



Ministério
da Educação



TOLERÂNCIAS

Prof.º Diógenes de Bitencourt

INTRODUÇÃO

- Na fabricação em série, é necessário que as peças acopladas sejam passíveis de serem trocadas por outras, que tenham as mesmas especificações das peças originais.

INTRODUÇÃO

- A possibilidade de se substituir umas peças por outras ao montar ou consertar um equipamento (ou conjunto mecânico) denomina-se **intercambiabilidade**.

INTRODUÇÃO

☞ **intercambiabilidade:** *É a possibilidade de, quando se monta um conjunto mecânico, tomar-se ao acaso, de um lote de peças semelhantes, prontas e verificadas, uma peça qualquer que, montada ao conjunto em questão, sem nenhum ajuste ou usinagem posterior, dará condições para que o sistema mecânico cumpra as funções para as quais foi projetado.*

INTRODUÇÃO

- Esta intercambiabilidade é garantida através de uma adequada seleção das tolerâncias e ajustes.
- Um requisito fundamental da intercambiabilidade é a seleção de um processo de fabricação que assegure a produção de peças com igual **exatidão**.

Exatidão: Correspondência entre as dimensões reais da peça e aquelas indicadas no desenho.

INTRODUÇÃO

Não existe processo de fabricação capaz de produzir um número ilimitado de peças com exatidão absoluta, ou seja, as dimensões reais(efetivas) diferem das dimensões nominais.

INTRODUÇÃO

- **Dimensões nominais:** São as dimensões indicadas no desenho de uma peça.
- **Dimensões reais (ou efetivas):** São as dimensões reais da peça.

INTRODUÇÃO

- Assim, para uma peça com uma cota nominal de 145 mm podem ser encontradas peças com 145,023 mm, 144,978 mm, 145.000 mm e assim por diante.
- Todas as peças cujas dimensões não ultrapassarem as dimensões limites serão úteis, enquanto as demais serão rejeitadas.

INTRODUÇÃO

- Deve-se portanto, determinar a menor precisão possível dentro da qual a peça em questão exerça sua função adequadamente.

Qualquer melhoria adicional elevaria o custo do produto.

INTRODUÇÃO

- As dimensões reais são diferentes das dimensões nominais. Estas variações devem ser mantidas dentro de certos limites. Para que a intercambiabilidade seja garantida é necessário que todos os fabricantes obedeam a normas pré-definidas, ou seja a um sistema de tolerâncias e ajustes.

Sistema de tolerâncias e ajustes

É um conjunto de normas, regras e tabelas que têm como objetivo normalizar e limitar as variações das dimensões de componentes mecânicos visando a intercambiabilidade e garantir sua funcionabilidade.

ANALISE

- A intercambiabilidade é importante no mundo globalizado?
- Compare dimensão nominal com dimensão efetiva.
- Qual diferença entre exatidão e precisão?

