisitos de mínimo material: Esta Norma define e descreve o princípio de máximo material e especifica sua aplicação. A utilização do princípio de máximo material facilita a fabricação sem prejuízo da intercambiabilidade onde há uma dependência mútua de dimensão e geometria.

ABNT NBR 14699:2001 - Desenho técnico - Representação de símbolos aplicados a tolerâncias geométricas - Proporções e dimensões: Esta Norma fixa as condições exigíveis de proporções e dimensões para representação gráfica de símbolos de tolerância geométrica em desenho técnico.

ABNT NBR 6158:1995 - Sistema de tolerâncias e ajustes: Esta Norma fixa o conjunto de princípios, regras e tabelas que se aplicam à tecnologia mecânica, a fim de permitir escolha racional de tolerâncias e ajustes, visando a fabricação de peças intercambiáveis.

ABNT NBR 6173:1980 - Terminologia de tolerâncias e ajustes: Esta Norma tem por fim definir os termos técnicos usados na norma de tolerâncias e ajustes.

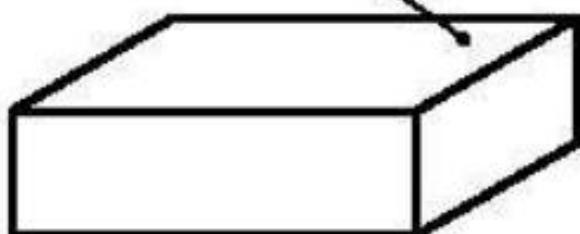
ABNT NBR 6409:1997 - Tolerâncias geométricas - Tolerâncias de forma, orientação, posição e batimento - Generalidades, símbolos, definições e indicações em desenho: Esta Norma estabelece os princípios gerais para indicação das tolerâncias de forma, orientação, posição e batimento, e ainda, as definições geométricas apropriadas.

Normas técnicas para tolerâncias

ABNT NBR ISO 2768-1:2001 - Tolerâncias gerais - Parte 1: Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicação de tolerância individual: Esta parte da NBR ISO 2768 tem como objetivo simplificar as indicações em desenhos e especificar tolerâncias gerais para dimensões lineares e angulares sem indicação individual de tolerância.

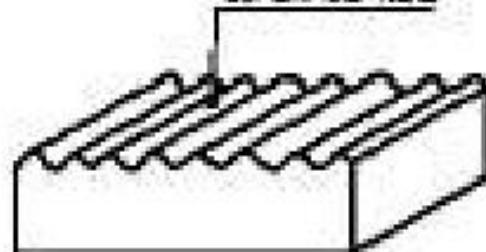
ABNT NBR ISO 2768-2:2001 - Tolerâncias gerais - Parte 2: Tolerâncias geométricas para elementos sem indicação de tolerância individual: Esta parte da ABNT NBR ISO 2768 tem por objetivo simplificar as indicações em desenhos e especificar tolerâncias geométricas gerais para controlar aqueles elementos nos desenhos que não tenham indicação individual de tolerância. Ela especifica tolerâncias geométricas gerais para três classes de tolerâncias.

SUPERFÍCIE GEOMÉTRICA

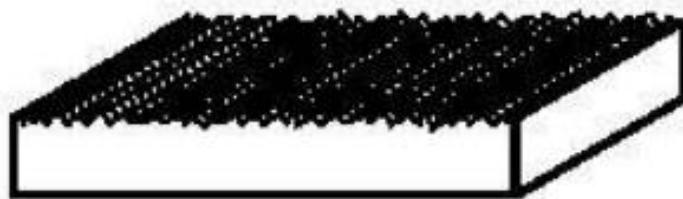


A superfície geométrica é, por definição, perfeita.

SUPERFÍCIE REAL

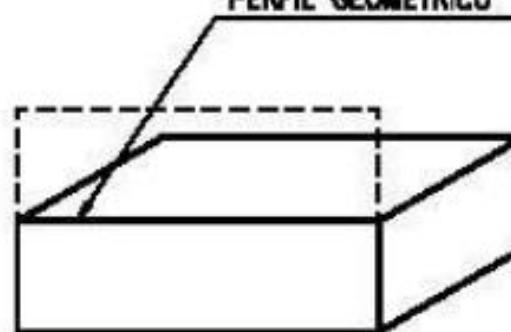


Superfície real, uma herança do método empregado na usinagem.



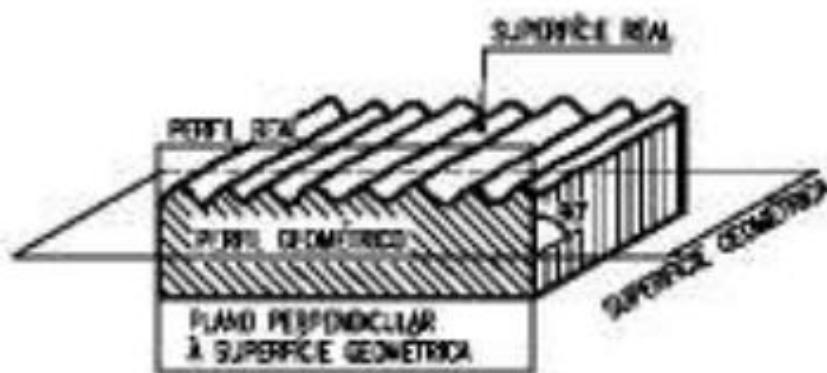
Superfície efetiva apresentada com ampliação por uma impressora.

