

CADEIA DE TOLERÂNCIA

(TOLERANCE CHARTING)



Sumário

- Introdução
- Definições e Símbolos
- Construção
- Exemplos



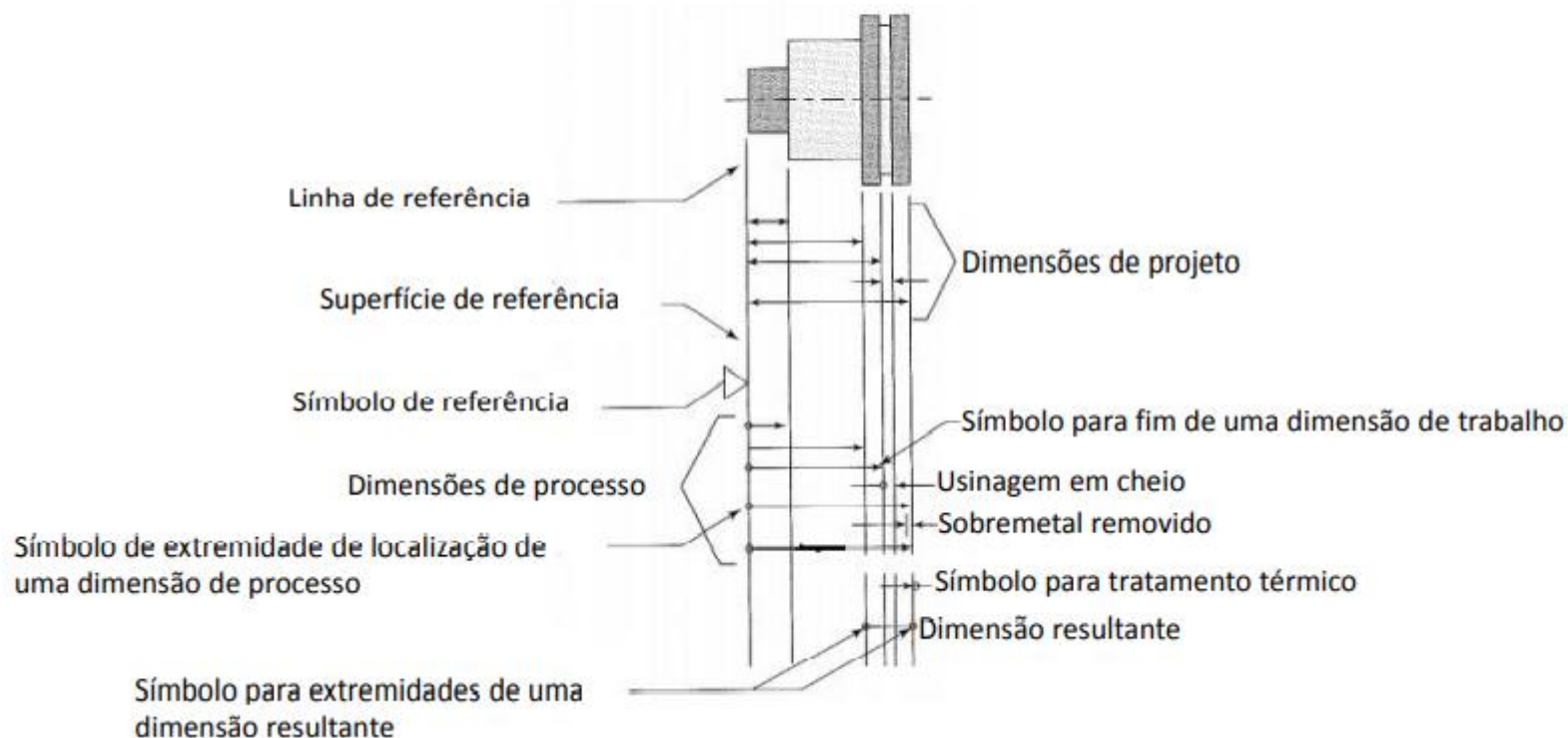
1. Introdução

- O que é uma carta de tolerância?
 - É um gráfico contendo **dimensões de manufatura**, **tolerâncias** e **sobremetais** para cada operação de uma sequência de fabricação.
- O que uma carta de tolerância faz?
 - Garante que o **processamento**, **dimensionamento** e **tolerâncias** propostos para uma peça produza a peça de acordo com o **projeto**.



