

PMR 3202

**TOLERÂNCIAS EM
ENGENHARIA MECÂNICA**

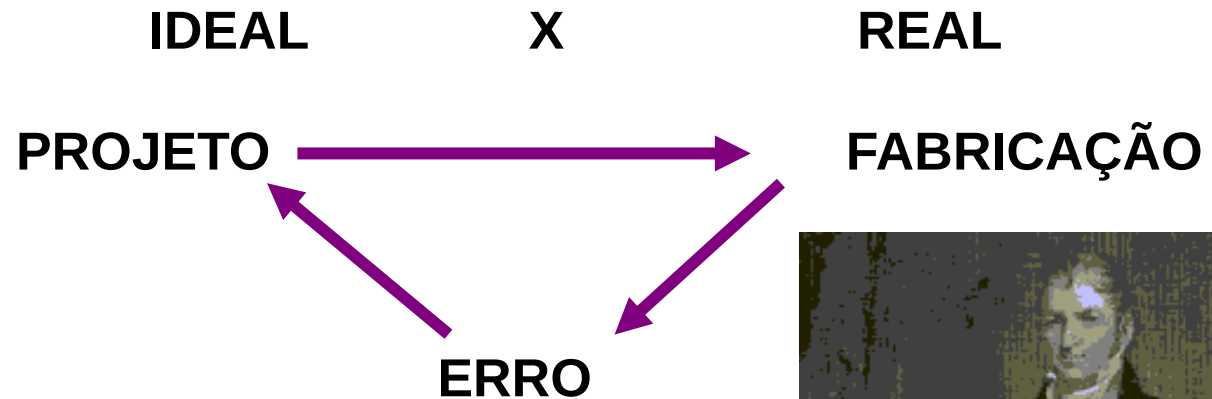
Tolerâncias Dimensionais

Tolerâncias Geométricas

Rugosidade Superficial

Tolerâncias em Projeto e Manufatura Mecânica

1. CONCEITO:



2. O PROCESSO PRODUTIVO:

ATÉ XVIII - ARTESÃO

-CADA EQUIPAMENTO É ÚNICO

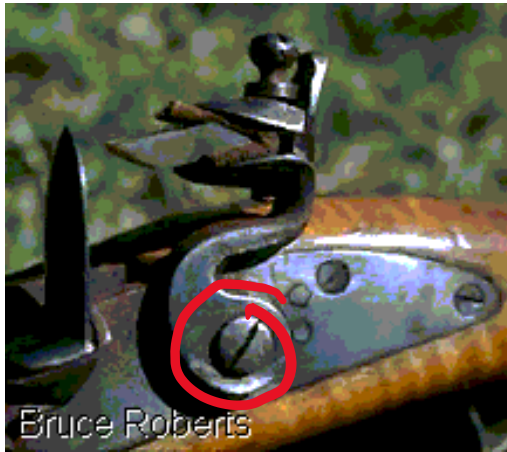
-CADA PEÇA DO CONJUNTO DEVE SER AJUSTADA

1793 - ELI WHITNEY (1765-1825) – INVENTA A DESCAROÇADEIRA DE ALGODÃO



<https://www.youtube.com/watch?v=LiuYxA7JDx4>

1798 - ELI WHITNEY APRESENTA PROPOSTA AO GOVERNO DOS EUA PARA FABRICAÇÃO DE MOSQUETES COM PEÇAS INTERCAMBIÁVEIS



<https://www.youtube.com/watch?v=qyvxFcMSHnQ>

10.000 MOSQUETES FABRICADOS EM HAMDEN - CONNECTICUT

1802 - ELI TERRY - USA OS PRINCÍPIOS DE WHITNEY

IMPLANTA UMA FÁBRICA DE RELÓGIOS EM PLYMOUTH

FABRICAÇÃO ARTESANAL

BAIXA PRODUTIVIDADE

PEÇAS ÚNICAS

EQUIPAMENTOS ÚNICOS

AJUSTES COM CUSTO ELEVADO

FABRICAÇÃO SERIADA

ALTA PRODUTIVIDADE

PEÇAS PADRONIZADAS

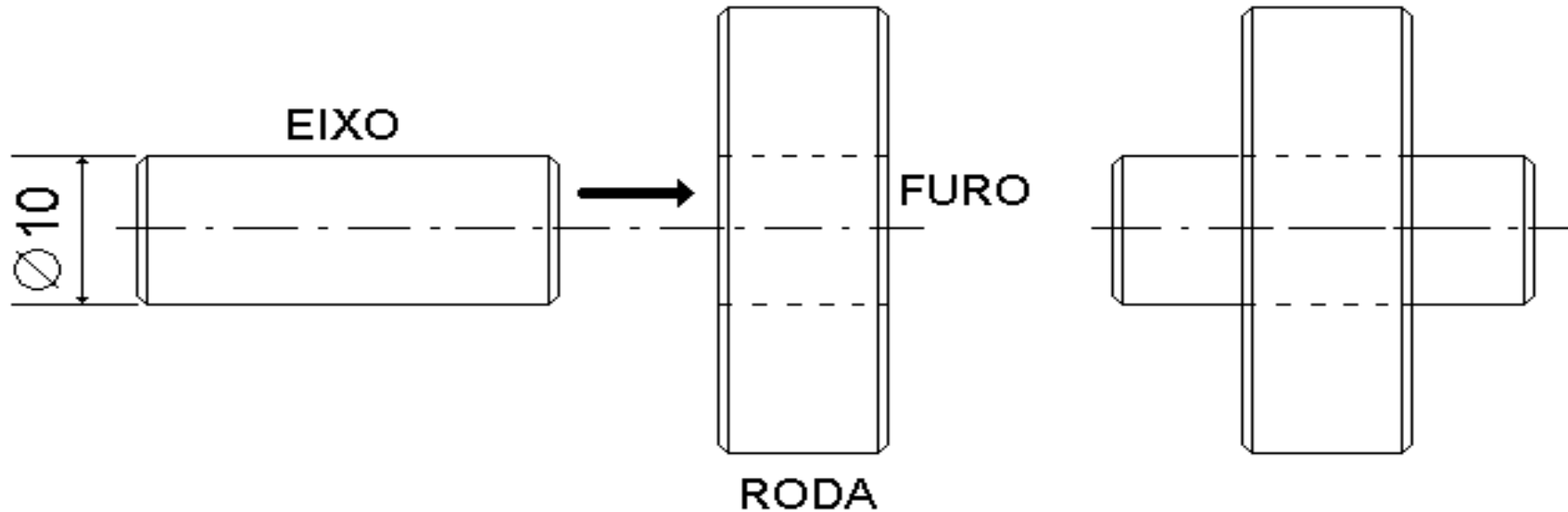
INTERCAMBIABILIDADE

REDUÇÃO DOS CUSTOS, MANTENDO A QUALIDADE



FABRICAÇÃO GLOBALIZADA

DIMENSÕES NOMINAIS (Teóricas) E REAIS



DIÂMETRO NOMINAL (TEÓRICO) DO EIXO - 10 mm

DIÂMETRO REAL (MEDIDO) : 10,05 - 9,98 - 9,95 - 9,90 - 10,10 -.ETC
- **ACEITÁVEL?**

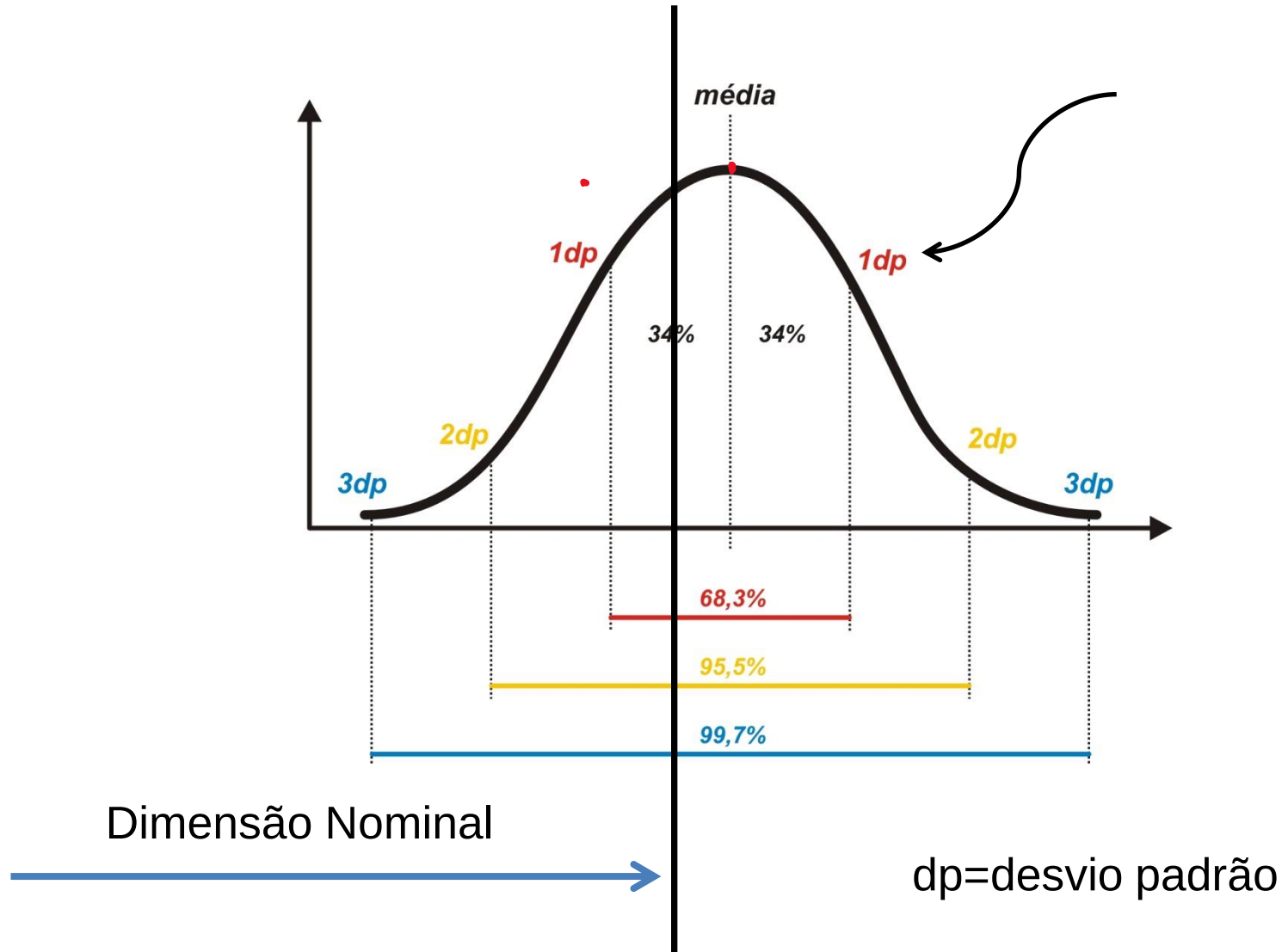
VALORES MÁXIMOS E MÍNIMOS PARA O EIXO E O FURO DA RODA