PERFIL GEOMÉTRICO



O perfil geométrico é, por definição, perfeito.

SUPERFÍCIE REAL



Perfil real, cortado por um plano perpendicular.



**ABNT – Associação
Brasileira de
Normas Técnicas**

Sede:
Rio de Janeiro
Av. Treze de Maio, 13 / 28º andar
CEP 20003-900 – Caixa Postal 1680
Rio de Janeiro – RJ
Tel.: PABX (21) 210-3122
Fax: (21) 220-1762/220-6436
Endereço eletrônico:
www.abnt.org.br

Copyright © 2001,
ABNT–Associação Brasileira
de Normas Técnicas
Printed in Brazil/
Impresso no Brasil
Todos os direitos reservados

FEV 2001

NBR ISO 2768-1

Tolerâncias gerais

Parte 1: Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicação de tolerância individual

Origem: Projeto 04:005.06-017:1999

ABNT/CB-04 - Comitê Brasileiro de Máquinas e Equipamentos Mecânicos

CE-04:005.06 - Comissão de Estudo de Tolerâncias e Ajustes

NBR ISO 2768-1 - General tolerances - Part 1: Tolerances for linear and angular dimensions without individual tolerance indications

Descriptors: Technical drawing. Linear tolerancing. Angular tolerancing.
Tolerancing without indication

Esta Norma é equivalente à ISO 2768-1:1989

Esta Norma cancela e substitui a NBR 6371:1987

Válida a partir de 30.03.2001

Palavras-chave: Desenho técnico. Tolerância dimensional.
Tolerância angular. Definições. Símbolos

5 páginas



Sumário

Prefácio

Introdução

1 Objetivo

2 Generalidades

3 Referências normativas

4 Definições

5 Tolerâncias geométricas gerais

6 Indicação em desenho

ANEXO

A Conceitos relativos às tolerâncias gerais de dimensões lineares e angulares

Prefácio

A ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos ABNT/CB e ABNT/ONS, circulam para Consulta Pública entre os associados da ABNT e demais interessados.

A NBR ISO 2768, com título geral "Tolerâncias gerais", é constituída das seguintes partes:

- parte 1: Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicação em desenho;
- parte 2: Tolerâncias geométricas de forma e posição sem indicação em

desenhos. Esta parte da NBR ISO 2768 contém o anexo A, de caráter informativo .

Introdução

Todos os elementos de partes componentes têm dimensão e forma geométrica. O funcionamento de uma peça necessita que o desvio da dimensão e os desvios das características geométricas (forma, orientação e posição) sejam limitados, uma vez que quando excedidos podem dificultar o seu funcionamento.

Generalidades

Ao escolher a classe de tolerância, deve-se levar em consideração a qualidade normal de fabricação. Se forem necessárias tolerâncias menores ou se forem permitidas tolerâncias maiores e mais econômicas para qualquer elemento individual, essas tolerâncias devem ser indicadas junto à dimensão nominal correspondente.

Tolerâncias gerais para dimensões lineares e angulares se aplicam quando desenhos ou especificações associadas referirem-se a esta parte da NBR ISO 2768, de acordo com as seções 4 e 5. Se houver tolerâncias gerais para outros processos de fabricação, conforme especificado em outras normas internacionais, devem ser feitas referências a elas nos desenhos ou nas especificações associadas. Para uma dimensão entre uma superfície não acabada e uma acabada, por exemplo, de partes fundidas ou forjadas para as quais não é indicada diretamente uma tolerância individual, aplica-se a maior das duas tolerâncias gerais, por exemplo, para fundidos ver ISO 8062¹⁾.

Referências normativas

As normas relacionadas a seguir contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem prescrições para esta parte da NBR ISO 2768. As edições indicadas estavam em vigor no momento desta publicação. Como toda norma está sujeita a revisão, recomenda-se àqueles que realizam acordos com base nesta que verifiquem a conveniência de se usarem as edições mais recentes das normas citadas a seguir. A ABNT possui a informação das normas em vigor em um dado momento.

NBR ISO 2768-2:2001 - Tolerâncias gerais - Parte 2 - Tolerâncias geométricas para elementos sem indicação de tolerância individual

ISO 8015:1985 - Technical drawings - Fundamental tolerancing principle

Tolerâncias gerais

Dimensões lineares

Tolerâncias gerais para dimensões lineares são dadas nas tabelas 1 e 2.