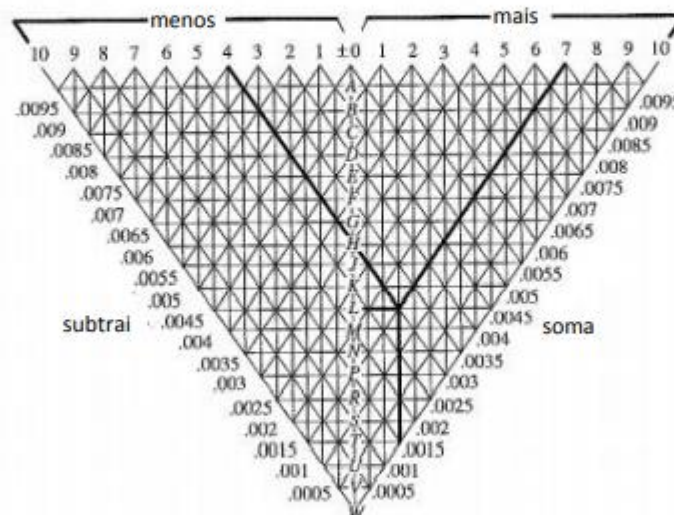
- Desenvolvimento
 - Do processo de manufatura mais viável
 - Dimensões de usinagem mais precisas
 - Máximas tolerâncias
 - Sobremetal de usinagem necessário
- Determinação
 - De superfícies de referência
 - Calibradores específicos
- Fornecer meios de
 - Processamento X capacidade da máquina
 - Comparação de processos
 - Determinar matéria prima (“blank”)
 - Facilitar modificações

2. Definições e Símbolos



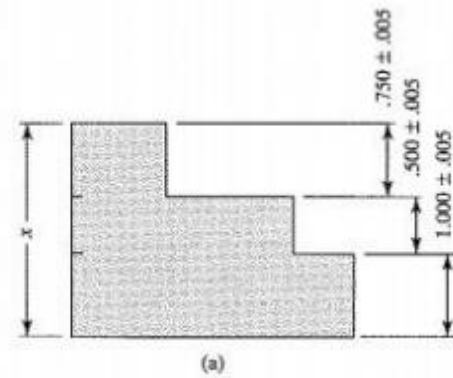
2.1. Adicionando e Subtraindo Tolerâncias

Adicionando e subtraindo tolerâncias – Carta de conversão de tolerâncias



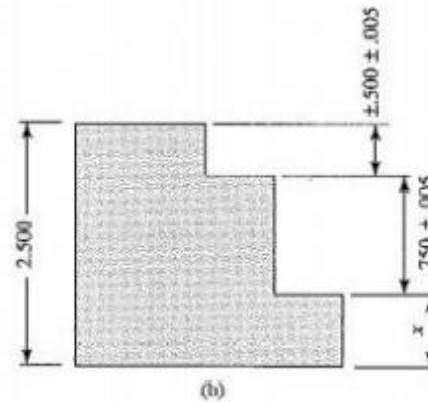
A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
.0005	.001	.0015	.002	.0025	.003	.0035	.004	.0045	.005
L	M	N	P	R	S	T	U	V	W
.0055	.006	.0065	.007	.0075	.008	.0085	.009	.0095	.010

Somando tolerâncias



$$\begin{array}{r}
 1.000 \pm .005 \\
 + .500 \pm .005 \\
 + .750 \pm .005 \\
 \hline
 x = 2.250 \pm .015
 \end{array}$$

