

7.3 – Uniões Eixo-Cubo encaixadas (ou por adaptação de forma)

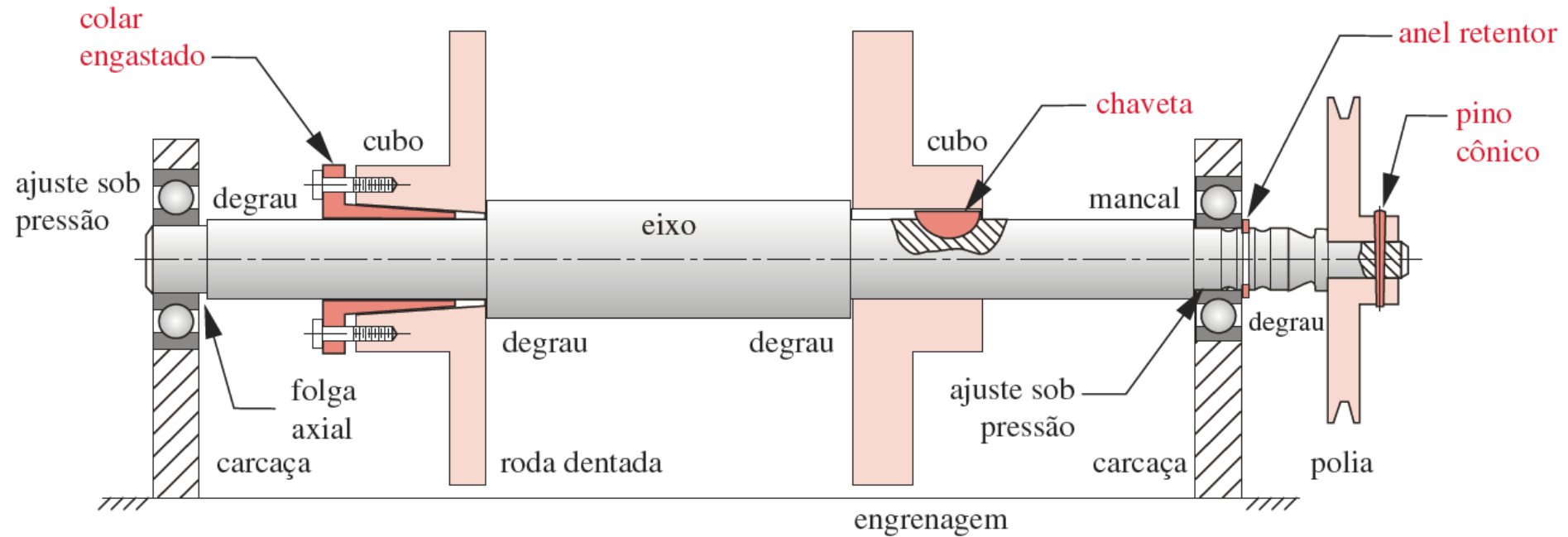


Fig.10.2 - Vários métodos para fixar elemento a eixos (Norton)

7.3 – Uniões Eixo-Cubo encaixadas (ou por adaptação de forma)

7.3.1 – Uniões encaixadas com pino transversal

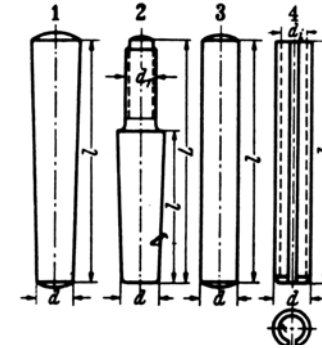
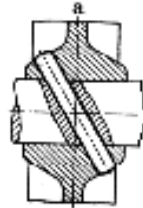


Figura 11.1 – Pino cônico 1, pino cônico com rôca 2, pino cilíndrico 3 e pino elástico 4 Niemann, v.1, p.181

- Forma tradicional e econômica
- Serve p/ pequenos $M_t \rightarrow$ uso implica em maior concentração de tensões
- Pode ser usado p/ limitar forças aplicadas

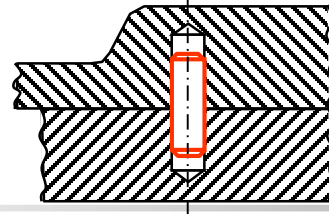
(pino de segurança \rightarrow Área seção = $\frac{F_{adm}}{\tau_{adm}}$)

- O pino cilíndrico pode ser usado como posicionador.