Fabricação (Usinagem) de peça em máquina de comando numérico



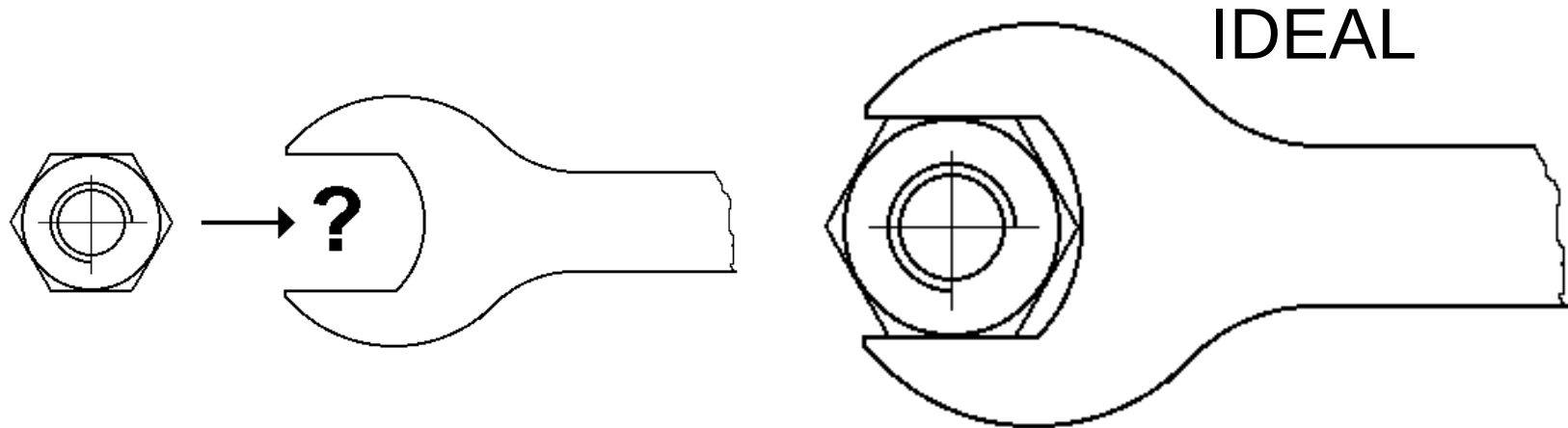
<https://www.youtube.com/watch?v=RfnoAFW2L2c>

Distribuição das Dimensões Reais Fabricadas

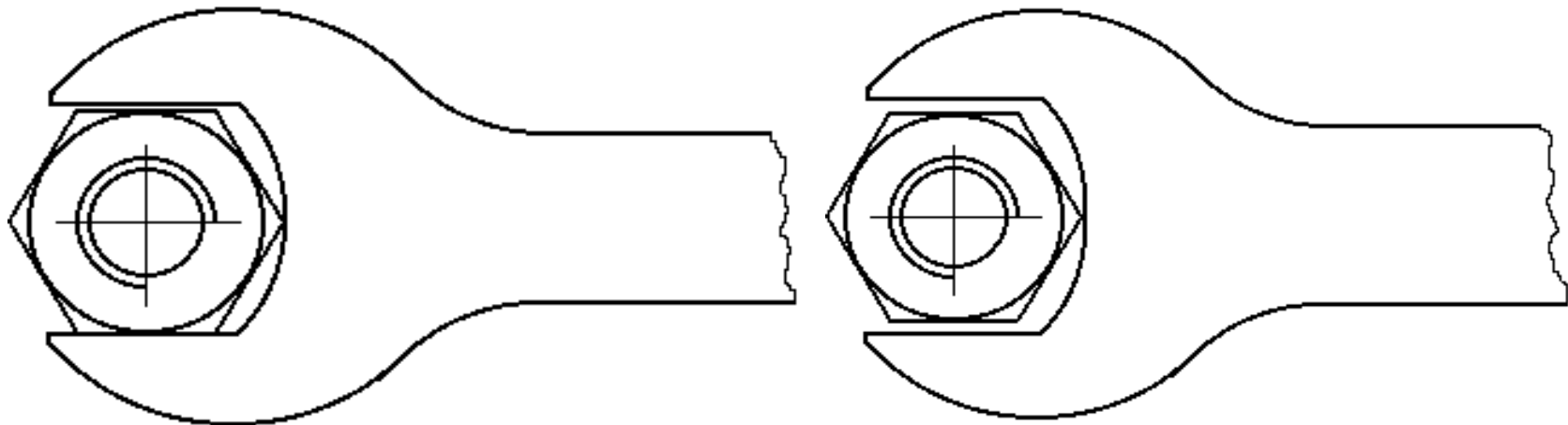


MONTAGEM

COMO GARANTIR A MONTAGEM CORRETA
ENTRA A CHAVE A PORCA?



REAL (PEÇAS FABRICADAS) :

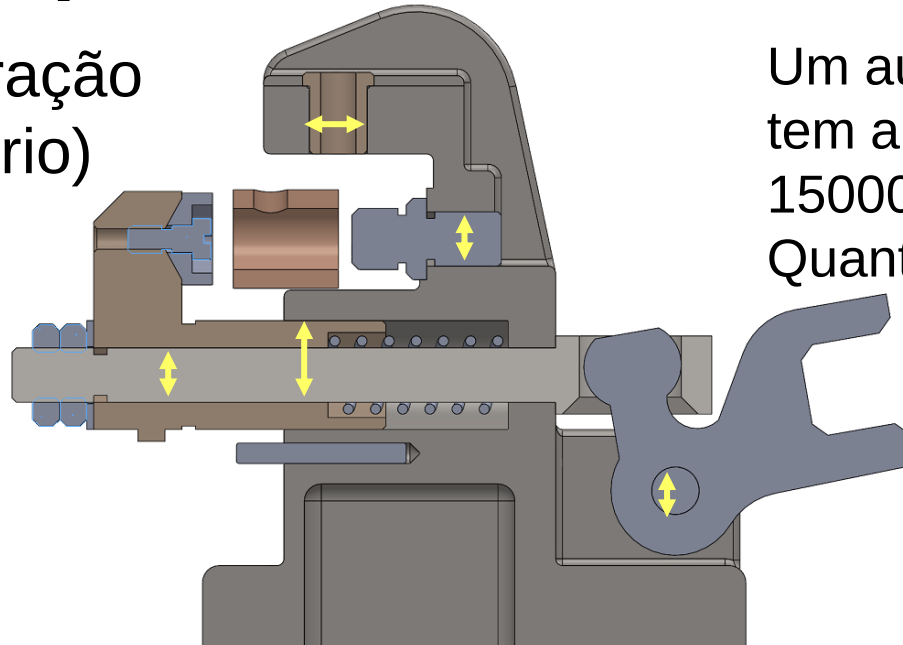


AJUSTE

Relação entre uma dimensão externa e uma dimensão interna (eixo e furo por exemplo) que devem ser montadas

A especificação do AJUSTE entre as peças é fundamental para o funcionamento correto!

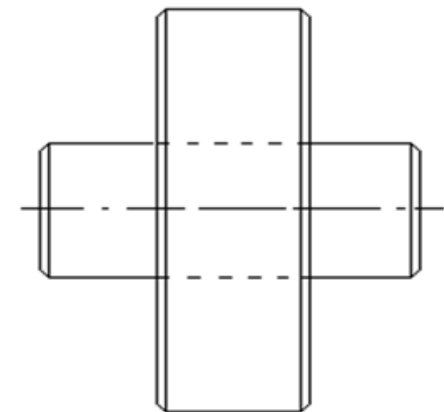
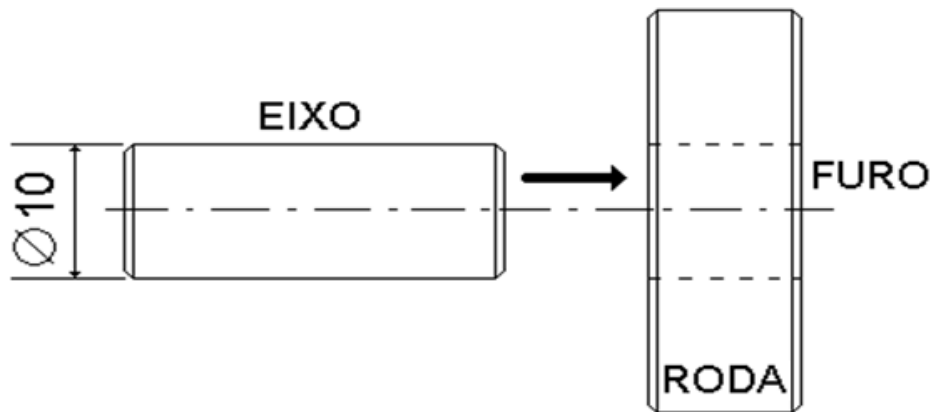
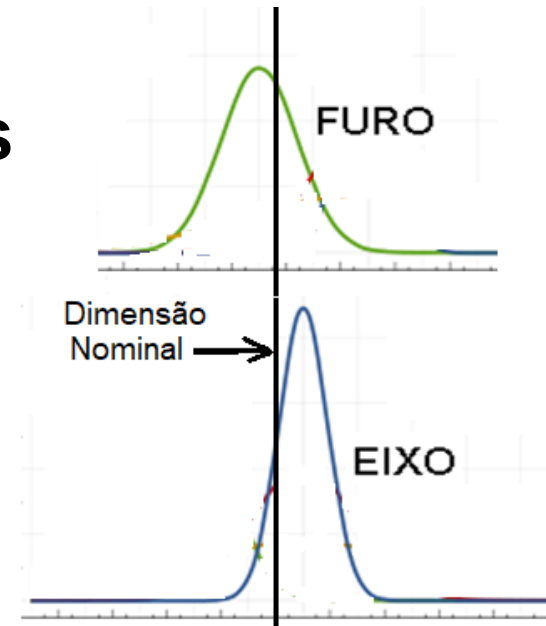
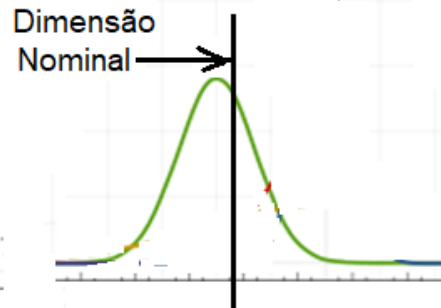
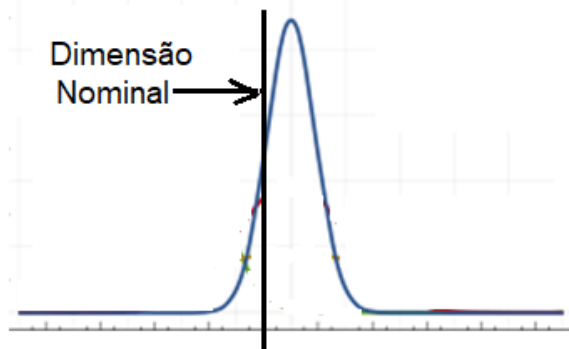
Dispositivo de Furação
(Aula de Laboratório)



Um automóvel básico
tem aproximadamente
15000 peças.
Quantos ajustes?