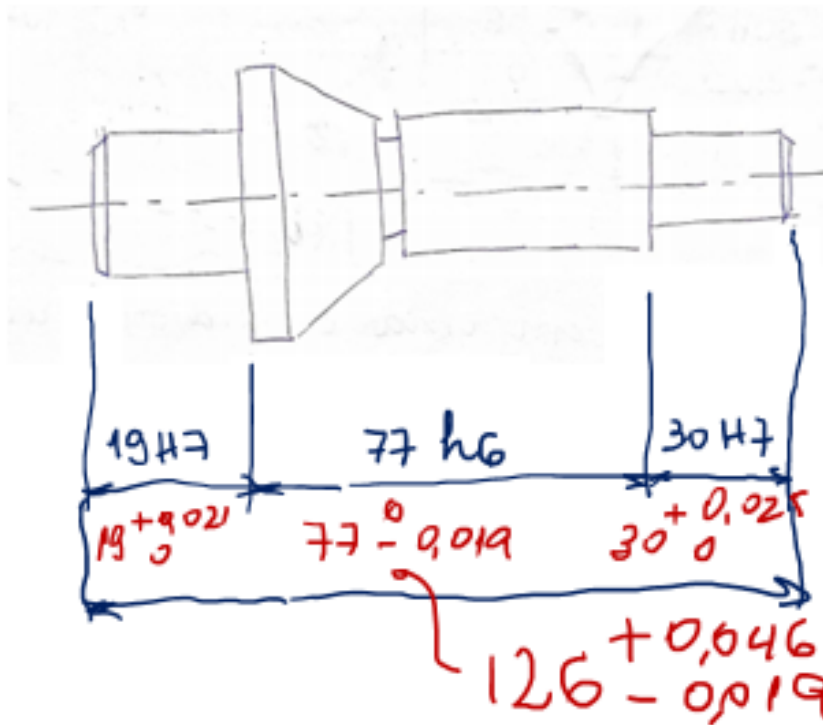
Subtraindo tolerâncias



$$\begin{array}{r}
 2.500 \pm .005 \\
 - .500 \pm .005 \\
 \hline
 2.000 \pm .010 \\
 - .750 \pm .005 \\
 \hline
 x = 1.250 \pm .015
 \end{array}$$