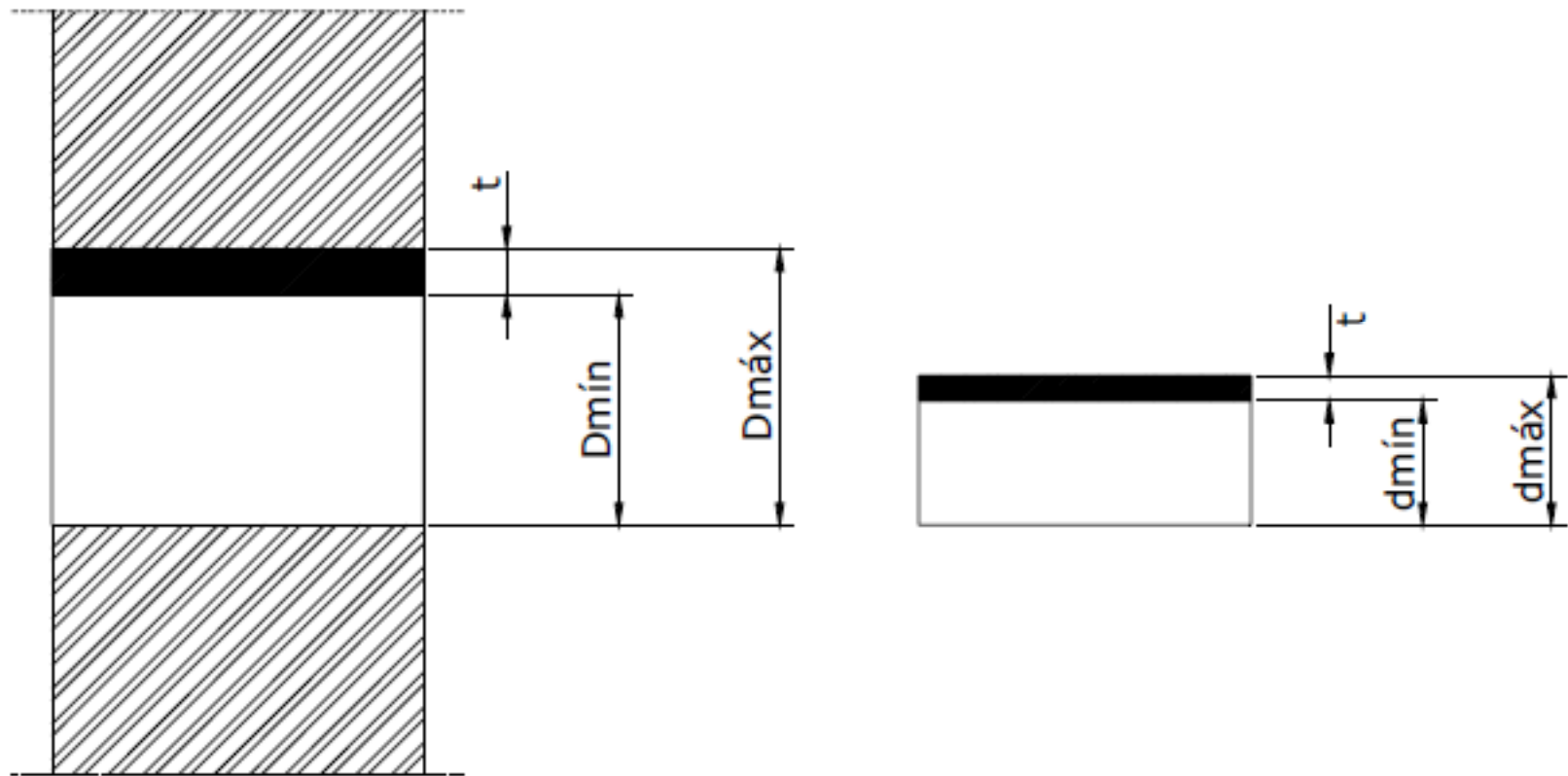
Terminologia de Tolerâncias

- As dimensões de peças diferentes, fabricadas com mesmo diâmetro nominal, cujo funcionamento foi experimentado e considerado adequado, podem oscilar dentro de certos limites, mantendo-se as condições de funcionamento anteriormente previstas. Assim, a conjugação requerida de duas peças se assegura somente quando as dimensões limites de tolerância tenham sido previamente estabelecidas.

Terminologia de Tolerâncias

- DIMENSÕES LIMITES: São os valores máximo e mínimo admissíveis para a dimensão efetiva.
- DIMENSÃO MÁXIMA: É o valor máximo admissível para a dimensão efetiva. Símbolo: $D^{\text{máx}}$ para furos e $d^{\text{máx}}$ para eixos.
- DIMENSÃO MINIMA: É o valor mínimo admissível para a dimensão efetiva. Símbolo: D^{min} para furos e d^{min} para eixos

Terminologia de Tolerâncias



Dimensões máxima e mínima e tolerância t para eixo e furo

Terminologia de Tolerâncias

AFASTAMENTOS: É a diferença entre as dimensões limites e a dimensão nominal

AFASTAMENTO INFERIOR: É a diferença entre a dimensão mínima e a dimensão nominal. Símbolos: A_i para furos e a_i para eixos

AFASTAMENTO SUPERIOR: É a diferença entre a dimensão máxima e a dimensão nominal. Símbolos: A_s para furos e a_s para eixos

AFASTAMENTO REAL: É a diferença entre a dimensão efetiva e a dimensão nominal do componente

Terminologia de Tolerâncias

TOLERÂNCIA: É a variação admissível da dimensão da peça. Símbolo: t

A tolerância indica uma faixa de valores compreendidos entre as dimensões limites. Também denominada de Zona de Tolerância ou Campo de tolerância.

$t = D_{\text{máx}} - D_{\text{min}}$ (Furos) e $t = d_{\text{máx}} - d_{\text{min}}$ (Eixos) ou

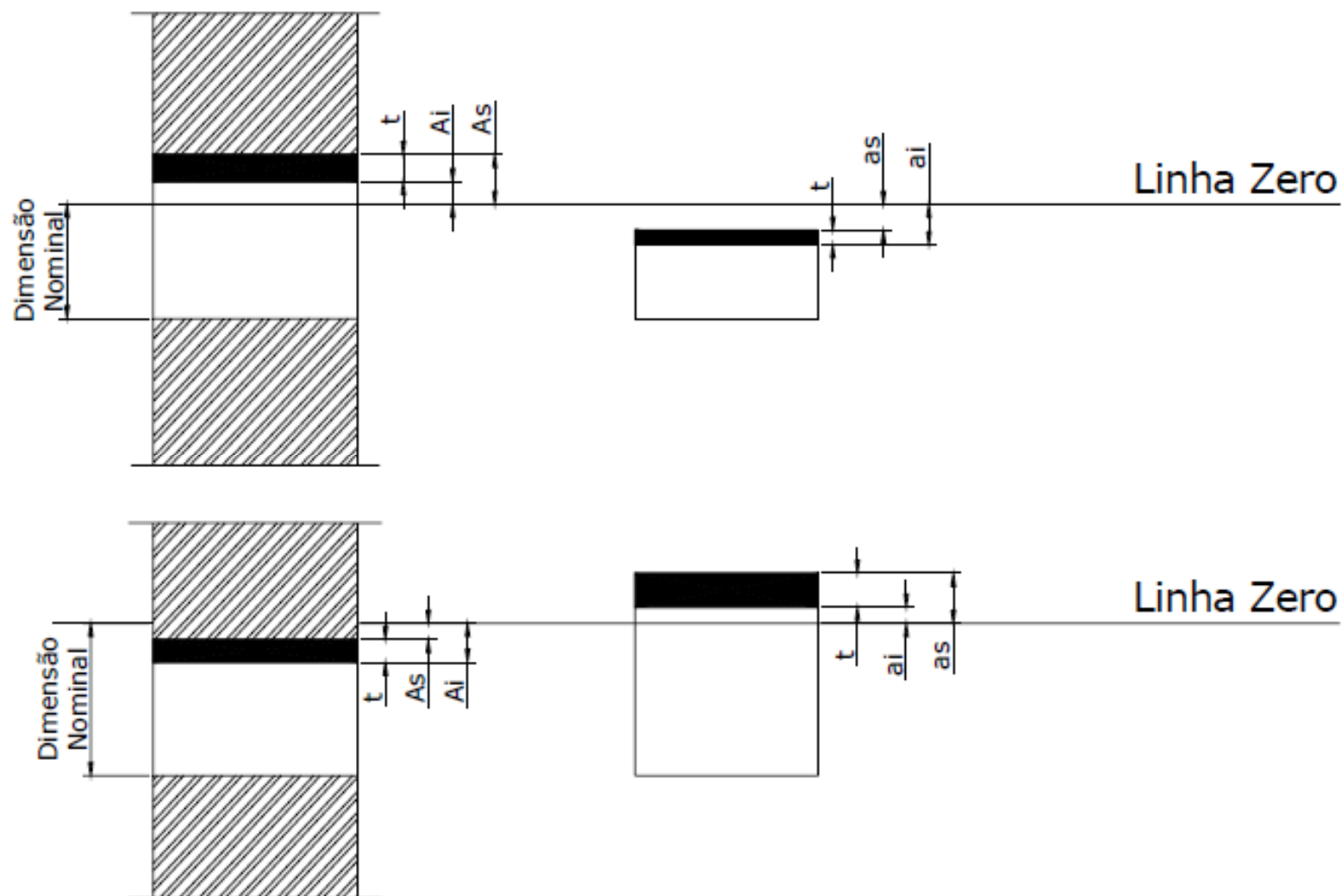
$t = A_s - A_i$ (Furos) e $t = a_s - a_i$ (Eixos)