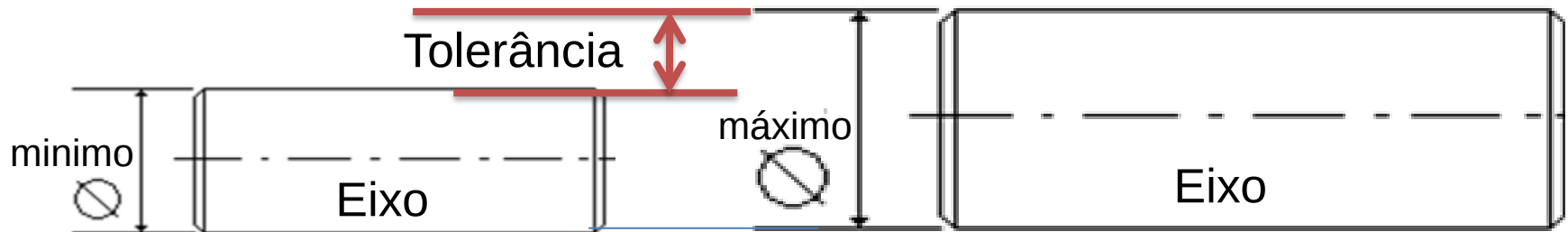
AJUSTE

Diferentes distribuições de dimensões nas peças fabricadas



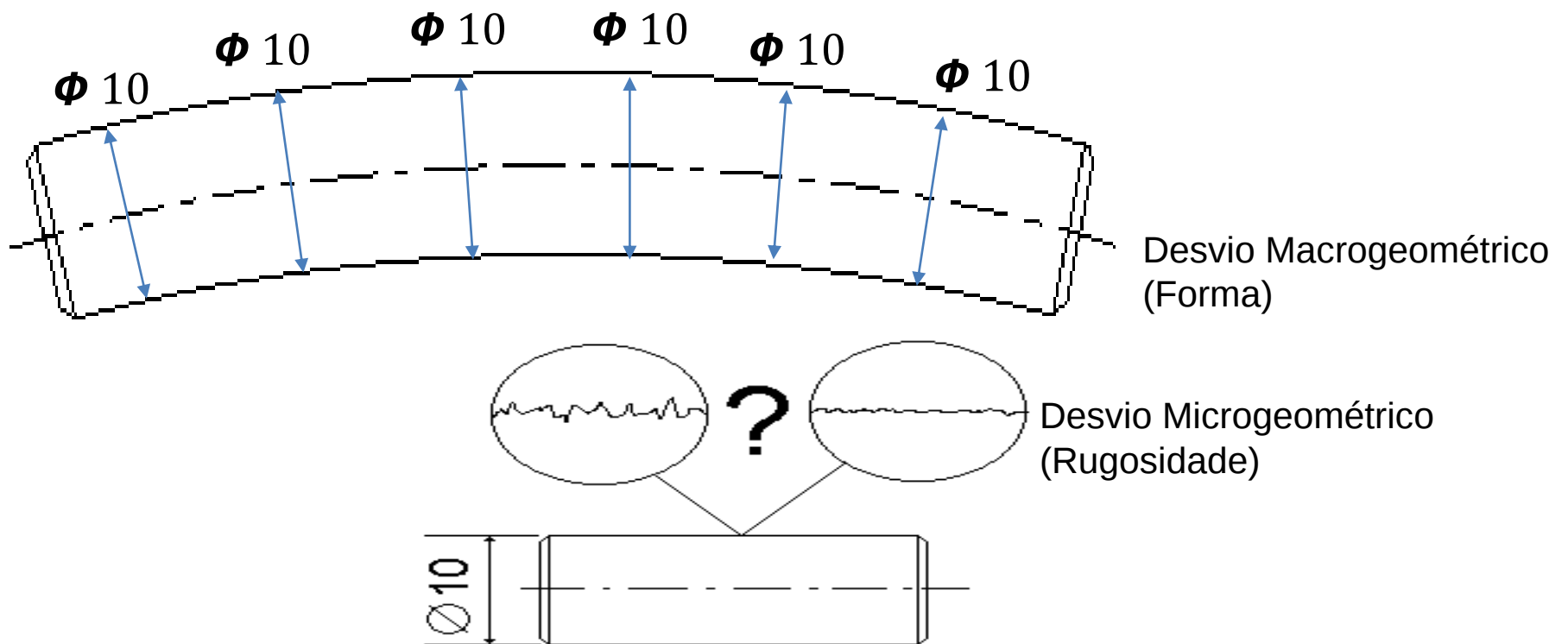
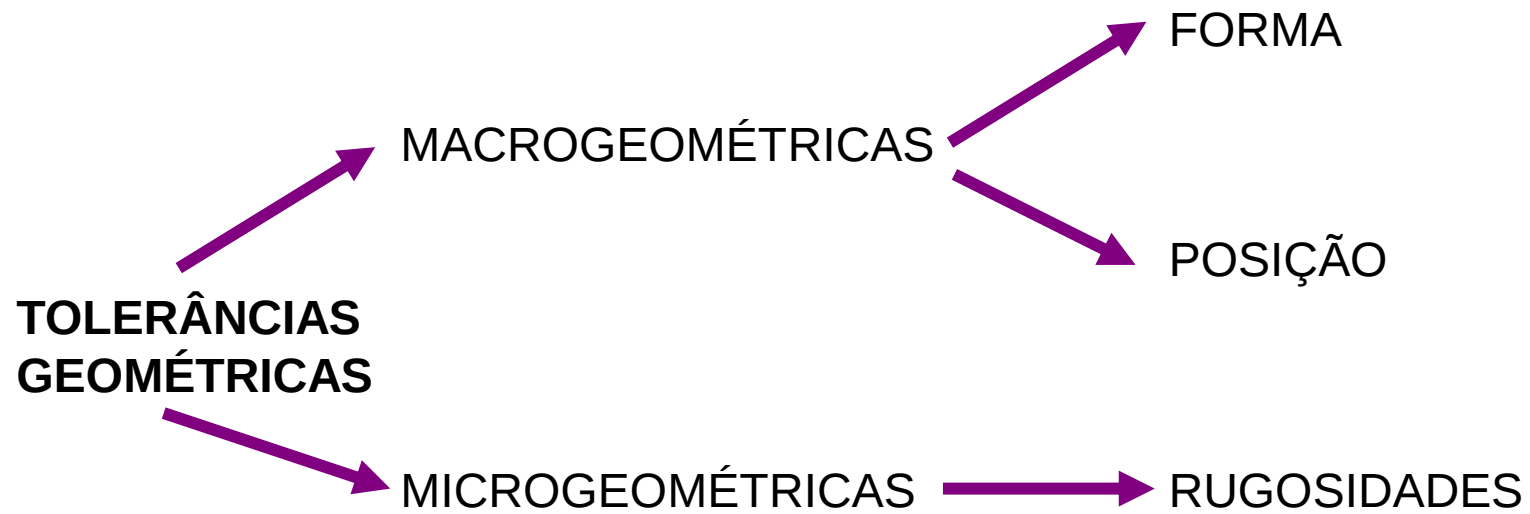
3. DEFINIÇÃO GERAL DE TOLERÂNCIA:

TOLERÂNCIA É A MÁXIMA VARIAÇÃO ADMISSÍVEL DE UMA GRANDEZA FÍSICA DE UMA PEÇA OU CONJUNTO DE PEÇAS, PARA QUE SEJAM MANTIDAS SUAS CONDIÇÕES FUNCIONAIS DE PROJETO.



4. TIPOS DE TOLERÂNCIAS CONTROLADAS:

- **TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS**
EM ALGUNS CASOS NÃO SÃO SUFICIENTES
- **TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS**



Technical drawing of a conical adapter (Eixo Adaptador Cônicos) showing dimensions and manufacturing specifications.

Dimensions:

- Overall length: 316
- Overall diameter: Ø75 (n5)
- Internal diameter: Ø72 (n12)
- Internal diameter: Ø88,5
- Internal diameter: Ø90 (m7)
- Internal diameter: Ø50
- Internal diameter: Ø10
- Length of first section: 63
- Length of second section: 57,65 (H11)
- Length of third section: 40
- Length of fourth section: 37,5
- Length of fifth section: 117,5
- Length of sixth section: 190
- Length of seventh section: 5

Angles and Tolerances:

- 15°
- 3,2
- 8
- 45°
- 60°
- 2x45°
- 1:10

Surface Finish and Material:

- Surface finish: +0,014 C
- Surface finish: +0,040 C

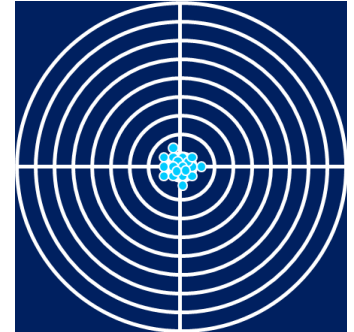
Manufacturing Specifications:

- Item: PMR 3202
- Quant.: 1
- Nº Desenho: 3
- Título/Descrição: Eixo Adaptador Cônicos
- Material/Especificação: A3

DEFINIÇÃO E REALIZAÇÃO DA TOLERÂNCIA

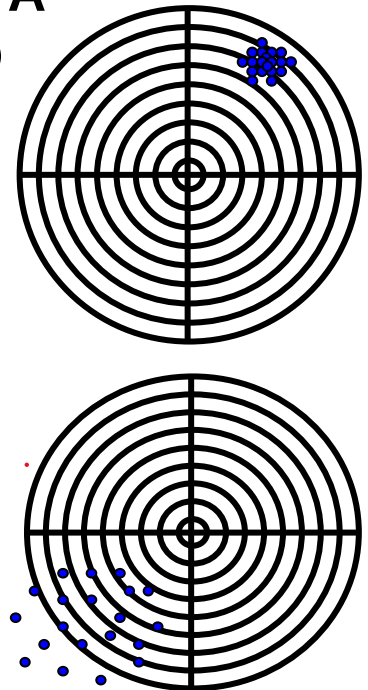
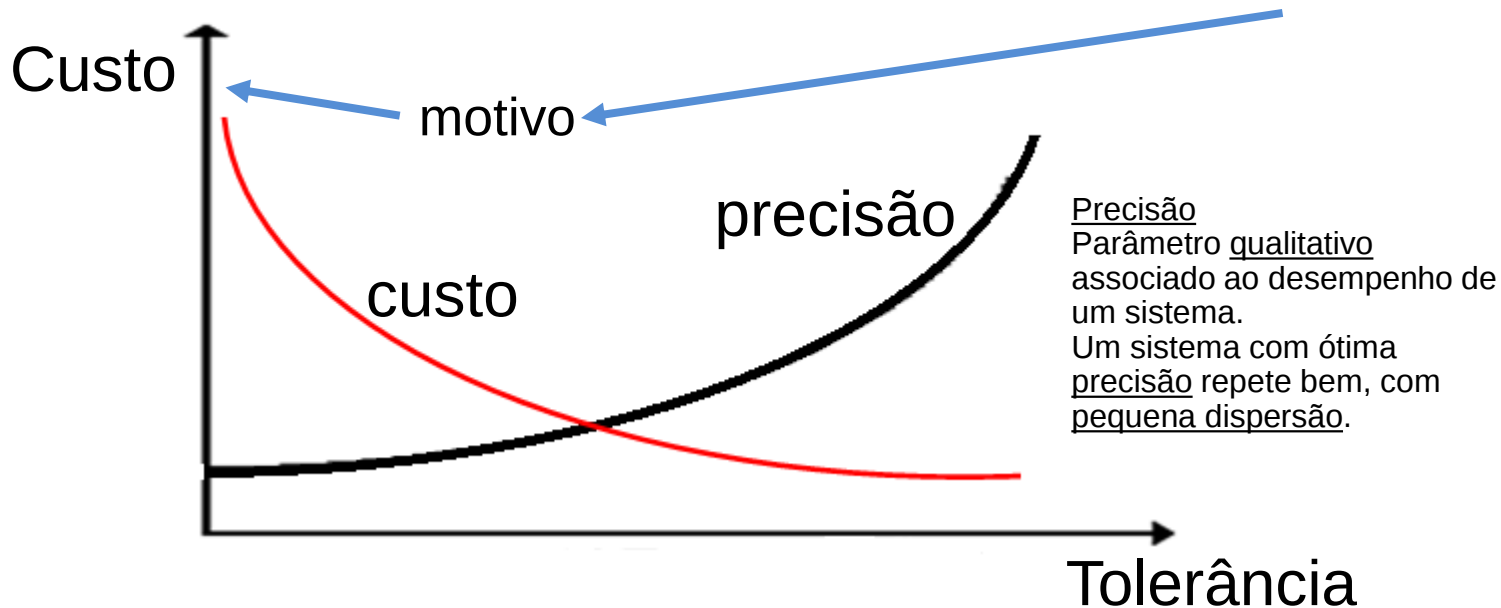
QUEM DEFINE A TOLERÂNCIA: O ENG. DE PROJETO

QUEM REALIZA A TOLERÂNCIA: O ENG. DE FABRICAÇÃO



PRINCIPAL FATOR NA DEFINIÇÃO DA TOLERÂNCIA: **FUNÇÃO DA PEÇA/CONJUNTO**

PRINCÍPIO: DEVE-SE SEMPRE ESPECIFICAR A MAIOR TOLERÂNCIA (MENOR PRECISÃO) POSSÍVEL QUE PERMITA ATINGIR AS ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO



Numeros Normais e Dimensionamento

Em projeto mecânico, números normais (“preferred numbers” em inglês) são padrões de orientação para a escolha de dimensões dos produtos dentro de um conjunto dado de limitações. O engenheiro projetista deve escolher um número grande de comprimentos, distâncias, diâmetros, volumes e outras quantidades características. Apesar destas escolhas serem vinculadas à considerações de funcionalidade, usabilidade, compatibilidade, segurança ou custo, ainda permanece uma considerável flexibilidade na escolha exata para muitas dimensões.