a) Todas as cotas possuem tolerância



Tab. 2 NBR 6158

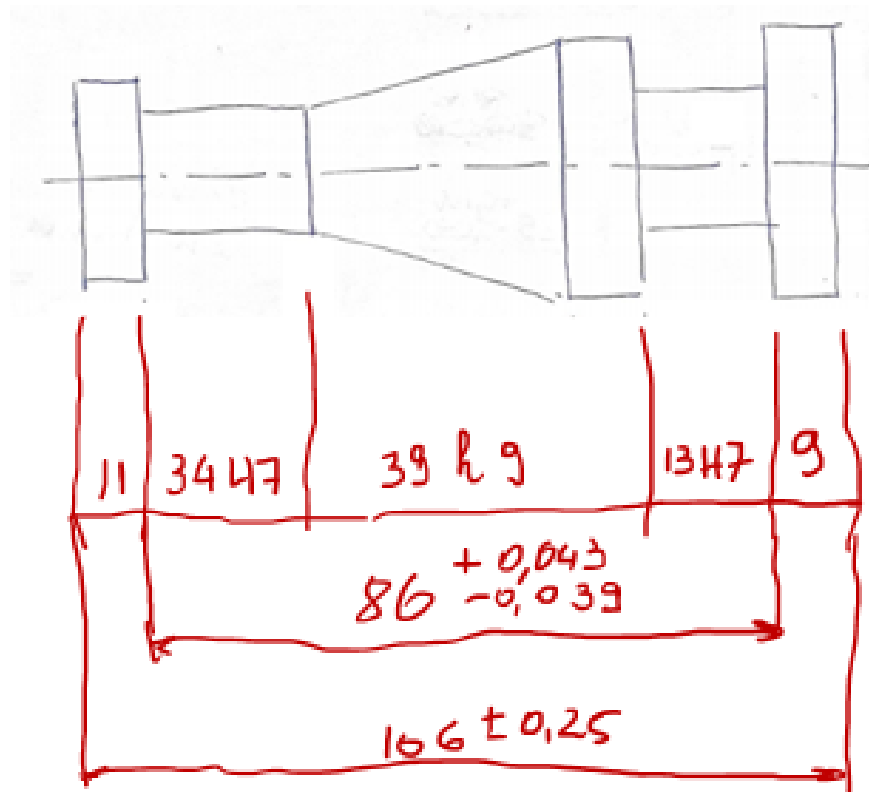
19H7 - IT = 0,021

77h6 - IT = 0,019

30H7 - IT = 0,025



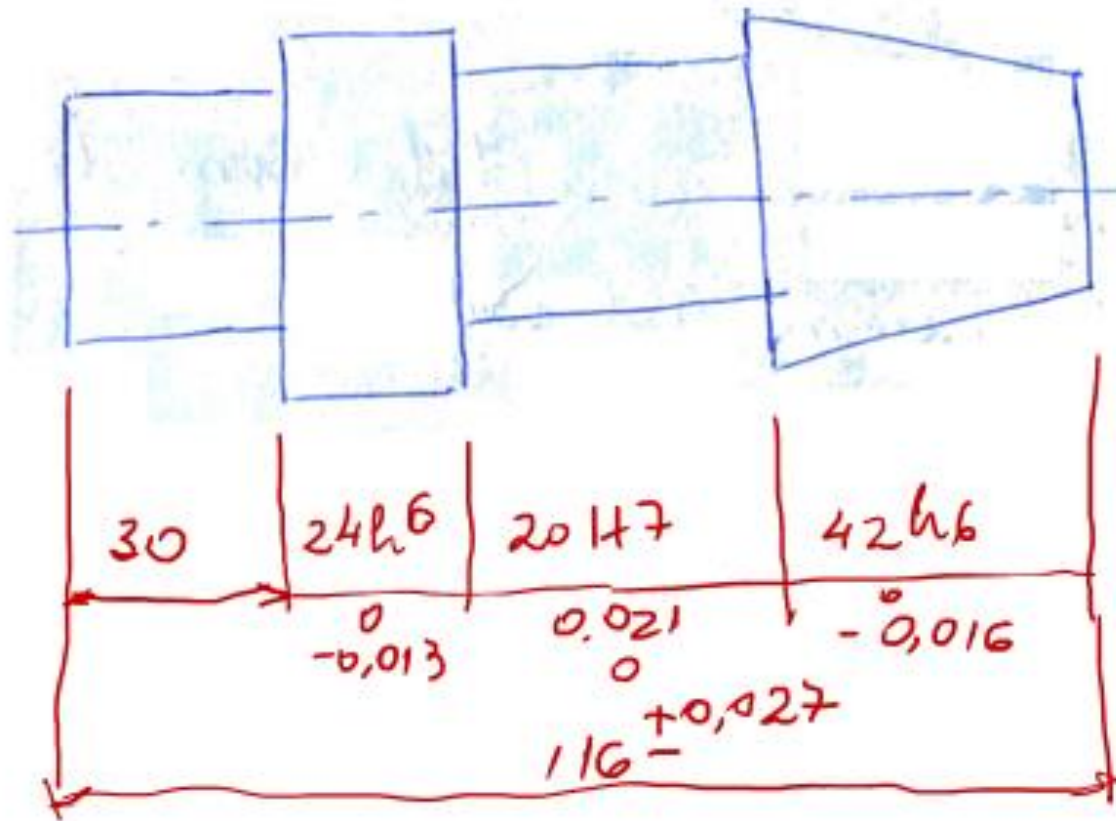
b) Não todas as cotas parciais possuem tolerância e a cota total possui tolerância.
 Determinar a cota semitotal.