LINHA ZERO: É a linha que indica a posição da dimensão nominal em um desenho.

Ela serve de referência para os afastamentos.

☞ *Afastamentos acima da linha zero são positivos*

☞ *Afastamentos abaixo da linha zero são negativos*



Afastamentos superior e inferior e tolerância t para eixo e furo

Terminologia de Ajustes

- O que é Ajuste?

Ajuste é o modo de se conjugar duas peças introduzidas uma na outra.

Através do ajuste pode-se assegurar que as peças acopladas terão movimento relativo entre si ou estarão firmemente unidas.

Terminologia de Ajustes

SUPERFÍCIE DE AJUSTE: Toda superfície de contato entre peças acopladas, sejam elas fixas ou móveis.

AJUSTE CILÍNDRICO: Ajuste entre superfícies de ajustes cilíndricas circulares. Ex.: Aro interno do rolamento com o eixo correspondente.

AJUSTE PLANO: Ajuste entre pares de superfícies de ajustes planas. Ex.: Ajustes entre as guias prismáticas de uma máquina-ferramenta.

AJUSTE CÔNICO: Ajuste entre superfícies de ajustes cônicas circulares. Ex.: Pinos cônicos de centragem entre duas peças.

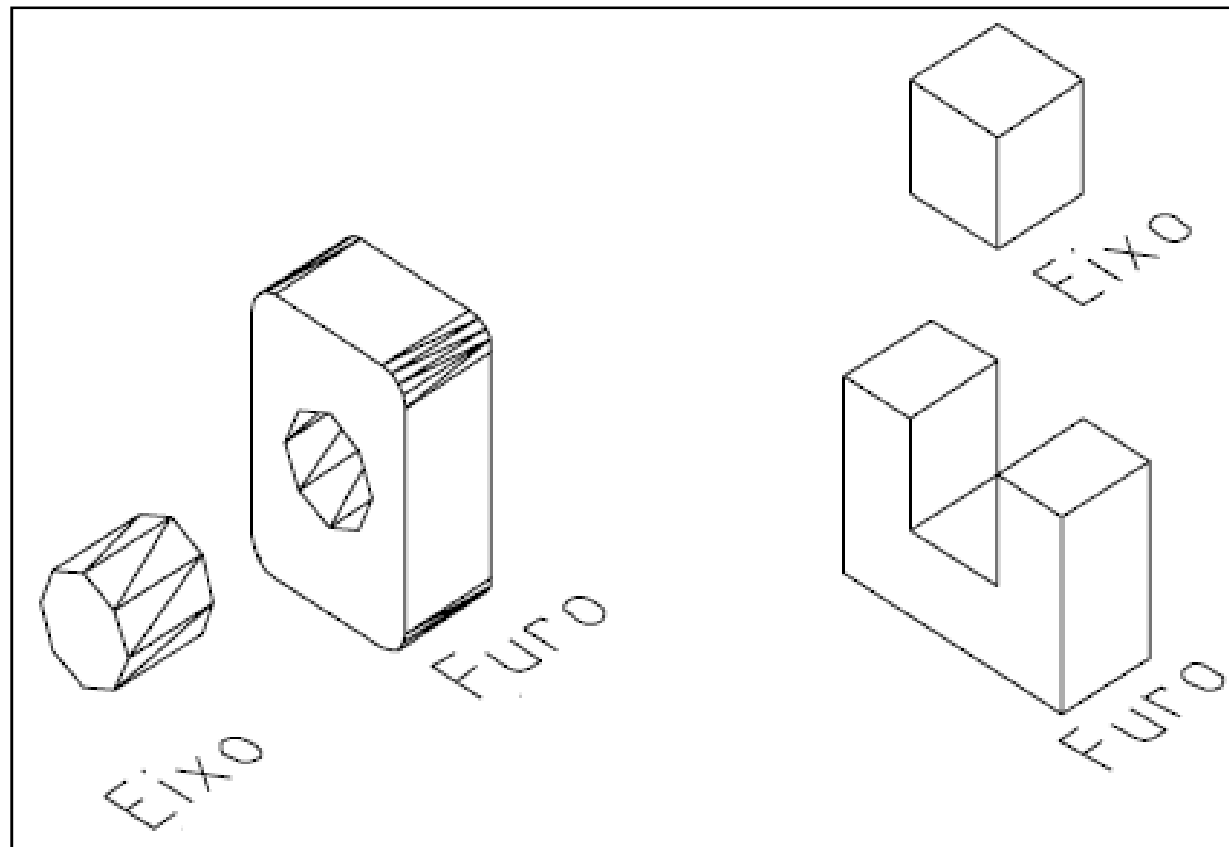
Terminologia de Ajustes

COMPONENTES DO AJUSTES: São os componentes ou peças destinadas ao ajuste.

a) Componente ou peça exterior. É a peça do ajuste que cobre a peça acoplada \Rightarrow FURO