{	Parafusos \rightarrow fixam
	Pinos \rightarrow posicionam

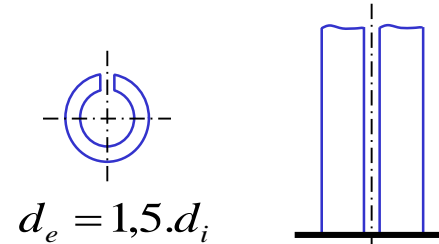
Ex: União de carcaça bi-partida de um redutor de velocidades

Ajuste H_7g_6



- Os pinos são encaixados sob pressão, exigem tolerância dimensional no furo e de posição (no cubo e eixo).
- Pino cônico dá interferência mais controlada.
- Pino com rosca facilita a retirada.
- Pino elástico adapta-se ao furo e não exige tolerância apertada. São feitas de aço de mola ($\sigma_R = 140 \text{ kgf/mm}^2$).

Ver cap. 11 Niemann



$$d_e = 1,5.d_i$$

- Resistência ao cisalhamento :

- Pino maciço aço ($\sigma_{R=60} \text{ [kgf/mm}^2 \text{] })$:	100%
- Pino elástico leve	:	62%
- Pino elástico pesado	:	112%
- Pino ranhurado (cavilha)	:	155%

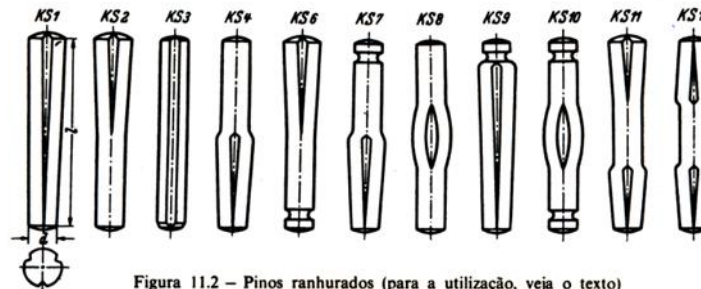
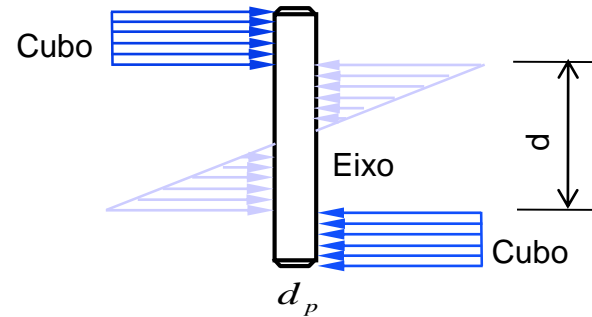
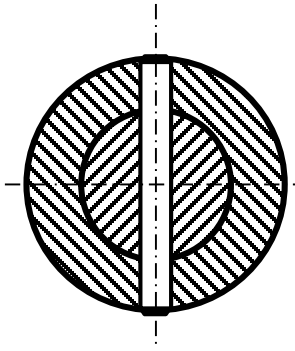


Figura 11.2 – Pinos ranhurados (para a utilização, veja o texto)

- Cavilhas → ranhuras permitem deformação plástica.
- Ajuste com forte interferência.
- Desmontagem com dano.

Dimensionamento :

a) Diâmetro do pino :

$$q = \frac{d_p}{d} = 0,2 \quad \text{a} \quad 0,3$$

b) Dimensões do cubo :

Pode-se adotar :

$$\begin{cases} D = d + 0,8d \\ S = y \cdot \sqrt[3]{M_t} \end{cases} \quad \text{ou então ,} \quad \begin{cases} \frac{D}{d} = 2 \\ \frac{D}{d} = 2,5 \end{cases} \quad \begin{array}{l} \rightarrow \text{ p/ cubos de aço} \\ \rightarrow \text{ p/ cubos de fofo} \end{array}$$

c) Tensão de cisalhamento do pino :

$$\tau_p = \frac{U}{2 \cdot \text{Area pino}} = \frac{2 \cdot M_t \cdot 4}{d \cdot 2 \cdot \pi \cdot d_p^2} = \frac{4 \cdot M_t}{\pi \cdot d \cdot d_p^2} \leq \tau_R$$

d) Pressão específica :