30H7 $\begin{matrix} 0,025 \\ 0 \end{matrix}$
 39k9 $\begin{matrix} 0 \\ -0,039 \end{matrix}$
 13H7 $\begin{matrix} 0,018 \\ 0 \end{matrix}$

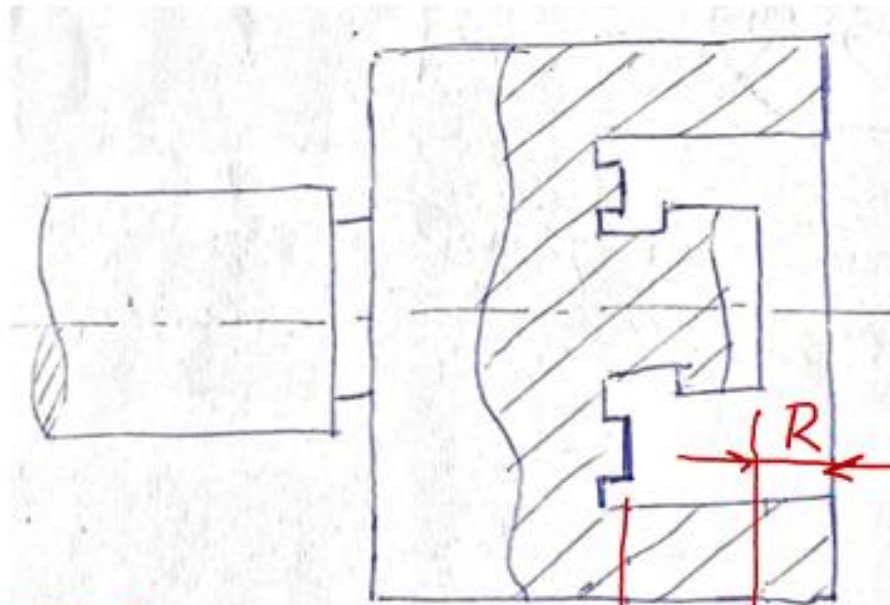
DETERMINANDO A COTA TOTAL COM TOLERÂNCIA

- c) Uma cota parcial fica aberta para compensação e a cota total é tolerada por razões de funcionamento





CALCULANDO A COTA RESULTANTE EM UMA CADEIA OU SÉRIE DE TOLERÂNCIAS



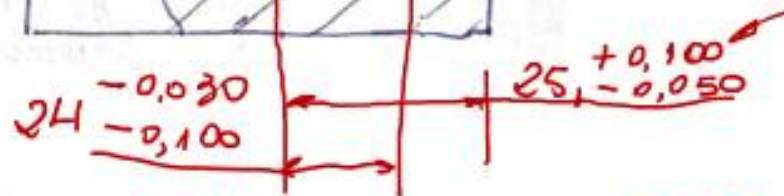
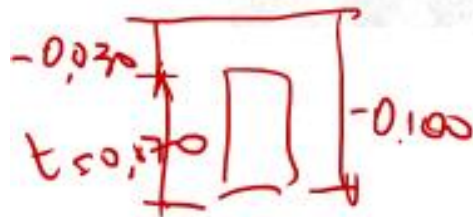
$$25 \rightarrow t = 0,150 \text{ mm}$$