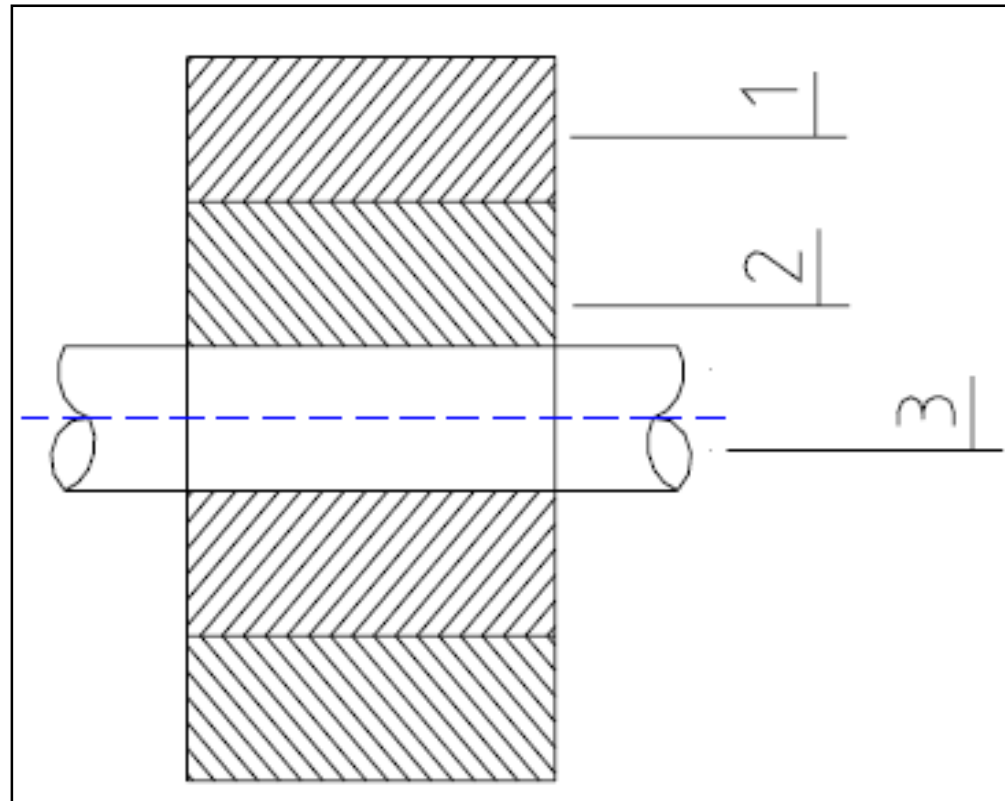
b) Componente ou peça interior. É a peça do ajuste que é coberta pela peça acoplada \Rightarrow EIXO

Terminologia de Ajustes



Conceitos de eixo e furo

Terminologia de Ajustes



Acoplamento Múltiplo

Terminologia de Ajustes

FOLGA: Folga (ou jogo) é a diferença, em um acoplamento, entre as dimensões do furo e do eixo, *quando o eixo é menor que o furo*. Símbolo F .

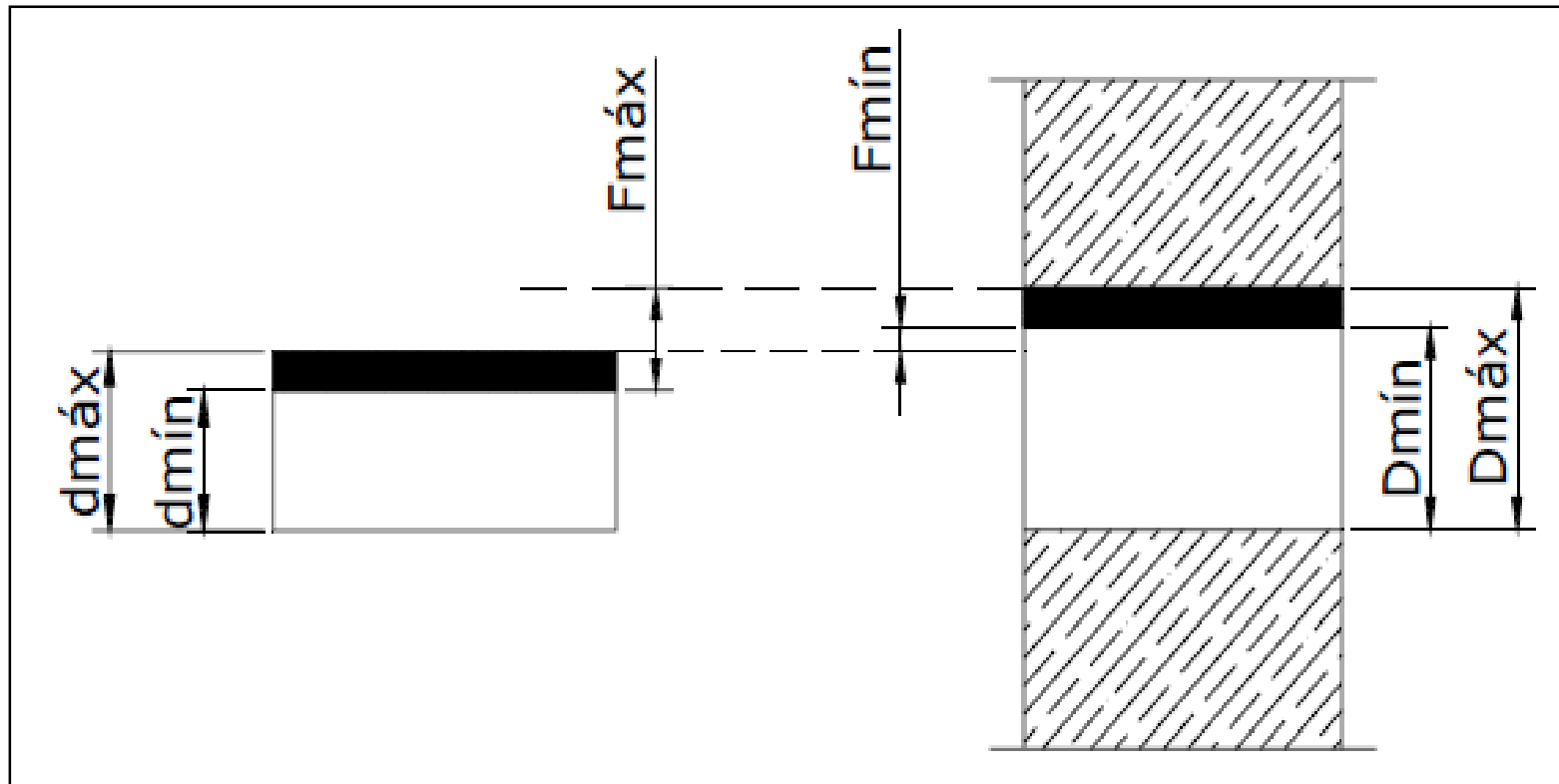
FOLGA MÁXIMA: É a diferença entre as dimensões máxima do furo e mínima do eixo, *quando o eixo é menor que o furo*. Símbolo $F_{\text{máx}}$.