**Tabela 1 -Afastamentos admissíveis para dimensões lineares, excetuando cantos quebrados
(raios externos e altura de chanfros, ver tabela 2)**

Dimensões em milímetros

Classe de tolerância		Afastamentos admissíveis para intervalo de dimensões básicas								
		De 0,5 ¹⁾ até 3	acima de 3 até 6	acima de 6 até 30	acima de 30 até 120	acima de 120 até 400	acima de 400 até 1 000	acima de 1 000 até 2 000	acima de 2 000 até 4 000	
Designação	Descrição									
f	fino	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	-	
m	médio	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	± 2	
c	grosso	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	± 2	± 3	± 4	
v	muito grosso	-	$\pm 0,5$	± 1	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$	± 4	± 6	± 8	

¹⁾ Para dimensões nominais abaixo de 0,5 mm, o afastamento deve ser indicado junto à dimensão nominal correspondente.

Tabela 2 - Afastamentos admissíveis para cantos quebrados (raios externos e altura de chanfro):

Dimensões em milímetros

Classe de tolerância		Afastamentos admissíveis para intervalo de dimensões básicas		
Designação	Descrição	de 0,5 ¹⁾ até 3	acima de 3 até 6	acima de 6
f	fino	± 0,2	± 0,5	± 1
m	médio			
c	grosso	± 0,4	± 1	± 2
v	muito grosso			

¹⁾ Para dimensões nominais abaixo de 0,5 mm, o afastamento deve ser indicado junto à dimensão nominal correspondente.

Tabela 3 - Afastamentos admissíveis para dimensões angulares

Classe de tolerância		Afastamentos admissíveis para intervalos de comprimentos, em milímetros, do menor lado do ângulo correspondente				
Designação	Descrição	até 10	acima de 10 até 50	acima de 50 até 120	acima de 120 até 400	acima de 400
f	fino	± 1°	± 0°30'	± 0°20'	± 0°10'	± 0°5'
m	médio					
c	grosso	± 1°30'	± 1°	± 0°30'	± 0°15'	± 0°10'
v	muito grosso	± 3°	± 2°	± 1°	± 0°30'	± 0°20'



**ABNT – Associação
Brasileira de
Normas Técnicas**

Sede:
Rio de Janeiro
Av. Treze de Maio, 13 28º andar
CEP 20003-900 – Caixa Postal 1680
Rio de Janeiro – RJ
Tel.: PABX (021) 210-3122
Fax: (021) 220-1762/220-6436
Endereço eletrônico:
www.abnt.org.br

Copyright © 2001,
ABNT–Associação Brasileira
de Normas Técnicas
Printed in Brazil/
Impresso no Brasil
Todos os direitos reservados

FEV 2001

NBR ISO 2768-2

Tolerâncias gerais

Parte 2: Tolerâncias geométricas para elementos sem indicação de tolerância individual

Origem: Projeto 04:005.06-018:2000

ABNT/CB-04 - Comitê Brasileiro de Máquinas e Equipamentos Mecânicos

CE-04:005.06 - Comissão de Estudo de Tolerâncias e Ajustes

NBR ISO 2768-2 - General tolerances - Part 2: Geometrical tolerances for
features without individual tolerance indications

Descriptors: Technical drawing. Linear tolerancing. Angular tolerancing.

Tolerancing without indication

Esta Norma é equivalente à ISO 2768-2:1989

Esta Norma cancela e substitui a NBR 6371:1987

Válida a partir de 30.03.2001

Palavras-chave: Desenho técnico. Tolerância dimensional.
Tolerância angular. Definições. Símbolos

9 páginas

Tolerância geométrica

São quatro tipos: de forma, de orientação, de posição e de batimento

Tolerância geométrica de forma

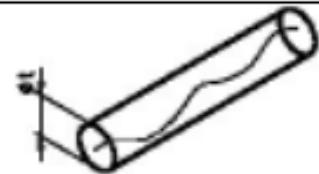
Característica	Símbolo	Item norma
Retitude	—	5.9.1
Planeza		5.9.2
Circularidade		5.9.3
Cilindricidade		5.9.4
Perfil de linha qualquer		5.9.5
Perfil de superfície qualquer		5.9.6

Retitude

É a condição pela qual cada linha deve estar limitada dentro do valor de tolerância especificada.

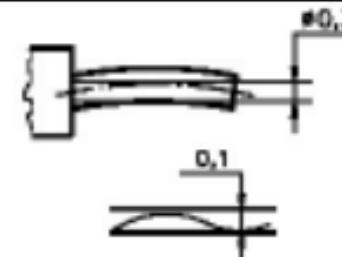
Se o valor da tolerância (t) for precedido pelo símbolo, o campo de tolerância será limitado por um cilindro “ t ”, conforme figura ao lado.

Interpretação: O eixo do cilindro de 20mm de diâmetro deverá estar compreendido em uma zona cilíndrica de 0,3mm de diâmetro.

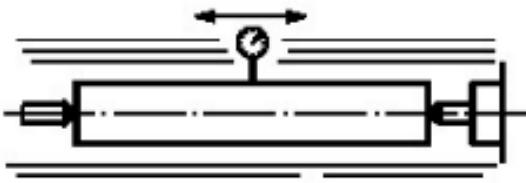


Interpretação: Se a tolerância de retitude é aplicada nas duas direções de um mesmo plano, o campo de tolerância daquela superfície é de 0,5mm na direção da figura da esquerda, e de 0,1mm na direção da figura da direita.