Os números normais servem a dois propósitos:

- O uso deles aumenta a probabilidade de compatibilidade entre objetos projetados em épocas diferentes por pessoas diferentes. Em outras palavras é uma tática, entre outras, em **standardização**, dentro de uma companhia ou indústria e é normalmente desejável em termos industriais. (O motivo oposto pode também ser válido, se é do interesse financeiro de um fabricante: por exemplo, o fabricante de produtos de consumo pode ter interesse financeiro na falta de compatibilidade, na obsolescência planejada e na venda de uma marca e de peças de reposição específicas.
- Eles são escolhidos de maneira que quando um produto é fabricado em diferentes tamanhos, eles estarão igualmente espaçados numa escala logarítmica. Eles ajudam a minimizar o número de diferentes tamanhos que precisam ser fabricados ou mantidos em estoque

Séries de Números Normais (Preferred Numbers)



Séries de Renard (Cel. Charles Renard- Engenheiro do Exército Francês)

$\sqrt[5]{10}$ = razão da progressão

R5: 1.00 1.60 2.50 4.00 6.30

R10: 1.00 1.25 1.60 2.00 2.50 3.15 4.00 5.00 6.30 8.00

R20: 1.00 1.25 1.60 2.00 2.50 3.15 4.00 5.00 6.30 8.00
1.12 1.40 1.80 2.24 2.80 3.55 4.50 5.60 7.10 9.00

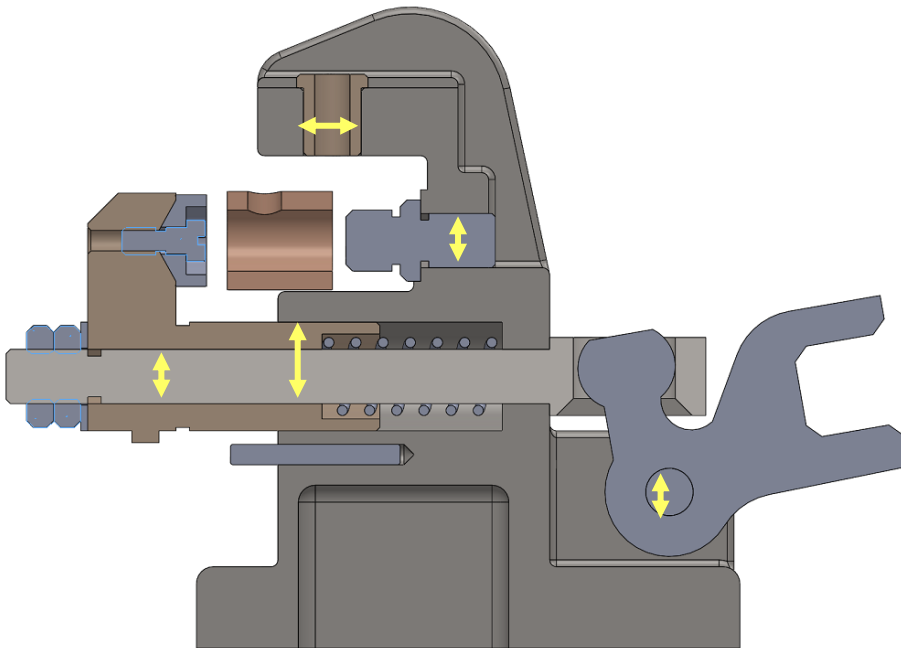
R40: 1.00 1.25 1.60 2.00 2.50 3.15 4.00 5.00 6.30 8.00
1.06 1.32 1.70 2.12 2.65 3.35 4.25 5.30 6.70 8.50
1.12 1.40 1.80 2.24 2.80 3.55 4.50 5.60 7.10 9.00
1.18 1.50 1.90 2.36 3.00 3.75 4.75 6.00 7.50 9.50

5. TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS

AJUSTE: relação entre uma dimensão externa e uma dimensão interna (eixo e furo por exemplo) que devem ser montadas

5.1 TIPOS DE AJUSTES ENTRE PEÇAS

Ajuste Folgado
Ajuste Forçado
Ajuste Incerto



5.1.1- AJUSTE FOLGADO

Sempre existe Folga entre as peças-
Dimensão Interna sempre maior que a Externa

PEÇAS COM MOVIMENTO RELATIVO E/OU MONTAGEM SEM
ESFORÇO

EIXO: $\phi 70 -0,025 / -0,050$	FURO: $\phi 70 +0,000 / +0,046$
69,975 69,950	70,000 70,046

$$\text{FOLGA MÁXIMA} = 0,046 - (-0,050) = \mathbf{0,096} = 70,046 - 69,950$$

$$\text{FOLGA MÍNIMA} = 0,000 - (-0,025) = \mathbf{0,025} = 70,000 - 69,975$$

5.1.2- AJUSTE FORÇADO

**Sempre existe Interferência entre as peças-
Dimensão Interna sempre menor que a Externa**

PEÇAS SEM MOVIMENTO RELATIVO E/OU COM RETENÇÃO PARA
TRANSMISSÃO DE ESFORÇOS - PODEM CAUSAR DANOS ÀS PEÇAS NA
DESMONTAGEM (

EIXO: $\phi 70 +0,000 / -0,019$ **FURO:** $\phi 70 -0,032 / -0,062$
70,000 69,981 69,968 69,938

INTERFERÊNCIA MÁXIMA = $-0,062 - 0,000 = -0,062 = 69,938 - 70,000$

INTERFERÊNCIA MÍNIMA = $-0,032 - (-0,019) = -0,013 = 69,968 - 69,981$

5.1.3- AJUSTE INCERTO

Pode haver Folga ou Interferência entre as peças

POSICIONAMENTO PRECISO DE PEÇAS, SEM MOVIMENTO RELATIVO E SEM TRANSMISSÃO DE ESFORÇOS (pelo Ajuste) - DESMONTÁVEIS.

EIXO: $\phi 70 \begin{matrix} +0,000 \\ 70,000 \end{matrix} / \begin{matrix} -0,019 \\ 69,981 \end{matrix}$ **FURO:** $\phi 70 \begin{matrix} +0,018 \\ 70,018 \end{matrix} / \begin{matrix} -0,012 \\ 69,988 \end{matrix}$

INTERFERÊNCIA MÁXIMA = $-0,012 - 0,000 = -0,012 = 69,988 - 70,000$

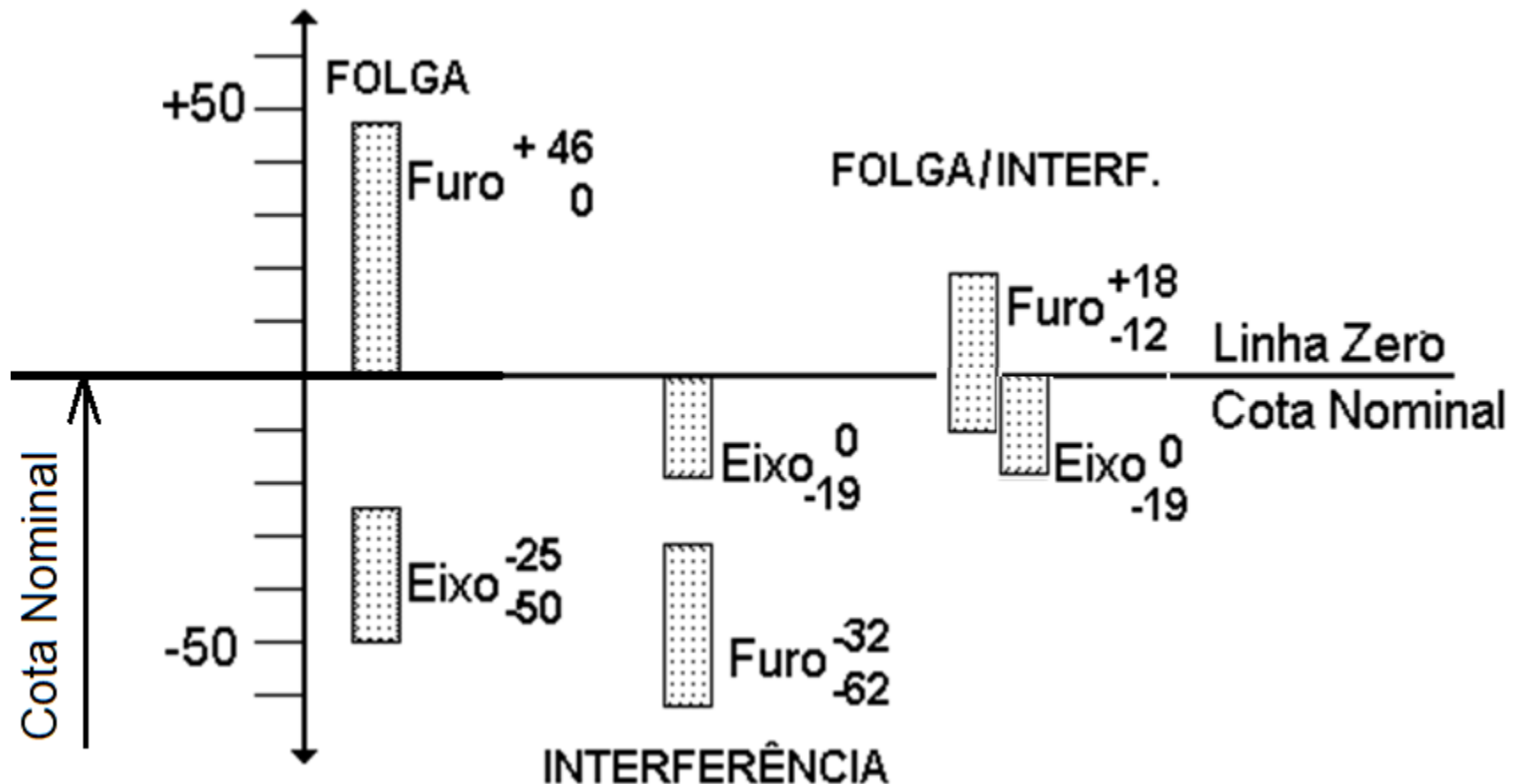
FOLGA MÁXIMA = $0,018 - (-0,019) = 0,037 = 70,018 - 69,981$

6 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS AJUSTES

EIXO: $\phi 70 -0,025 / -0,050$ **FURO:** $\phi 70 +0,000 / +0,046$

EIXO: $\phi 70 +0,000 / -0,019$ **FURO:** $\phi 70 -0,032 / -0,062$

EIXO: $\phi 70 +0,000 / -0,019$ **FURO:** $\phi 70 +0,018 / -0,012$



5.3 NORMALIZAÇÃO

ISO 286-1 : 2010 ANSI B4.2 JIS B0401 NF E 02-100-122 BSI 4500 UNI 6388 AS 1654
DIN 7182
NO BRASIL - ABNT - NB 6158

5.3.1 NOMENCLATURA BÁSICA:

EIXO : DIMENSÃO REFERIDA A UMA SUPERFÍCIE
EXTERNA DA PEÇA

FURO: DIMENSÃO REFERIDA A UMA SUPERFÍCIE
INTERNA DA PEÇA

DIMENSÃO (COTA) NOMINAL: VALOR TEÓRICO DE
REFERÊNCIA DA PEÇA

DIMENSÃO (COTA) EFETIVA: VALOR REAL (MEDIDO) NA PEÇA

AFASTAMENTO SUPERIOR: DIFERENÇA ALGÉBRICA ENTRE A DIMENSÃO MÁXIMA ADMISSÍVEL E A DIMENSÃO NOMINAL

AFASTAMENTO INFERIOR: DIFERENÇA ALGÉBRICA ENTRE A DIMENSÃO MÍNIMA ADMISSÍVEL E A DIMENSÃO NOMINAL

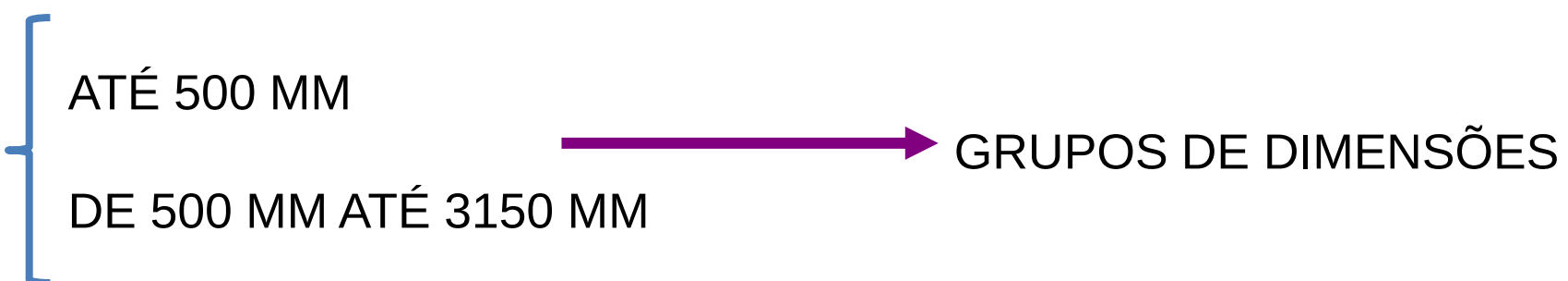
CAMPO DE TOLERÂNCIA: É A DIFERENÇA ALGÉBRICA ENTRE O AFASTAMENTO SUPERIOR E O INFERIOR

5.3.2 PADRONIZAÇÃO DAS NORMAS ISO / ABNT

DIMENSÕES: 2 CAMPOS

ATÉ 500 MM

DE 500 MM ATÉ 3150 MM



GRUPOS DE DIMENSÕES

5.3.3 UNIDADE DE TOLERÂNCIA

$$i = 0,45 D^{1/3} + 0,001D \text{ (até 500 mm)}$$

$$i = 0,004 D + 2,1 \text{ (de 500 mm até 3150 mm)}$$

OBJETIVO:

MANTER O MESMO GRAU DE PRECISÃO EM TODAS AS PEÇAS COM A MESMA QUALIDADE (TOLERÂNCIA FUNDAMENTAL), INDEPENDENTEMENTE DA DIMENSÃO NOMINAL.