$F_{\text{máx}} = D_{\text{máx}} - d_{\text{min}}$. Através desta equação $F_{\text{máx}}$ será *sempre positiva*.

FOLGA MÍNIMA: É a diferença entre as dimensões mínima do furo e máxima do eixo, *quando o eixo é menor que o furo*. Símbolo F_{min} .

$F_{\text{min}} = D_{\text{min}} - d_{\text{máx}}$. Através desta equação F_{min} será *sempre positiva*.

Terminologia de Ajustes



Folgas Máxima e Mínima

Terminologia de Ajustes

INTERFERÊNCIA: É a diferença, em um acoplamento, entre as dimensões do furo e do eixo, quando o eixo é maior que o furo. Símbolo I.

Terminologia de Ajustes

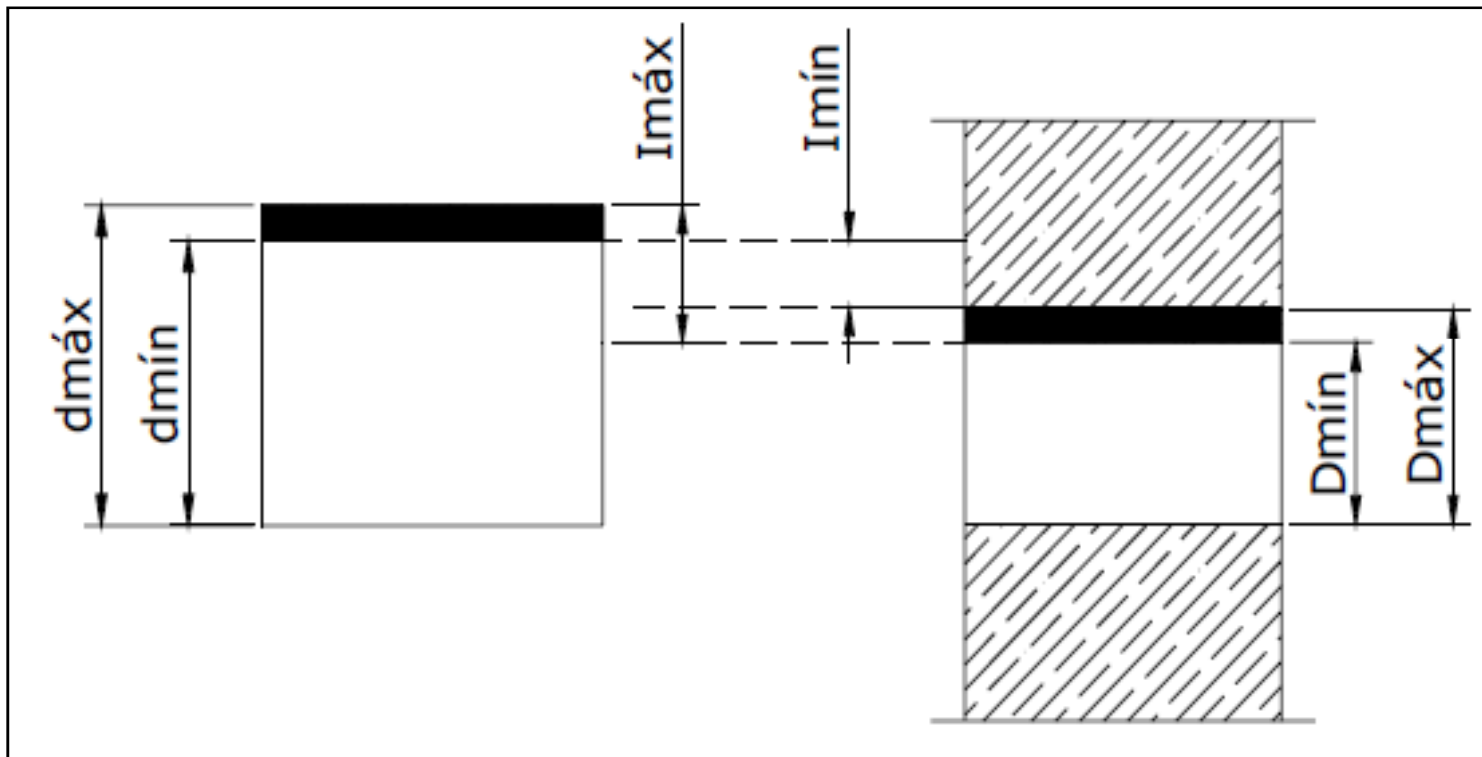
INTERFERÊNCIA MÁXIMA: É a diferença entre as dimensões mínima do furo e máxima do eixo, *quando o eixo é maior que o furo*. (Símbolo $I_{\text{máx}}$).