Interpretação: Uma parte qualquer da geratriz do cilindro com comprimento igual a 100mm deve ficar entre duas retas paralelas, distantes 0,1mm.

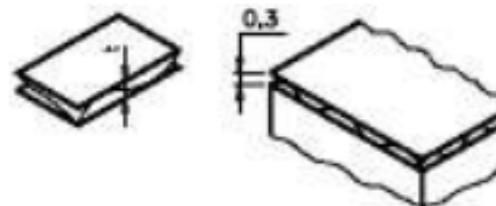


Método de medição da retitude:

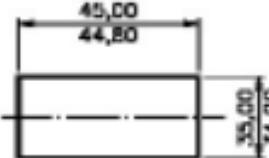
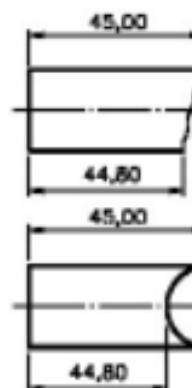
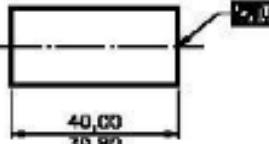
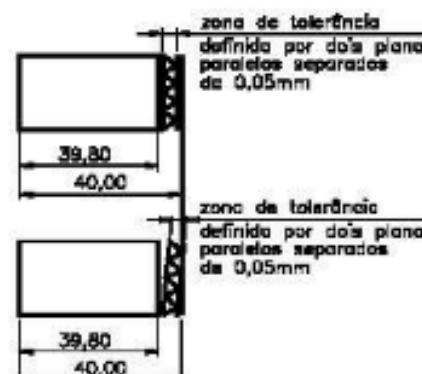


Planeza

É a condição pela qual toda superfície deve estar limitada pela zona de tolerância "t", compreendida entre dois planos paralelos, distantes de "t".



Quando, no desenho do produto, não é especificada a tolerância de planeza, admite-se que ela possa variar desde que não ultrapasse a tolerância dimensional.

Especificação do desenho	Interpretação
	
	

4 Definições

Para os efeitos desta parte da NBR ISO 2768, aplicam-se as definições para tolerâncias geométricas dadas nas ISO 1101 e ISO 5459.

5 Tolerâncias geométricas gerais

(Ver também B.1)

5.1 Tolerância para elemento individual

5.1.1 Retitude e planeza

As tolerâncias gerais para retitude e planeza são dadas na tabela 1. Quando a tolerância for selecionada da tabela 1, deve estar referida ao comprimento da linha correspondente no caso de retitude, no caso da planeza ao maior comprimento lateral da superfície ou do diâmetro quando a superfície for circular.

Tabela 1 - Tolerâncias gerais para

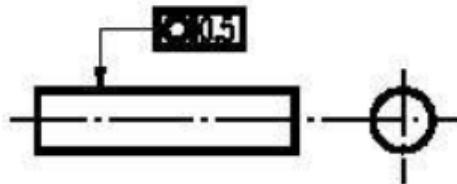
Dimensões em milímetros

Classe de tolerância	Tolerância para retitude e planeza para faixas de dimensões nominais					
	até 10	acima de 10 até 30	acima de 30 até 100	acima de 100 até 300	acima de 300 até 1 000	acima de 1 000 até 3 000
	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4
H	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8
K	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6

¹⁾ Para os efeitos de Norma Brasileira utilizar a NBR 6409:1997 - Tolerâncias geométricas - Tolerâncias de forma, orientação, posição e batimento - Generalidades, símbolos, definições e indicações em desenho.

Circularidade

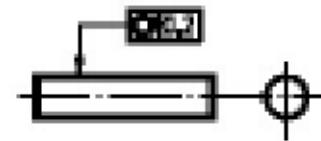
É a condição pela qual qualquer círculo deve estar dentro de uma faixa definida por dois círculos concêntricos, distantes no valor da tolerância especificada.

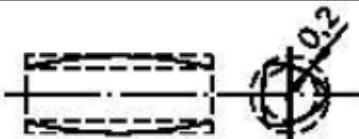


Especificação do desenho	Interpretação
	O campo de tolerância em qualquer seção transversal é limitado por dois círculos concêntricos e distantes 0,5mm.
	O contorno de cada seção transversal deve estar compreendido numa coroa circular de 0,1mm de largura.

Cilindricidade

É a condição pela qual a zona de tolerância especificada é a distância radial entre dois cilindros coaxiais.



Especificação do desenho	Interpretação
	Interpretação: A superfície considerada deve estar compreendida entre dois cilindros coaxiais, cujos raios diferem 0,2mm.

A circularidade é um caso particular de cilindricidade, quando se considera uma seção do cilindro perpendicular a sua geratriz.