$$24 \rightarrow t = 0,070 \text{ mm}$$

$$R \rightarrow t_2 = 0,150 + 0,070$$

$$t_R = 0,220 \text{ mm}$$

$$R = 1 \text{ mm} = (25 - 24)$$

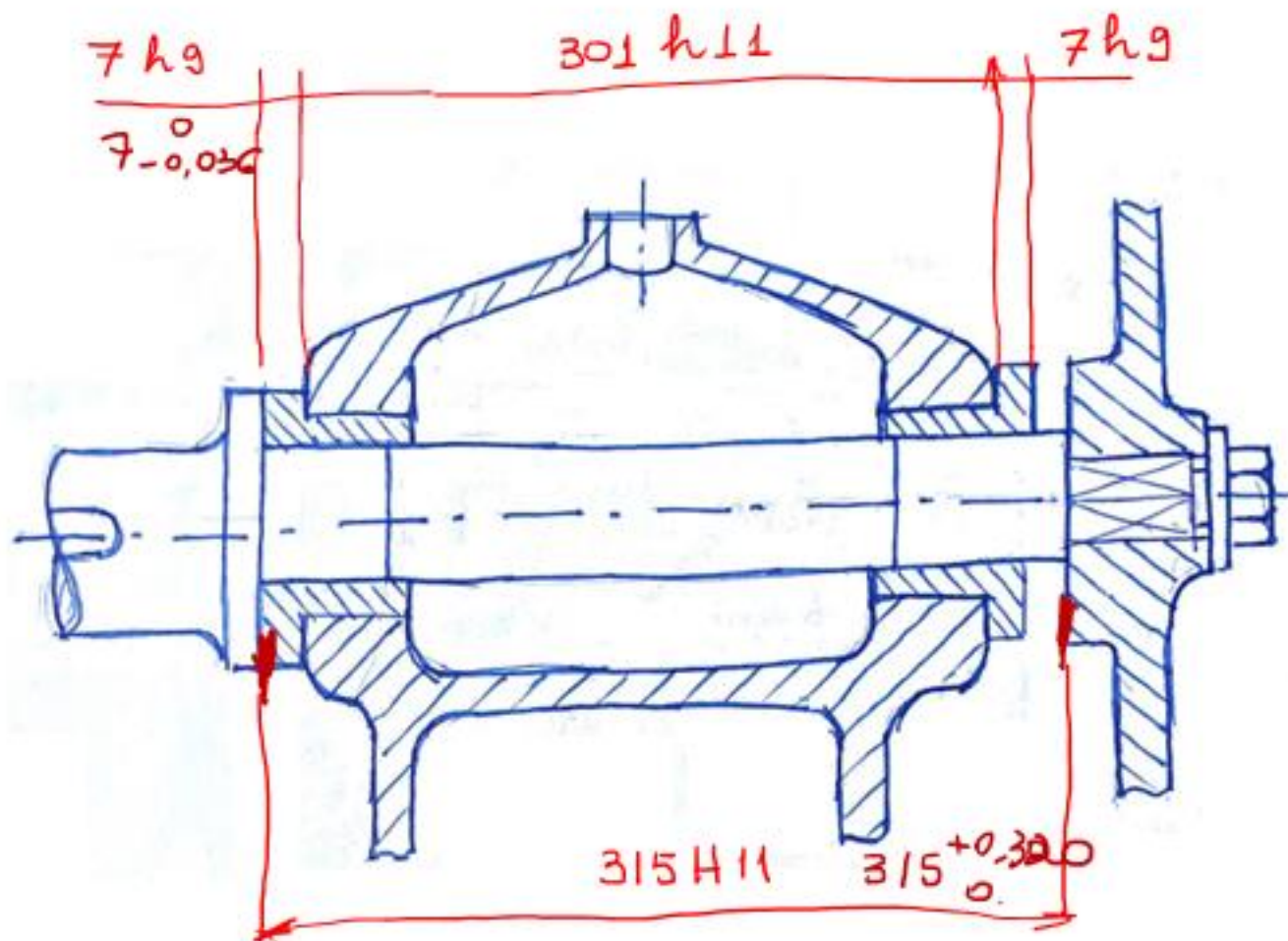


$$e_{sR} = \sum e_{s\oplus} - \sum e_{i\ominus} = 0,100 - (-0,100) = 0,200$$

$$e_{iR} = \sum e_{i\oplus} - \sum e_{s\ominus} = -0,050 - (-0,030) = -0,020$$

$$R = 1 \begin{matrix} +0,200 \\ -0,020 \end{matrix} \text{ mm}$$

AVALIANDO O JOGO AXIAL DO EIXO





$$t_R = 0,036 + 0,320 + 0,036 + 0,320 = \underline{0,712} \text{ mm}$$

$$R = 315 - (301 + 7 + 7) = \underline{0} \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} e_{s_R} &= \sum e_{s_{\oplus}} - \sum e_{i_{\ominus}} = \\ &= 0,320 - (-0,036 - 0,320 - 0,036) = \underline{0,712} \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_{i_R} &= \sum e_{i_{\oplus}} - \sum e_{s_{\ominus}} = \\ &= 0 - (0 + 0 + 0) = 0 \end{aligned}$$

Logo $R = 0 \begin{smallmatrix} +0,712 \\ 0 \end{smallmatrix} \rightarrow$ folga máxima: 0,712 mm
folga mínima: 0

3. Construindo a carta de tolerâncias

1. Processamento

- Sequência de operações
- Descrição de cada operação
- Faces de referência para cada operação
- Máquina para cada operação