$I_{\text{máx}} = D_{\text{min}} - d_{\text{máx}}$. Através desta equação, $I_{\text{máx}}$ será *sempre negativa*.

INTERFERÊNCIA MÍNIMA: É a diferença entre as dimensões máxima do furo e mínima do eixo, *quando o eixo é maior que o furo*. Símbolo I_{min} .

$I_{\text{min}} = D_{\text{máx}} - d_{\text{min}}$. Através desta equação, I_{min} será *sempre negativa*.

Terminologia de Ajustes



Interferências Máxima e Mínima

Terminologia de Ajustes

TOLERÂNCIA DO AJUSTE: É a variação possível da folga ou da interferência entre as peças que se acoplam. Símbolo: t_{AJ}

$$t_{AJ} = t_{EIXO} + t_{FURO}$$

$$t_{AJ} = F_{\text{máx}} - F_{\text{min}} \Rightarrow \text{Ajuste com folga}$$

$$t_{AJ} = |I_{\text{máx}}| - |I_{\text{min}}| \Rightarrow \text{Ajuste com Interferência}$$

$$t_{AJ} = F_{\text{máx}} + |I_{\text{máx}}| \Rightarrow \text{Ajuste Incerto}$$

Terminologia de Ajustes

AJUSTE: É o comportamento de um eixo em um furo, ambos com a mesma dimensão nominal. No acoplamento sempre haverá ajuste, caracterizado pela folga ou interferência presente.

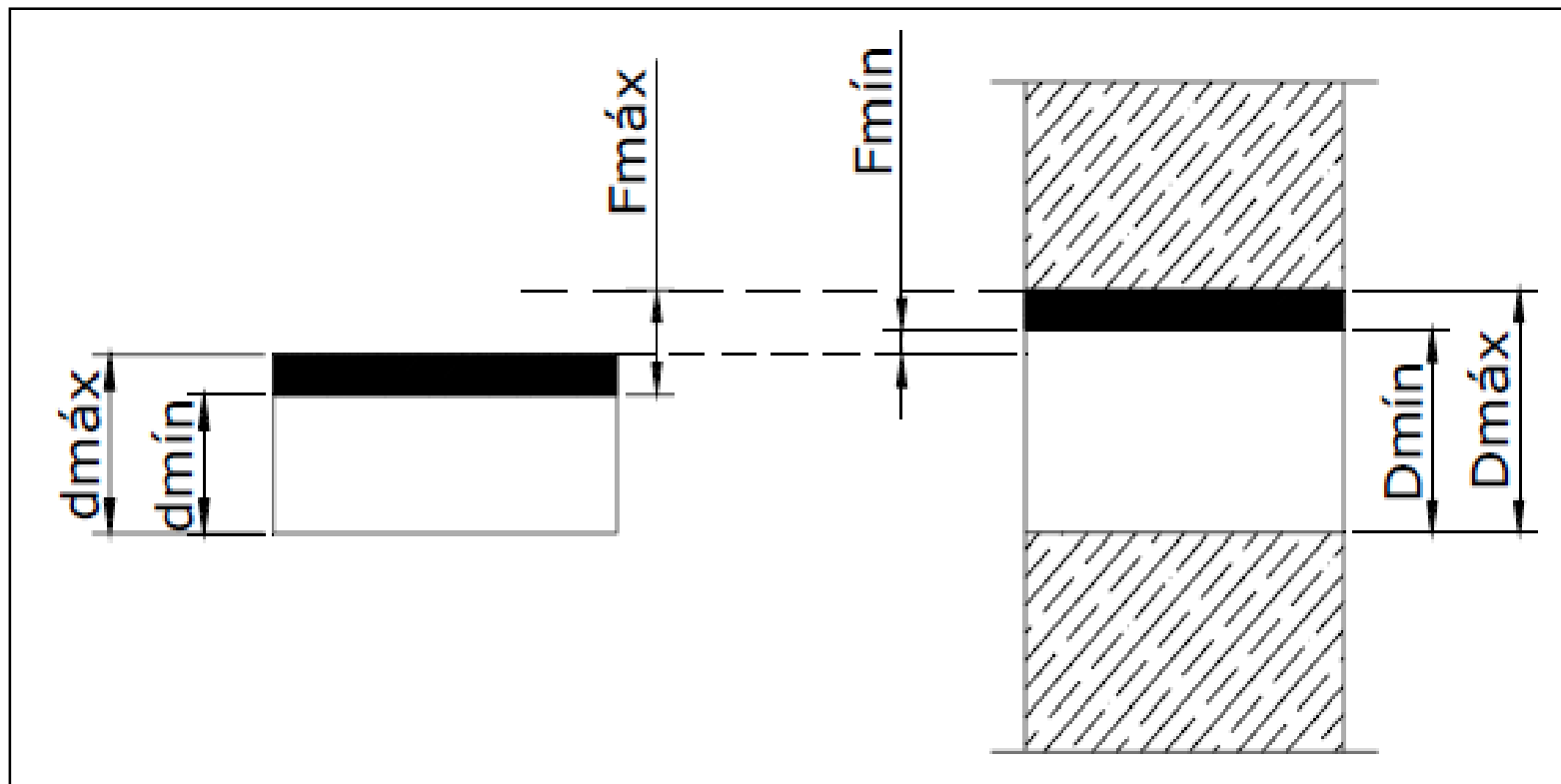
☞ *Em um ajuste o furo e eixo terão sempre o **mesmo** diâmetro nominal!*

Dependendo das variações dimensionais entre as peças que se acoplam pode-se ter ajuste com folga (móvel), com interferência (prensado) ou incerto (indeterminado).