INDICAÇÃO GENÉRICA DAS QUALIDADES (IT01, IT0, IT1,...,IT18):

- **ATÉ IT5** - CALIBRADORES E INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO
- **DE IT5 ATÉ IT11** - PEÇAS DE USO GERAL PARA MONTAGEM DE EQUIPAMENTOS
- **DE IT11 ATÉ IT18** - PEÇAS GROSSEIRAS E ISOLADAS

	Para Instrumentos de Medida									Para Matéria Prima										
Qualidade de Trabalho IT	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
							Para Ajustes							Para Grandes Tolerâncias de Fabricação						

5.3.4 CAMPO DE TOLERÂNCIAS - TOLERÂNCIAS FUNDAMENTAIS – QUALIDADE DE TRABALHO

ATÉ 500 MM => 20 QUALIDADES (IT01, IT0, IT1, ..., IT18)

DE 500 ATÉ 3150 => 18 QUALIDADES (IT1, ..., IT18)

TOLERÂNCIAS FUNDAMENTAIS

Dimensão Nominal (mm)		Qualidade de Trabalho																			
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
Acima de	Até (incluído)	Tolerância Padrão																			
	500	*	*	*	*	*	*	7i	10i	16i	25i	40i	64i	100i	160i	250i	400i	640i	1000i	1600i	2500i
500	3150			2i	2,7i	3,7i	5i	7i	10i	16i	25i	40i	64i	100i	160i	250i	400i	640i	1000i	1600i	2500i

(*) Fórmulas para IT 01 a IT 5

ANSI B4.2- 2004

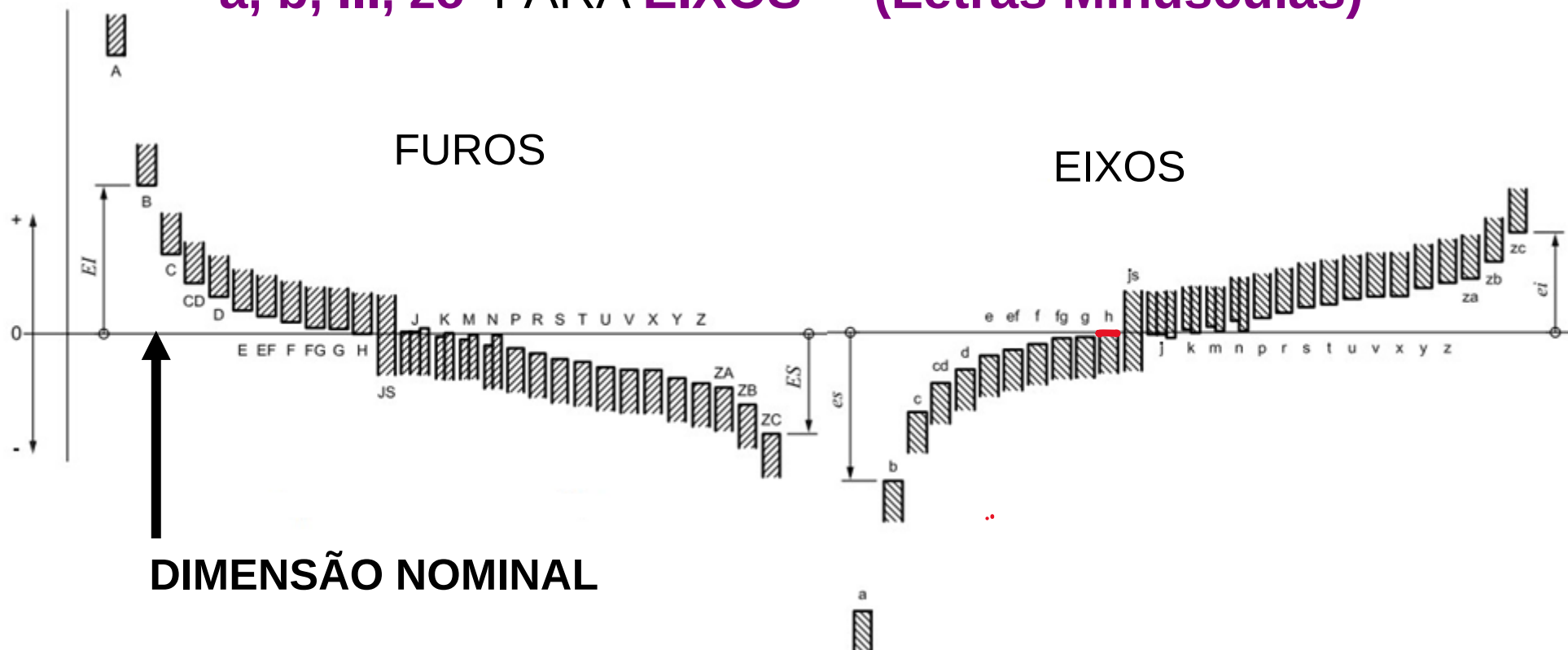
IT01	$(0.3 + 0.008D)$
IT0	$(0.5 + 0.012D)$
IT1	$(0.8 + 0.02D)$
IT2	$(IT1) \left(\frac{7i}{IT1} \right)^{\frac{1}{4}}$
IT3	$(IT1) \left(\frac{7i}{IT1} \right)^{\frac{1}{2}}$
IT4	$(IT1) \left(\frac{7i}{IT1} \right)^{\frac{3}{4}}$
IT5	7i

5.4 POSIÇÃO DO CAMPO DE TOLERÂNCIA EM RELAÇÃO À LINHA ZERO (DIMENSÃO NOMINAL)

28 POSIÇÕES - DESVIOS FUNDAMENTAIS (E_i, E_s, e_i, e_s)

A, B, ..., ZC PARA FUROS (Letras Maiúsculas)

a, b, ..., zc PARA EIXOS (Letras Minúsculas)



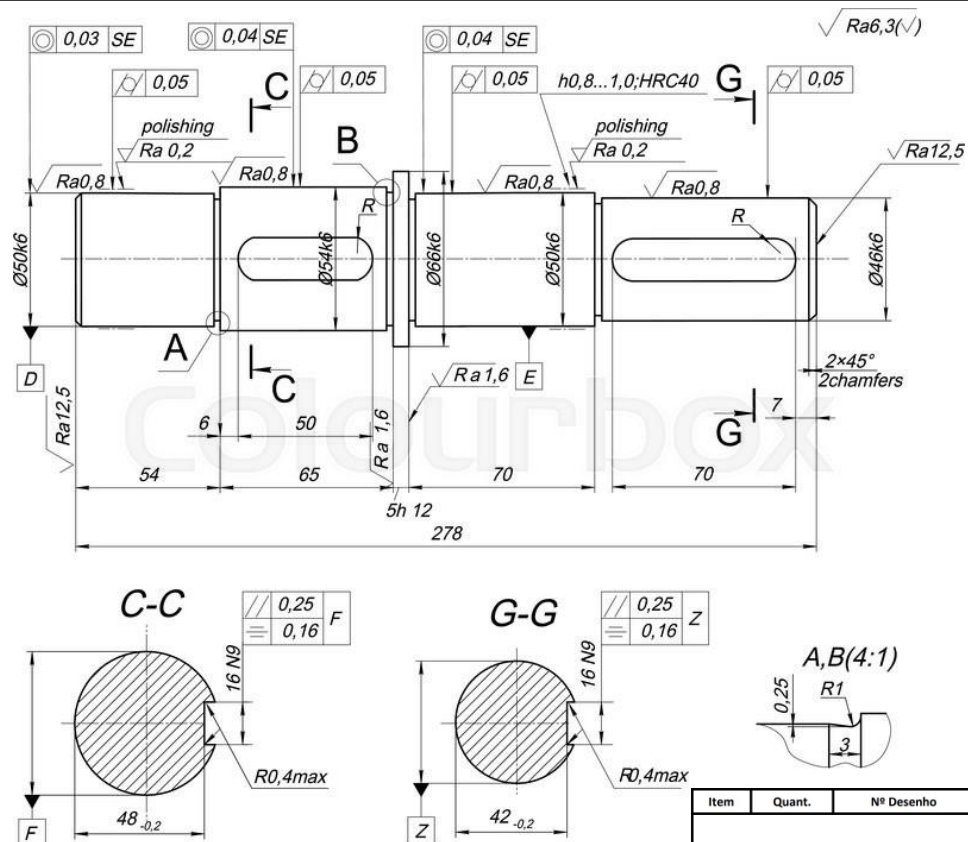
5.5 Tolerâncias Dimensionais - Tabelas ISO

- Indicam a **composição dos desvios fundamentais com a qualidade de trabalho**, permitindo a leitura direta dos afastamentos superior e inferior admissíveis para uma determinada dimensão, como função da tolerância dimensional definida para a mesma.
- A especificação da tolerância dimensional de uma dimensão específica é dada pela seguinte representação:

$$\phi 30 \text{ H7} \quad \text{ou} \quad \phi 30 \begin{matrix} +0,021 \\ +0,000 \end{matrix}$$

$$\phi 30 \text{ f7} \quad \text{ou} \quad \phi 30 \begin{matrix} -0,020 \\ -0,041 \end{matrix}$$

Desenho de Fabricação de Eixo Principal



Item	Quant.	Nº Desenho	Título/Descrição	Material/Especificação
LISTA DE MATERIAIS				
PMR 3103 Departamento de Mecatrônica e Sistemas Mecânicos- POLI- USP		Tipo Documento Desenho de Fabricação		Tamanho Folha A3
Criado por PMR 3202		Nº Desenho 3		
Aprovado por PMR 3202		Data 22/03/2023	Rev. 0	Escala 1:1
		Nº da Folha 1		

Tolerâncias Dimensionais - Tabelas ISO 286-1:2010

Dimen.	IT 05	IT06	IT07	IT08	IT09	IT10	IT11	IT12
De 3 a 6	5	8	12	18	30	48	75	120
De 6 a 10	6	9	15	22	36	58	90	150
De 10 a 18	8	11	18	27	43	70	110	180
De 18 a 30	9	13	21	33	52	84	130	210

Desvios Fundamentais -Eixos

Afastamento Superior

Afastamento Inferior

	a	b	c	d	e	f	g	h	m	n	p
Dimen.	-	-	-	-	-	-	-		+	+	+
De 3 a 6	270	140	70	30	20	10	4	0	4	8	12
De 6 a 10	280	150	80	40	25	13	5	0	6	10	15
De 10 a 18	290	150	95	50	32	16	6	0	7	12	18
De 18 a 30	300	160	110	65	40	20	7	0	8	15	22