A tolerância de cilindricidade engloba:

- Tolerâncias admissíveis na seção longitudinal do cilindro, que compreende conicidade, concavidade e convexidade;
- Tolerância admissível na seção transversal do cilindro, que corresponde a circularidade.

Forma de uma linha qualquer

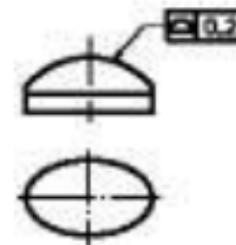
O campo de tolerância é limitado por duas linhas envolvendo círculos cujos diâmetros sejam iguais à tolerância especificada e cujos centros estejam situados sobre o perfil geométrico correto da linha.

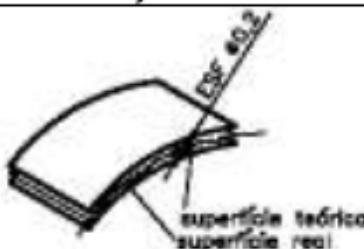


Especificação do desenho	Interpretação
	Em cada seção paralela ao plano de projeção, o perfil deve estar compreendido entre duas linhas envolvendo círculos de 0,4mm de diâmetro, centrados sobre o perfil geométrico correto.

Forma de uma superfície qualquer

O campo de tolerância é limitado por duas superfícies envolvendo esferas de diâmetro igual à tolerância especificada e cujos centros estão situados sobre uma superfície que tem a forma geométrica correta.



Especificação do desenho	Interpretação
	A superfície considerada deve estar compreendida entre duas superfícies envolvendo esferas de 0,2mm de diâmetro, centradas sobre o perfil geométrico correto.

Tolerância geométrica de orientação

Característica	Símbolo	Item norma
Paralelismo	//	5.9.7
Perpendicularidade	⊥	5.9.8
Inclinação	∠	5.9.9

Tolerância geométrica de posição

Característica	Símbolo	Item norma
Posição	○+	5.9.10
Concentricidade	○○	5.9.11
Coaxilidade	/○/	5.9.12
Simetria	---	5.9.13



**ABNT-Associação
Brasileira de
Normas Técnicas**

Sede:
Rio de Janeiro
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar
CEP 20003-900 - Caixa Postal 1680
Rio de Janeiro - RJ
Tel.: PABX (021) 210-3122
Telex: (021) 34333 ABNT - BR
Endereço Telegráfico:
NORMATÉCNICA

Copyright © 1995,
ABNT-Associação Brasileira
de Normas Técnicas
Printed in Brazil/
Impresso no Brasil
Todos os direitos reservados