Terminologia de Ajustes

AJUSTE COM FOLGA: É aquele em que existe folga, ou jogo. Inclui-se o caso em que

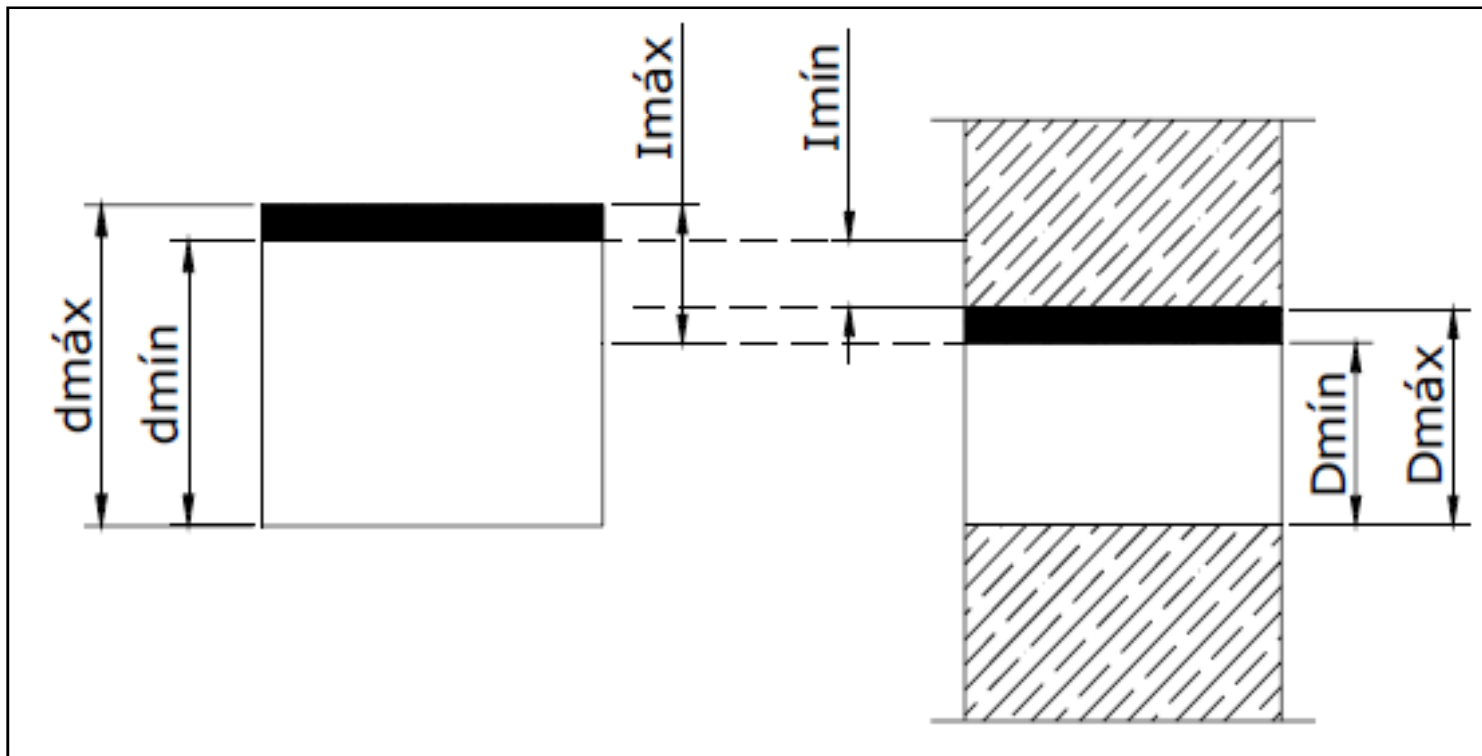
F_{\min} ou $I_{\max} = 0$. Nestes ajustes tem-se: $a_s \leq A_i$.



Terminologia de Ajustes

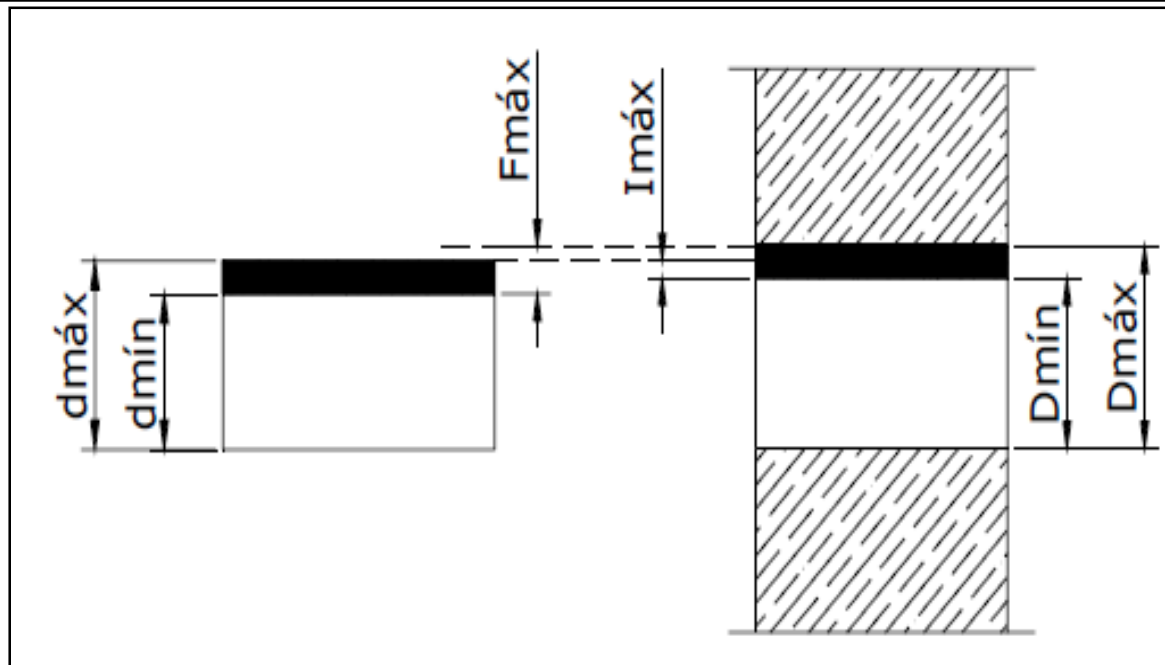
AJUSTE COM INTERFERÊNCIA: É o ajuste em que o diâmetro do eixo é sempre maior que o diâmetro do furo. Nestes ajustes tem-se:

$$A_s < a_i.$$



Terminologia de Ajustes

AJUSTE INCERTO: É o ajuste que pode ser com folga ou com interferência. Neste tipo de ajuste não pode ser previsto de antemão se haverá folga ou interferência. Somente após o conhecimento das dimensões efetivas é que estes valores poderão ser determinados. Nestes ajustes tem-se: $a_s \geq A_i$ e $A_s \geq a_i$.



Sistemas de Ajustes

Para solucionar o problema de variações dimensionais para um mesmo ajuste, criou-se os **sistemas de ajustes**, que compreendem uma série de ajustes metodicamente estabelecidos com distintas folgas e interferências.

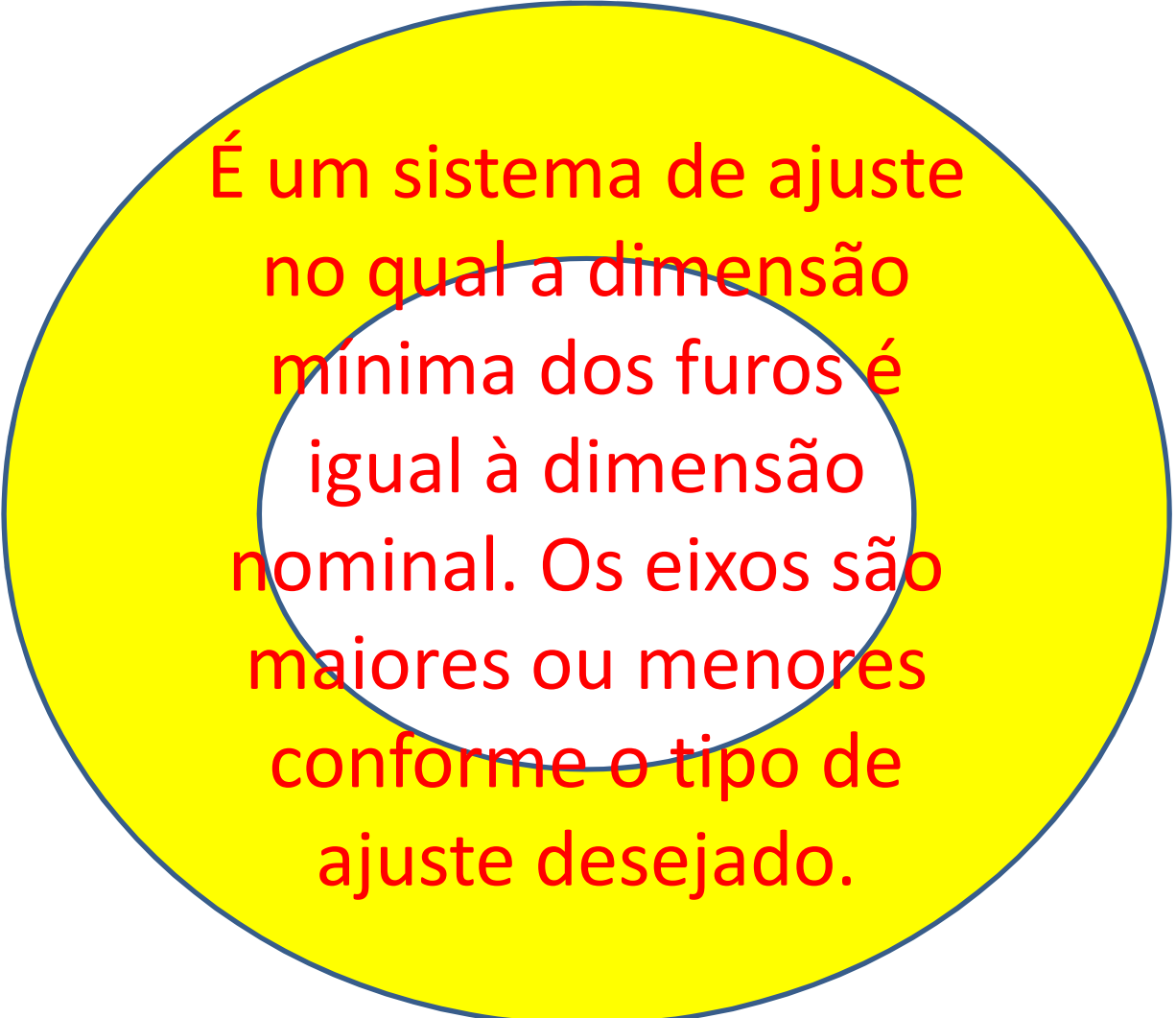
Sistemas de Ajustes

☞ **Sistemas de ajustes** é um conjunto de princípios, regras, tabelas e fórmulas que permite uma escolha racional de tolerâncias no acoplamento eixo-furo, para se obter uma condição pré-estabelecida.

Sistema Eixo-Base

É um sistema de ajuste nos qual as dimensões máximas dos eixos são iguais à dimensão nominal. Os furos são maiores ou menores conforme o tipo de ajuste desejado.

Sistema Furo-Base

A diagram illustrating the hole-basis fit system. It consists of two concentric circles. The outer circle is yellow and represents the hole, while the inner circle is white and represents the shaft. The text is written in red across the center of these circles.

É um sistema de ajuste no qual a dimensão mínima dos furos é igual à dimensão nominal. Os eixos são maiores ou menores conforme o tipo de ajuste desejado.