Desvios Fundamentais -Furos

Afastamento Inferior

Afastamento Superior

	A	B	C	D	E	F	G	H	M ⁽¹⁾	N ⁽²⁾	P ⁽³⁾
Dimen.	+	+	+	+	+	+	+		-	-	-
De 3 a 6	270	140	70	30	20	10	4	0	4	8	12
De 6 a 10	280	150	80	40	25	13	5	0	6	10	15
De 10 a 18	290	150	95	50	32	16	6	0	7	12	18
De 18 a 30	300	160	110	65	40	20	7	0	8	15	22

(1) Para qualidades de trabalho acima de IT 8

(2) Para qualidades de trabalho acima de IT 9

(3) Para qualidades de trabalho acima de IT 7

Tolerâncias Dimensionais - Tabelas ISO

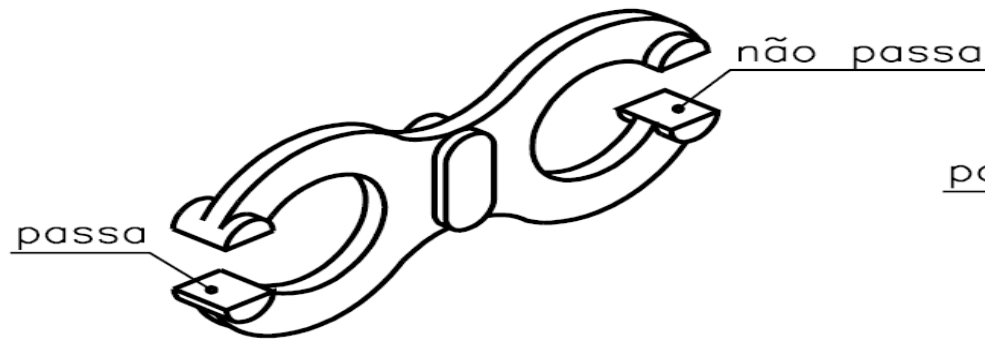
Para $IT \geq IT5$ $T = 10^{0.2 \times (ITG-1)} \cdot (0.45 \times \sqrt[3]{D} + 0.001 \times D)$

Nominal size mm		Standard tolerance grades																				
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18	
Above	Up to and including	Standard tolerance values																				
		μm															mm					
—	3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1	1,4	
3	6	0,4	0,6	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	0,4	0,6	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	0,5	0,8	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	0,6	1	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	0,6	1	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	0,8	1,2	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	1	1,5	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	1,2	2	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	2	3	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	2,5	4	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	3	5	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	4	6	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			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			10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5	8	12,5	
800	1 000			11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14	
1 000	1 250			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	
1 250	1 600			15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5	
1 600	2 000			18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23	
2 000	2 500			22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1 100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28	
2 500	3 150			26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1 350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33	

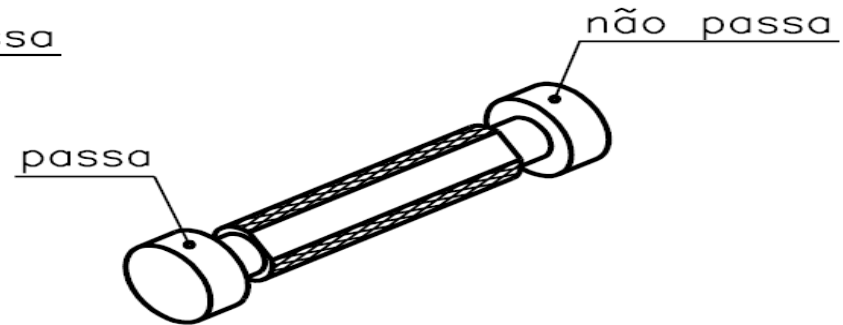
Qualidades de Trabalho Obtidas por Processos de Usinagem (ANSI B4.1-1999)

[illegible]

Calibradores Passa e Não-Passa



Calibrador para eixos

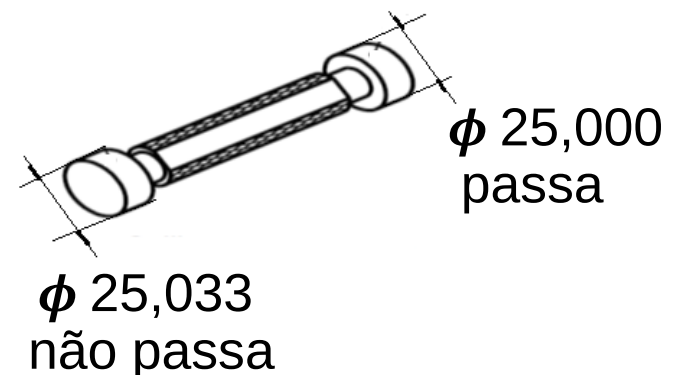


Calibrador para furos

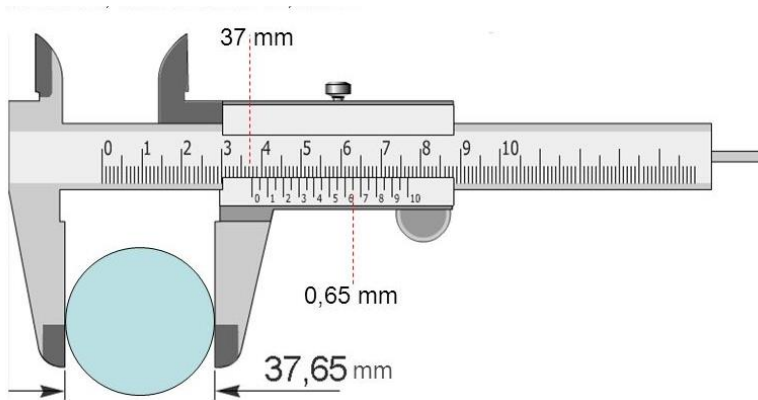
Quais as dimensões passa e não-passa de um calibrador para eixos de diâmetro nominal 25 mm h7 ?



Quais as dimensões passa e não-passa de um calibrador para furos de diâmetro nominal 25 mm H8 ?



Medida com Paquímetro



Medida interna



Medida externa

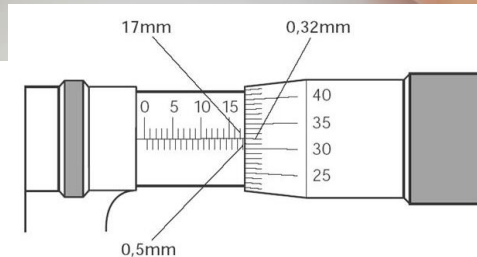


Medida de profundidade



Medida com ressalto

Medida com Micrômetro



Medida de Furo com Micrômetro



6. SISTEMAS DE AJUSTES

2 SISTEMAS BÁSICOS (Recomendados):

Sistema FURO - BASE

Sistema EIXO - BASE

SISTEMA EIXO - BASE => A COTA DO EIXO TEM POSIÇÃO DO CAMPO DE TOLERÂNCIA - **h**

SISTEMA FURO - BASE => A COTA DO FURO TEM POSIÇÃO DO CAMPO DE TOLERÂNCIA - **H**

ESCOLHA: ADOTAR POSIÇÃO **H/h** PARA A COTA (PEÇA) DE REFERÊNCIA OU DE MAIOR DIFICULDADE (CUSTO) DE FABRICAÇÃO.

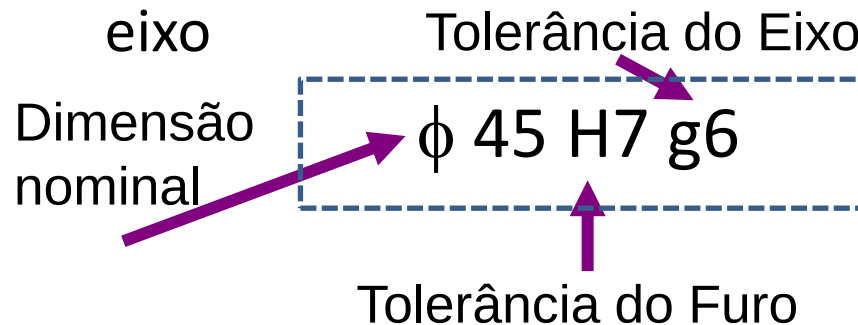
IMPORTANTE: SOBRE UMA MESMA COTA NOMINAL (REGIÃO DA PEÇA) **NUNCA** ESPECIFICAR **MAIS DE 1 TIPO DE TOLERÂNCIA!**

ESCOLHA PREFERENCIAL: SISTEMA FURO-BASE

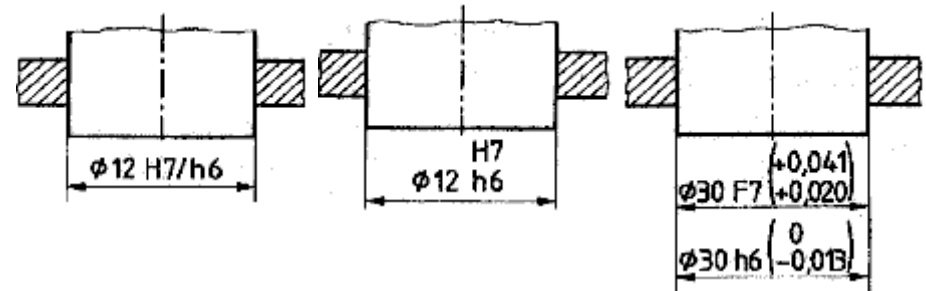
POR QUÊ?

INDICAÇÃO DE AJUSTE

- Na indicação de um ajuste entre um furo e um eixo, indicar primeiro a tolerância do furo e na sequência a tolerância do eixo