JUN 1995

NBR 6158

Sistema de tolerâncias e ajustes

Procedimento

Origem: Projeto NBR 6158/1994

CB-04 - Comitê Brasileiro de Máquinas e Equipamentos Mecânicos

CE-04:005.06 - Comissão de Estudo de Tolerâncias e Ajustes

NBR 6158 - System of limits and fits - Procedure

Descriptors: Tolerance. Fit

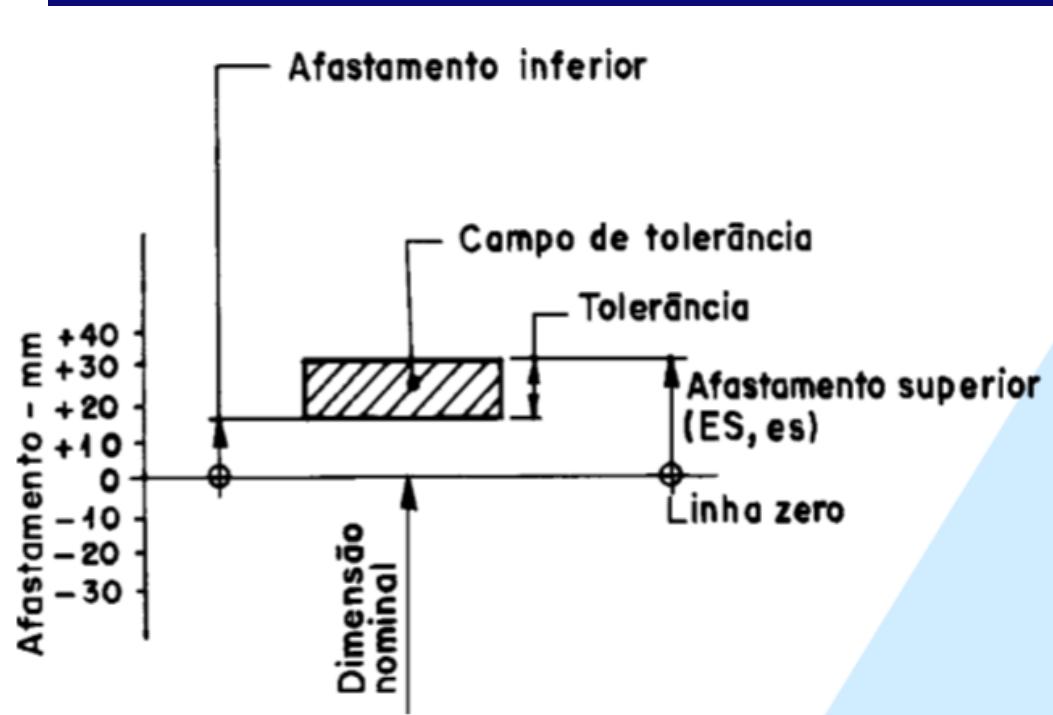
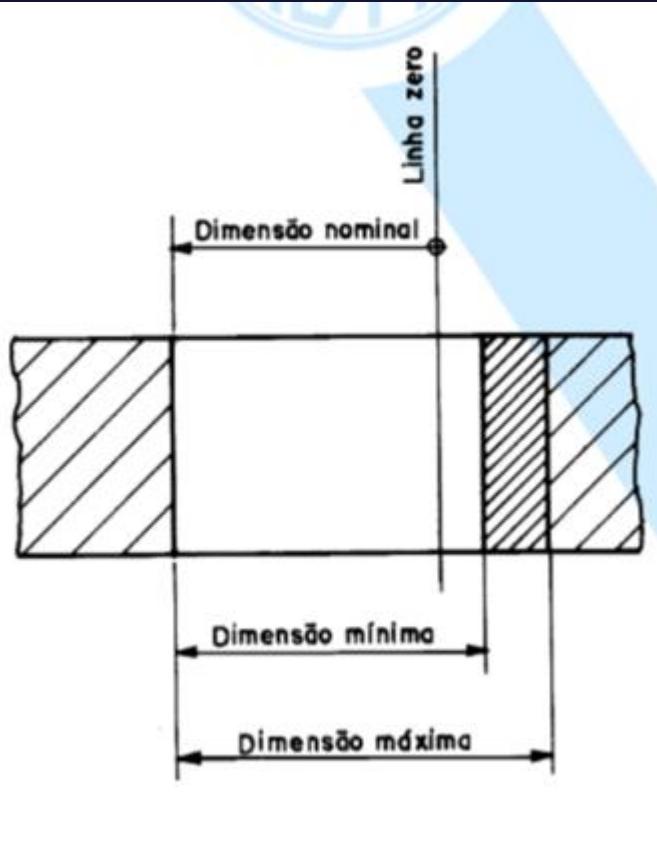
Esta Norma substitui a NB-86/1961 (NBR 6158)

Esta Norma foi baseada na ISO/DIS 286-1 e ISO/DIS 286-2

Válida a partir de 31.07.1995

Palavras-chave: Tolerância. Ajuste

79 páginas



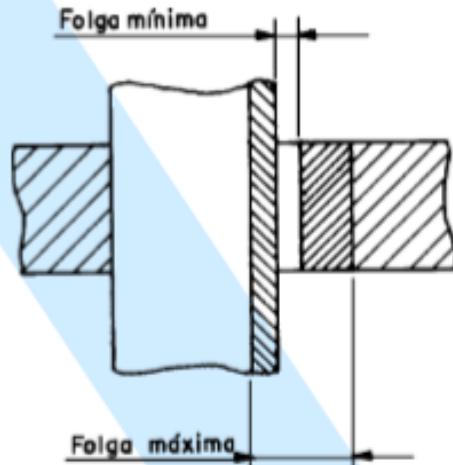


Figura 7 - Ajuste com folga

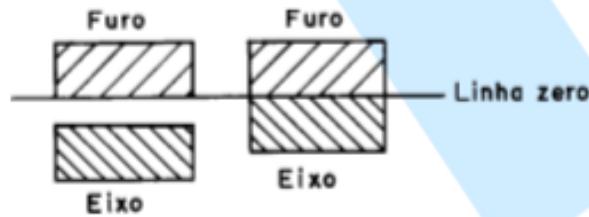


Figura 8 - Representação esquemática de ajuste com folga

3.10.2 Ajuste com interferência

Ajuste no qual ocorre uma interferência entre o furo e o eixo quando montados, isto é, a dimensão máxima do furo é sempre menor ou, em caso extremo, igual à dimensão mínima do eixo (ver Figuras 9 e 10).

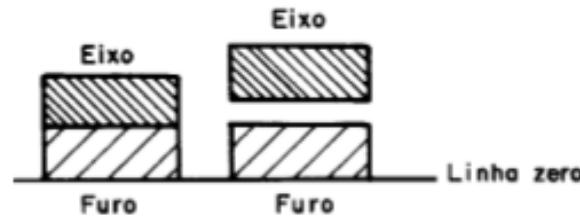


Figura 10 - Representação esquemática de ajuste com interferência

3.10.3 Ajuste incerto

Ajuste no qual pode ocorrer uma folga ou uma interferência entre o furo e o eixo quando montados, dependendo das dimensões efetivas do furo e do eixo, isto é, os campos de tolerância do furo e do eixo se sobrepõem parcialmente ou totalmente (ver Figuras 11 e 12).