- Ferramental (ponta única, ferramenta da forma, fresa etc.)

2. Leiaute

- Peça
- Dimensões de usinagem
- Tolerâncias de usinagem
- Faces de referência
- Superfícies usinadas



3. Formulário (carta)

- Trace o diagrama com o desenho da peça no centro. A escala e perfil da peça podem ser exagerados para evidenciar as superfícies envolvidas.

4. Leiaute na carta

- Dimensões de usinagem
- Tolerâncias de usinagem
- Faces de referência
- Superfícies usinadas
- Dimensões resultantes



5. Calcule as dimensões resultantes
6. Calcule o sobremetal de usinagem
7. Marque as linhas envolvidas
8. Indique a conclusão da carta
9. Adicione as dimensões de projeto e tolerâncias
10. Determine as dimensões e tolerâncias reais e compare com as dimensões e tolerâncias de projeto
11. Faça as modificações e correções se necessário

4. Exemplos

- Exemplo 1

Pivô

Material: barra laminada

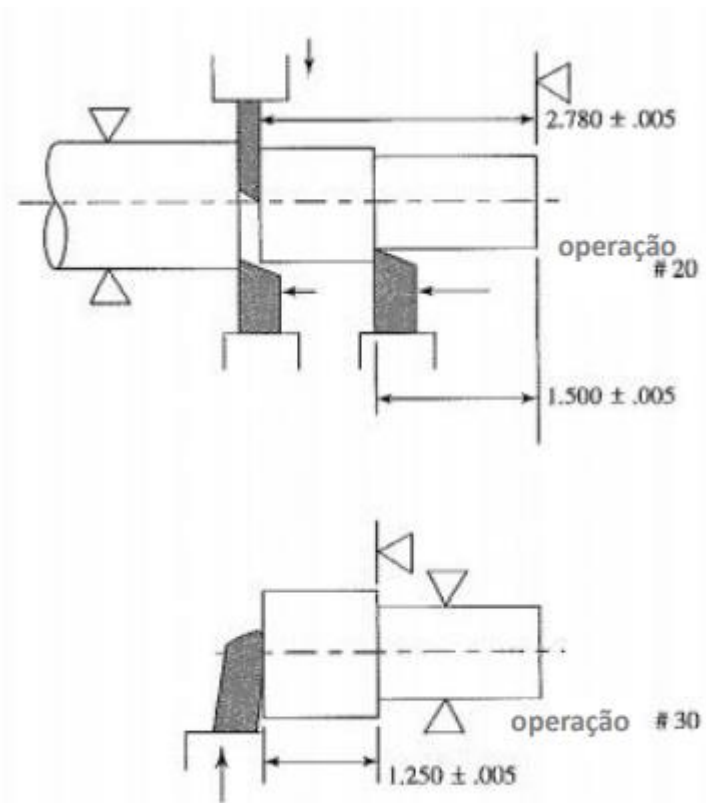
Processamento: torneamento

Produção: baixa





Op. No.	Equipamento	Descrição da operação
20	Torno revólver	Alimentar com barra laminada até "stop" Pinça no diâmetro Tornear os dois diâmetros Cortar no comprimento
30	Torno	Prender na placa pelo diâmetro menor Localizar contra ombro Facear face maior