Métodos alternativos de indicação no desenho



- Equivalência entre ajustes nos sistemas eixo-base e furo-base

Ajuste Folgado: **H7 g6** equivale a **G7 h6**

Ajuste Forçado: **H6 n5** equivale a **N6 h5**

- Equivalência entre ajustes

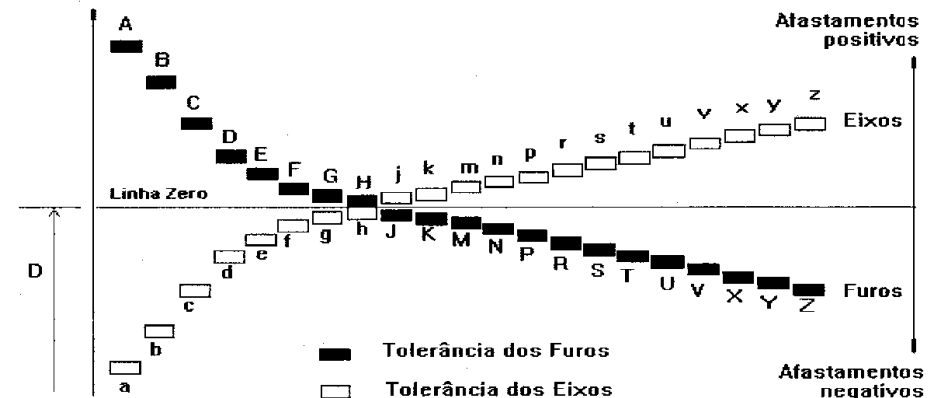
Ajuste Folgado: **C10 f10 = F10 c10**

Ajuste Forçado: **P9 t9 = T9 p9**

Ajuste Folgado: **D7 f6 = F7 d6**

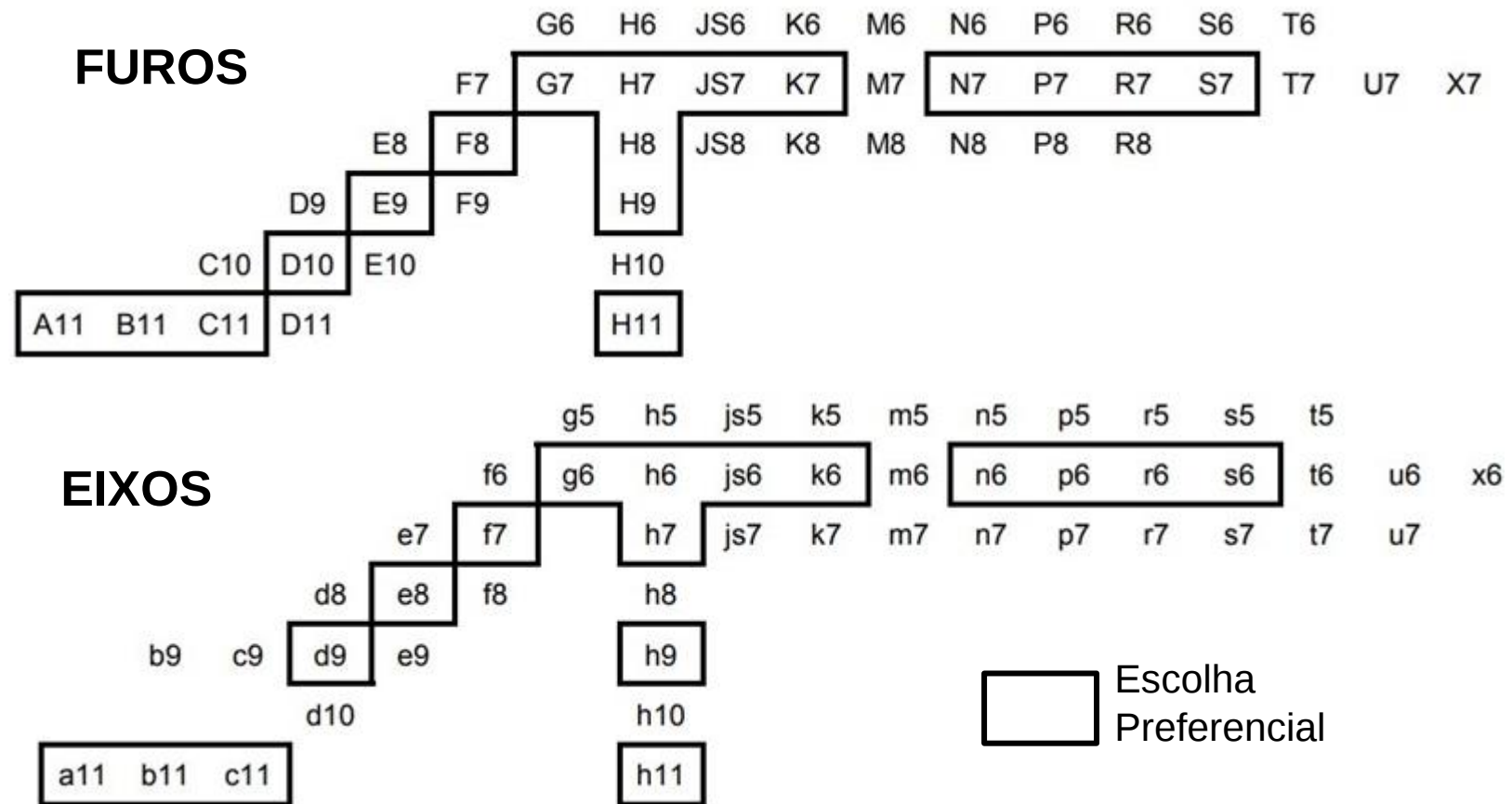
Ajuste Forçado: **S7 u6 = U7 s6**

Ajuste Incerto: **H8 n7 = N8 h7**



Tolerâncias Dimensionais Preferenciais – ISO 286-1:2010

Restringindo-se a seleção de tolerâncias dimensionais pode-se evitar a desnecessária multiplicidade de ferramentas e dispositivos



Ajustes Preferenciais no Sistema Furo-Base (ISO 286-1)

FURO BASE	Classe de Tolerância para Eixo																
	AJUSTE FOLGADO					INCERTO				FORÇADO							
H 6					g5	h5	js5	k5	m5	n5	p5						
H 7					f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6	u6	x6
H 8				e7	f7		h7	js7	k7	m7				s7		u7	
H 9			d8	e8	f8		h8										
H 9			d8	e8	f8		h8										
H10	b9	c9	d9	e9			h9										
H 11	b11	c11	d10				h10										

Escolha Preferencial

Ajustes Preferenciais no Sistema Eixo-Base (ISO 286-1)

EIXO BASE	Classe de Tolerância para Furo												
	AJUSTE FOLGADO					INCERTO			FORÇADO				
h 5	G6 H6					JS6	K6	M6	N6	P6			
h 6	F7 G7 H7					JS7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7 U7 X7
h 7	E8 F8 H8												
h 8	D9	E9	F9	H9									
h 9	E8 F8 H8												
	D9	E9	F9	H9									
	B11	C10	D10	H10									

Escolha Preferencial

Ajustes Preferenciais ISO 286-1 (ajuste onde a folga mínima é zero e há interferência máxima é considerado como ajuste forçado: ex H7 p6)

Furo-Base	Eixo-Base	Tipo de Ajuste	Descrição
H11 c11	C11 h11	Folgado	Ajuste deslizante folgado para tolerâncias comerciais grandes
H9 d9	D9 h9		Ajuste folgado livre para uso onde a precisão é essencial e onde há grandes variações de temperatura, altas velocidades ou altas cargas no mancal
H8 f7	F8 h7		Ajuste deslizante justo para máquinas de precisão e para velocidades e pressões moderadas nos mancais
H7 g6	G7 h6		Ajuste deslizante não projetado para se movimentar livremente mas deslizar ou rodar e localizar com precisão
H7 h6	H7 h6		Ajuste folgado para localização de peças estacionárias mas que pode ser montado e desmontado livremente
H7 k6	K7 h6	Incerto	Ajuste Incerto para localização precisa e um compromisso entre folga e interferência
H7 n6	N7 h6		Ajuste Incerto para localização mais precisa onde maiores interferências são permitidas
H7 p6	P7 h6	Forçado	Ajuste Forçado para peças que requerem rigidez e alinhamento de alta precisão de localização mas sem requisitos especiais de pressão de montagem no furo
H7 s6	S7 h6		Ajuste Forçado Médio para peças normais em aço ou ajuste por encolhimento em seções leves. Ajuste forçado limite para uso em ferros fundidos
H7 u6	U7 h6		Ajuste Forçado Pesado adequado para peças que podem ser altamente carregadas ou para ajustes por encolhimento onde as altas forças de montagem são impraticáveis

EXEMPLOS:

Para diâmetros de 10 mm .

AJUSTE PRECISO

- **H7/g6** – Ajuste deslizante não projetado para se movimentar livremente mas deslizar ou rodar e localizar com precisão

	+0,015		-0,005
FURO H7 – ϕ 10		EIXO g6 – ϕ 10	
	0,000		-0,014

FOLGA MÍNIMA = 0,005 mm FOLGA MÁXIMA = 0,029 mm

AJUSTE NORMAL

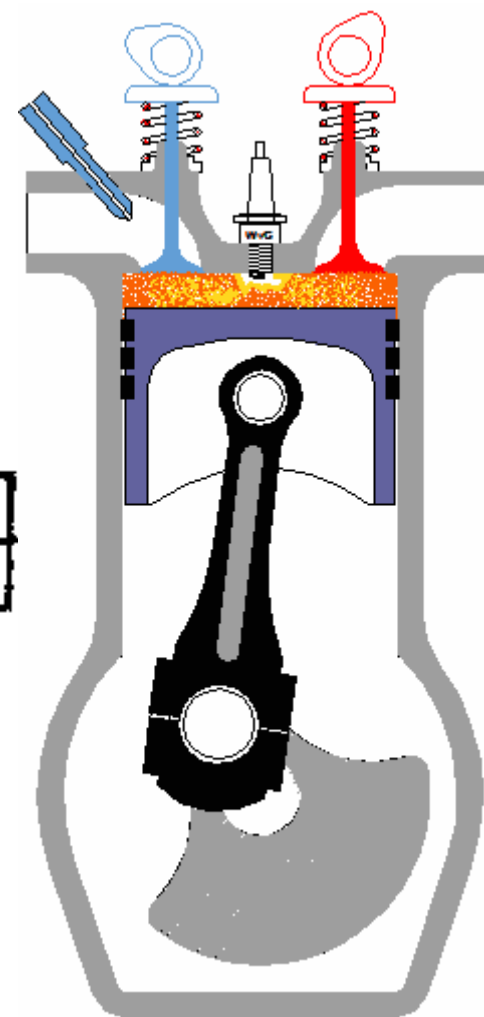
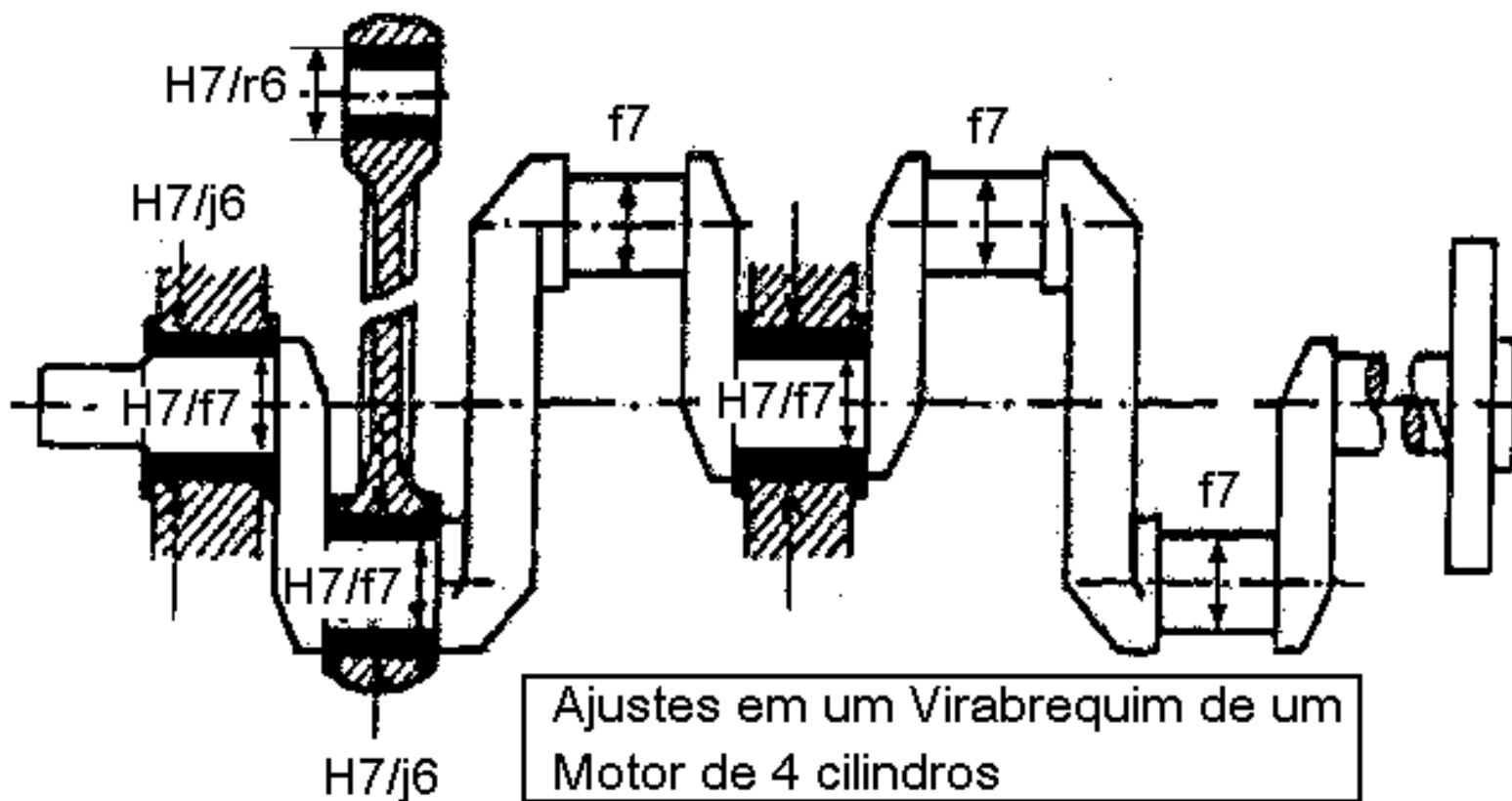
- **H11/c11** – Ajuste deslizante folgado para tolerâncias comerciais grandes