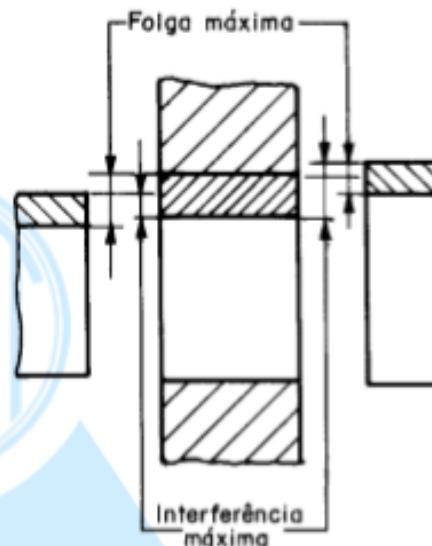
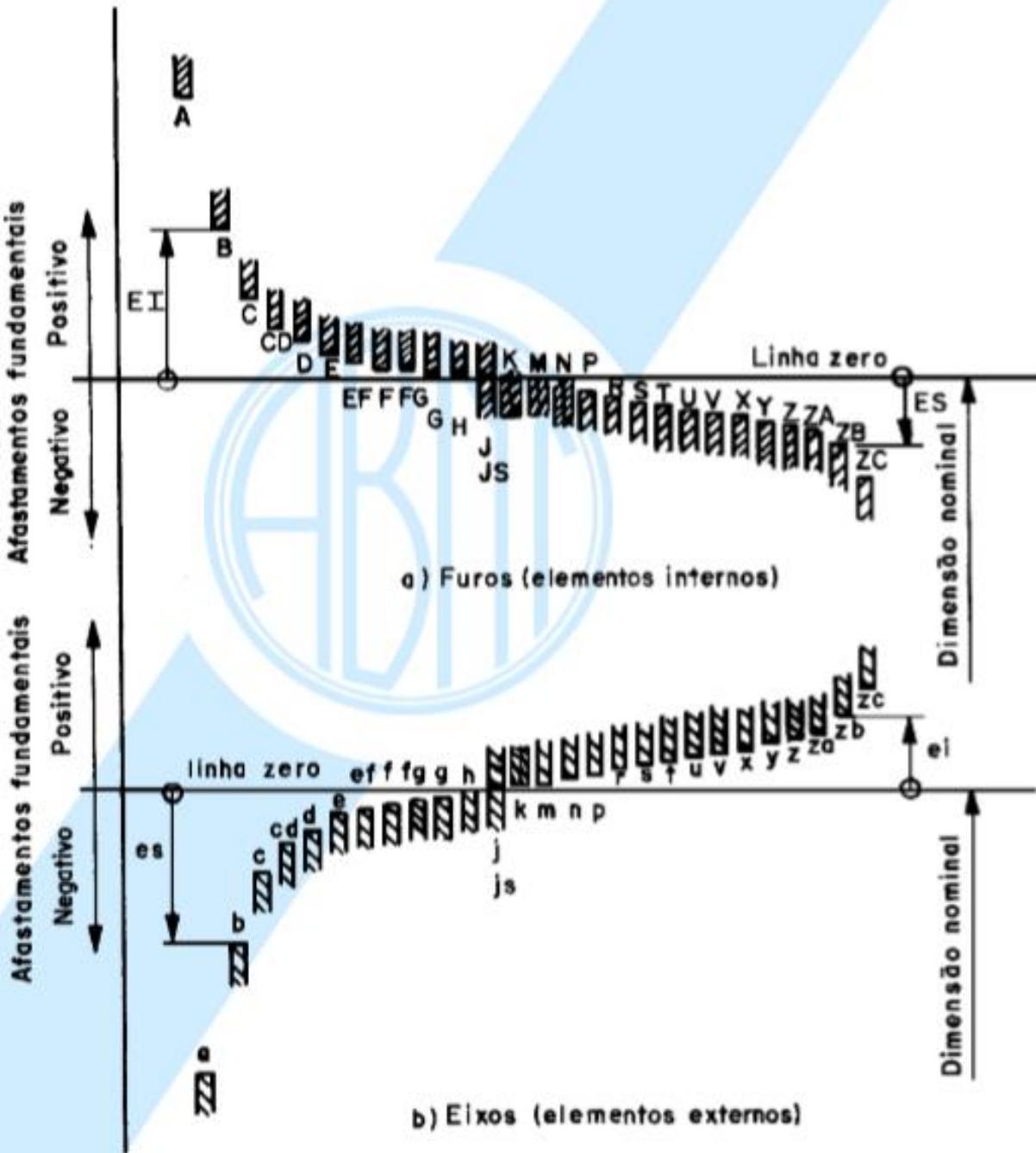
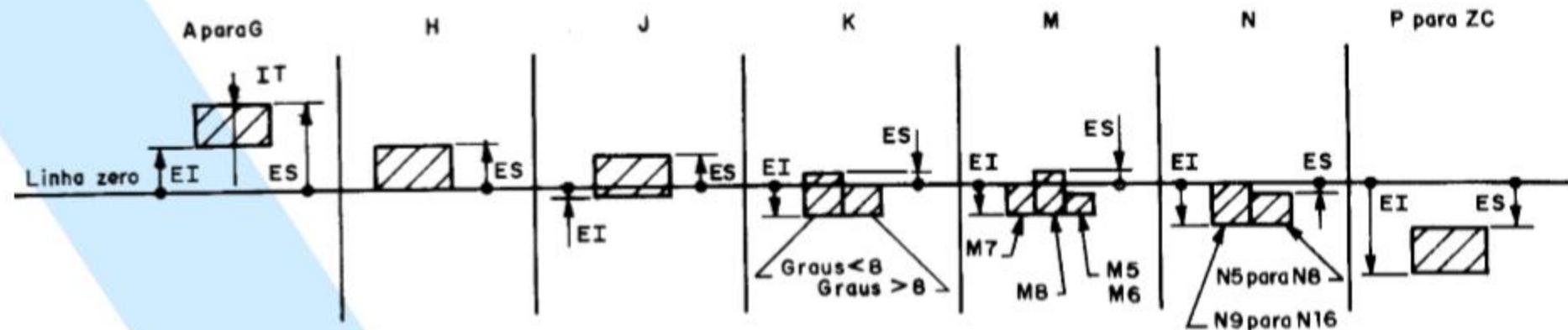