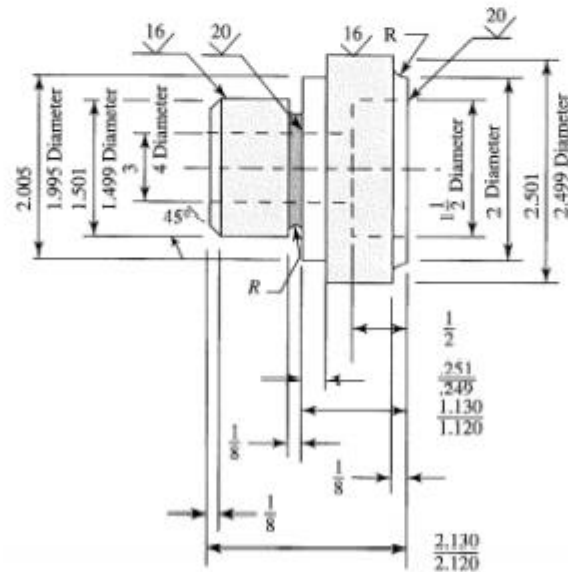
- Exemplo 2

Overrunner clutch hub (cubo da embreagem)

Material: Aço 1020 forjado

Processamento: torneamento, furação, tratamento térmico (cementação e têmpera, **0,06" mín.**), retificação.

Produção: alta



Tolerâncias não indicadas $\pm 0,015''$



No. Op.	Equipamento	Descrição da Operação
20	Centro de Usinagem de 4 eixos	<p>Estação #1</p> <ul style="list-style-type: none"> Carrega e descarrega Prende na placa dia. Maior Localiza contra superfície bruta Facear (J) <p>Estação #2</p> <ul style="list-style-type: none"> Tornear desbaste dia. Ext. menor Tornear desbaste dia. 2,000 Facear <p>Estação #3</p> <ul style="list-style-type: none"> Tornear acabamento (forma) dia. 2.000 e rasgo Chanfrar 1/8" x 45° Furar dia. 3/4" até a metade <p>Estação 4</p> <ul style="list-style-type: none"> Tornear acabamento dia, menor Furar dia. 3/4" até o final



30	Centro de Usinagem de 4 eixos	<p>Estação #1</p> <ul style="list-style-type: none"> Carrega e descarrega Prende pelo dia. menor Localiza pela face do dia. menor <p>Estação #2</p> <ul style="list-style-type: none"> Tornear de desbaste dia. maior Tornear de forma dia. 2" Facear <p>Estação #3</p> <ul style="list-style-type: none"> Tornear acabamento dia. maior Furar em desbaste rebaixo do furo <p>Estação #4</p> <ul style="list-style-type: none"> Acabamento no rebaixo do furo
40		Inspeção
50	Estação de tratamento Térmico	Cementar e temperar superfícies externas. Profundidade mínima de 0,066 ".

50	Estação de tratamento Térmico	Cementar e temperar superfícies externas. Profundidade mínima de 0,066 “.
60	Retificadora Cilíndrica Externa	Placa no dia. maior Localizar contra face maior Retificar dia. maior
70	Retificadora Cilíndrica Externa	Placa no dia. menor Localizar contra o ombro (E) Retificar dia. maior
80	Retificadora Cilíndrica Externa	Placa no dia. menor Localizar contra ombro (E) Retificar superfície maior
90	Equipamento de rebarbação	Rebarbar