	+0,090		-0,080
FURO H11 – ϕ 10		EIXO c11 – ϕ 10	
	0,000		-0,170

- FOLGA MÍNIMA = 0,080 mm FOLGA MÁXIMA = 0,260 mm

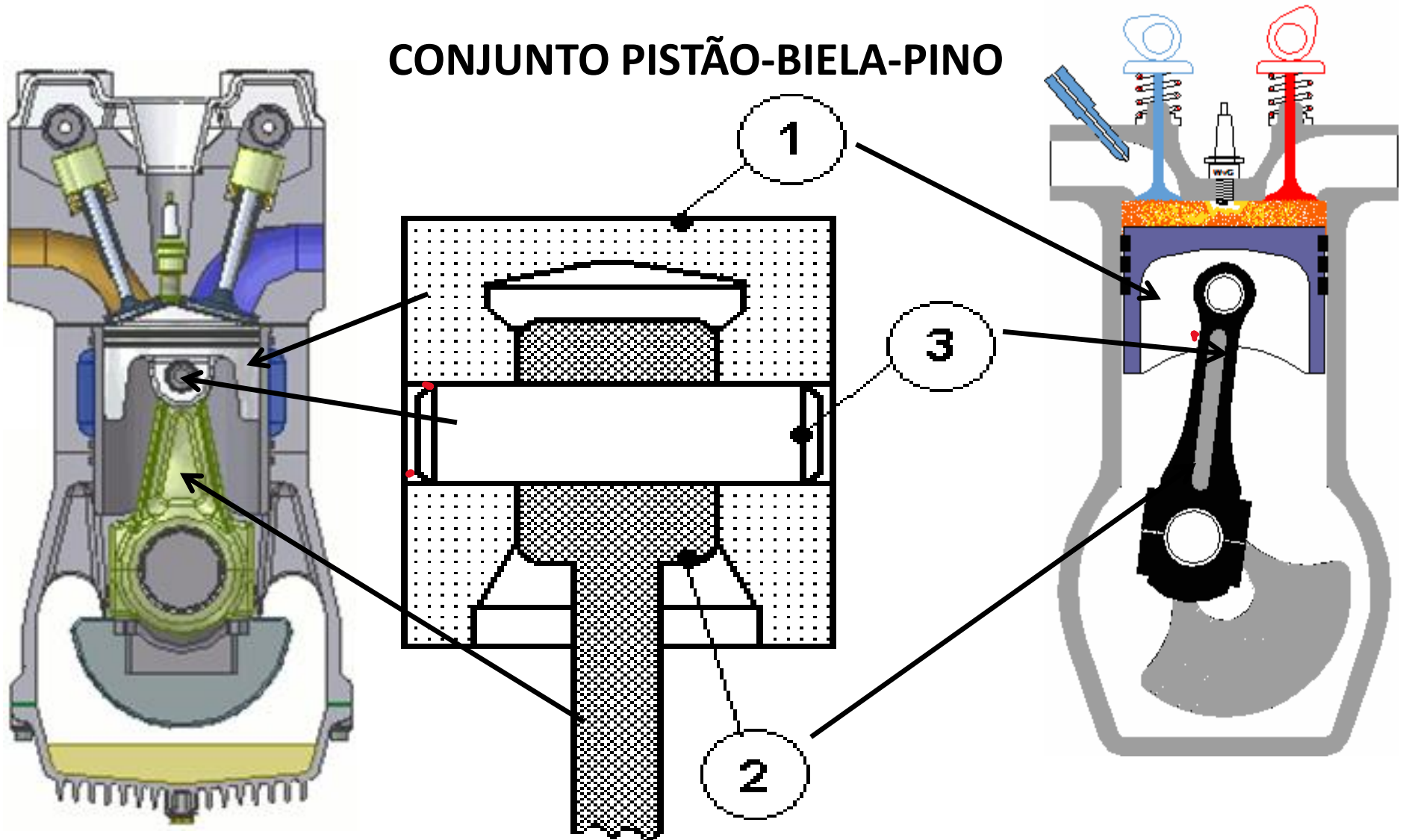
Exemplo de ajuste entre componentes mecânicos

Motor de Combustão Interna

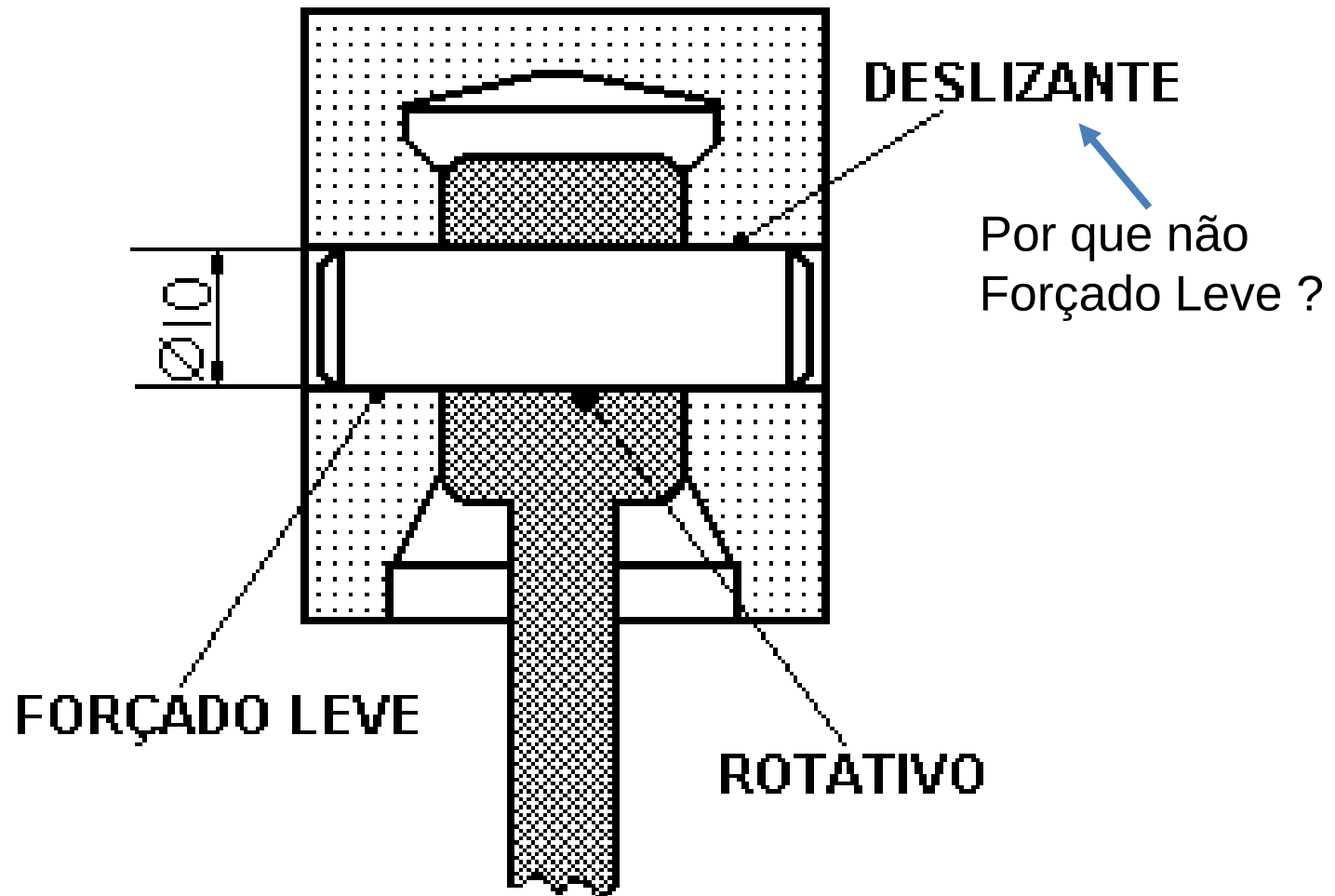


- Exemplos de ajuste entre componentes mecânicos

CONJUNTO PISTÃO-BIELA-PINO

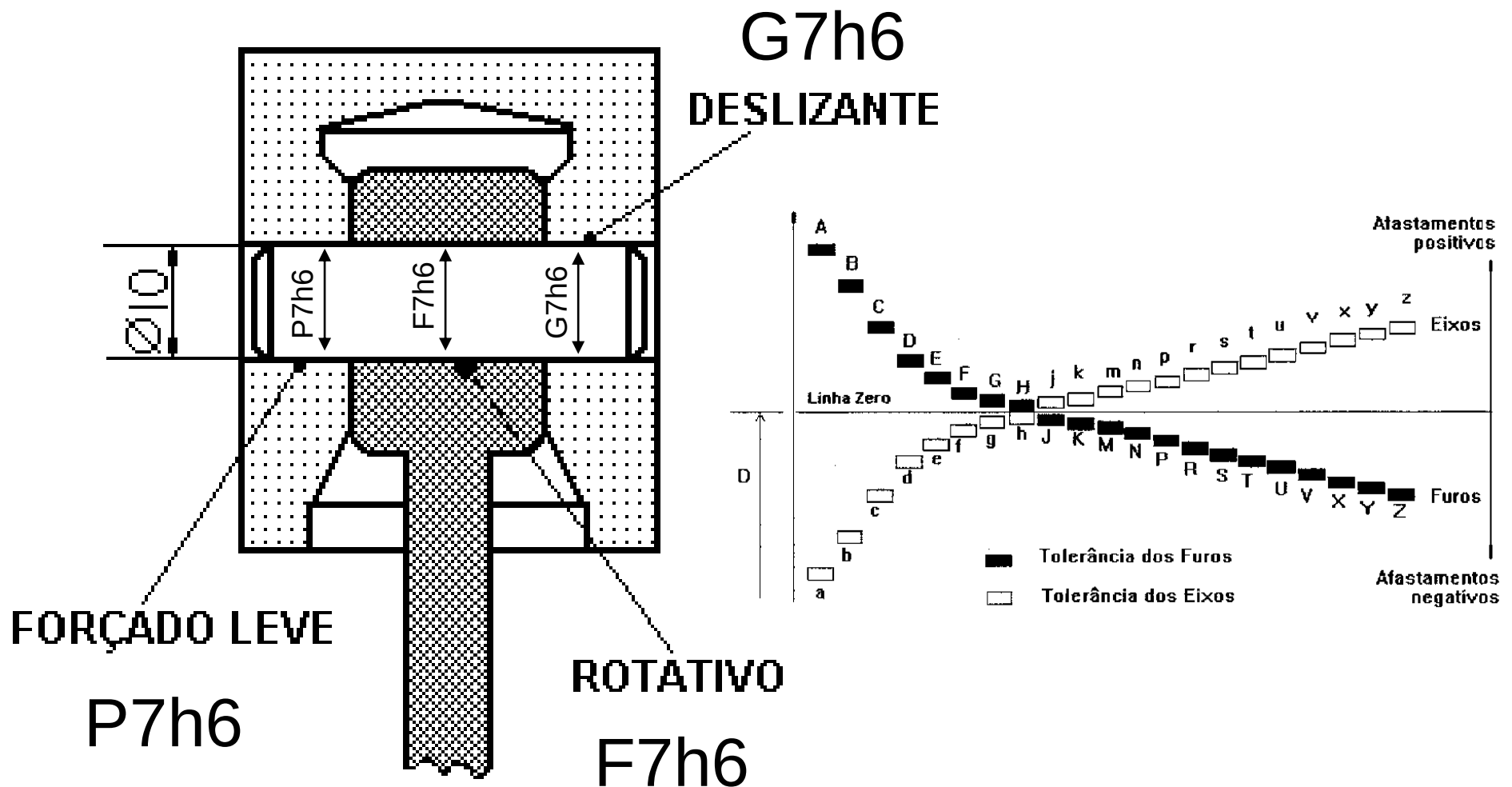


- QUE TIPO(S) DE AJUSTE ESCOLHER?



COMO ESPECIFICAR O AJUSTE?

FURO-BASE OU EIXO-BASE?



7. REFERÊNCIAS

Normas:

ISO 286-1 : 2010

ANSI B4.2- 2004

DIN 7182

ABNT - NB 6158

- Niemann, G. Elementos de Máquinas, vol1, Edgard Blücher Ltda, 1971.

- Agostinho, O.L. Tolerâncias, Ajustes, Desvios e Análise de Dimensões, Edgard Blücher Ltda, 1977.

- www.infometro.hpg.ig.com.br

-Guia de Instrumentos de Medição

<https://www.mitutoyo.co.jp/eng/support/service/catalog/08/E11003.pdf>