Figura 11 - Ajuste incerto



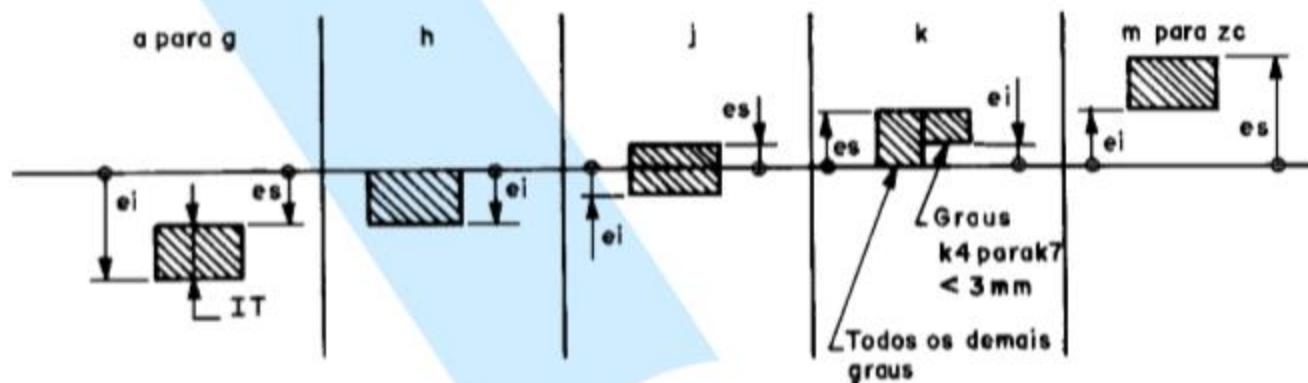
Afastamentos



Nota: $TE - ES = EI + IT$ ou
 $EI = ES - IT$

a) FUROS

Afastamentos



3.7.1 Tolerância-padrão (IT)

Qualquer tolerância pertencente a este sistema.

Nota: As letras do símbolo IT significam International Tolerance.

3.7.2 Graus de tolerância-padrão (IT)

Grupo de tolerância considerado como correspondente ao mesmo nível de precisão para todas as dimensões nominais. Os graus de tolerância-padrão são designados pelas letras IT e por um número (por exemplo: IT7). Quando o grau de tolerância é associado a um afastamento fundamental para formar uma classe de tolerância, as letras IT são omitidas (por exemplo: h7).

Tabela 1 - Valores numéricos de graus de tolerância-padrão IT para dimensões nominais até 3150 mm^(A)

Dimensão nominal (mm)		Graus de tolerância-padrão																	
		IT1 ^(B)	IT2 ^(B)	IT3 ^(B)	IT4 ^(B)	IT5 ^(B)	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14 ^(C)	IT15 ^(C)	IT16 ^(C)	IT17 ^(C)	IT18 ^(C)
Acima	Até e inclusive	(μm)										Tolerância (mm)							
		-	3 ^(C)	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6
3	6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
6	10	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2
10	18	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
18	30	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
30	50	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	3,9
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3	4,6
80	120	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4
120	180	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3

120	180	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3
180	250	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
250	315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
315	400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
400	500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4	6,3	9,7
500	630 ^(B)	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7	11
630	800 ^(B)	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5	8	12,5
800	1000 ^(B)	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14
1000	1250 ^(B)	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5
1250	1600 ^(B)	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5
1600	2000 ^(B)	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
2000	2500 ^(B)	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28
2500	3150 ^(B)	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33

^(A) Os valores para graus de tolerância-padrão IT01 e IT0 para dimensões nominais menores ou igual a 500 mm são dados na Tabela 5.

^(B) Os valores para graus de tolerância-padrão IT1 a IT5 (inclusive) para dimensões nominais acima de 500 mm estão incluídos para uso experimental.