$$P_{e_{\max}} = \frac{6 \cdot M_t}{d_p \cdot d^2}$$

$$P_{cubo} = \frac{M_t}{S \cdot d_p \cdot (d + S)}$$

S = espessura do cubo

No caso de força axial

$$P_e = \frac{F_{ax}}{d \cdot d_p}$$

$$P_{cubo} = \frac{F_{ax}}{2 \cdot S \cdot d_p}$$

Se temos $M_t + F_{axial}$ concomitantes

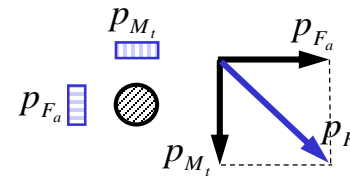
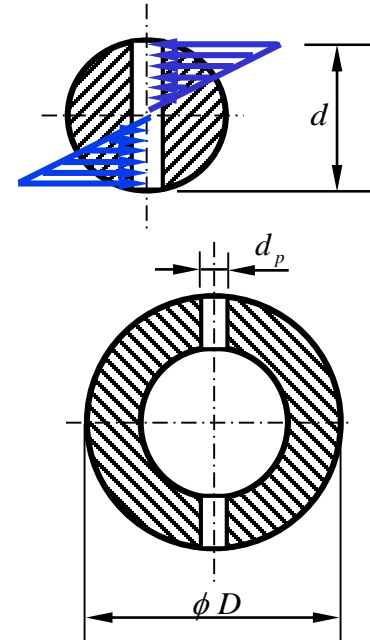
$$P_R \leq P_{adm}$$

e) Cisalhamento no eixo :

$$\tau_{eixo} = \frac{M_t}{W_t}$$

No caso de força axial, há σ_N no eixo

$$\sigma_N = \frac{F_{ax}}{\left(\frac{\pi \cdot d^2}{4} - d_p \cdot d\right)}$$



$$W_t = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \cdot \left(1 - 0,9 \cdot \frac{d_p}{d}\right)$$

Válido para a faixa

$$q = \frac{d_p}{d} = 0,2 \text{ a } 0,3$$

Tab. 11.4 : Valores admissíveis (respectivamente em $[\text{kgf}/\text{cm}^2]$ e $[\text{MPa}]$ para uniões com pinos para solicitação pulsantes):

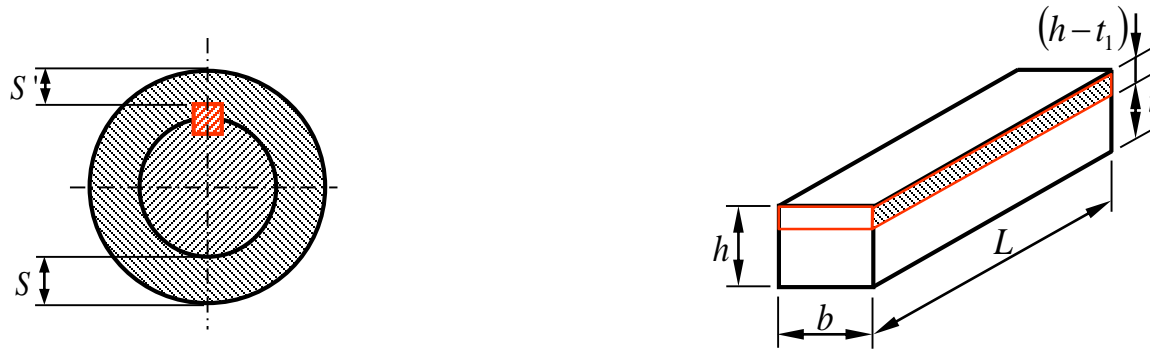
	St37 ABNT 1020	St50 ABNT 1030	St60 ABNT 1040	St70 ABNT 1050	GS fofo nodular	GG fofo cinzento
p_{adm}	650 65	880 88	1050 105	1200 120	550 55	450 45
σ_{fadm}	550 55	700 70	850 85	1000 100	- -	- -
T_{adm}	360 36	480 48	580 58	680 68	- -	- -

- Para solicitação alternada multiplicar por 0,7
- Para solicitação estática multiplicar por 1,5
- No caso de cavilhas, multiplicar por 0,7 os valores de p_{adm}

TABELA 11.4 – Valores admissíveis de p , τ_f e τ (kgf/cm^2) para junções por pinos, segundo a Tab. 11.3, com solicitação “pulsante”. Para solicitações “alternantes”, multiplicar por 0,7, para estáticas, por 1,5. Para movimento de escorregamento, adotar p segundo o Cap. 15.6. Para pinos ranhurados, multiplicar os valores de p também por 0,7 (pressão elevada de ranhura).

Material	St 37	St 50	St 60	St 70	GS	GG
p	650	880	1050	1200	550	450
σ_f	550	700	850	1000	—	—
τ	360	480	580	680	—	—

7.3.2 – Uniões Eixo-Cubo com Chavetas Paralelas (ou “Planas”)



- União eixo-cubo mais comum
- Adequados p/ M_t sem reversão
- Usado também como segurança em assento cônico
- Chaveta meia lua só para baixos M_t
- Chavetas são feitas de aço ABNT 1010 ou 1020
- No máximo se utiliza duas chavetas à 120° uma da outra, se os cálculos indicam mais, então a união por chaveta deve ser desconsiderada.

Ajustes:

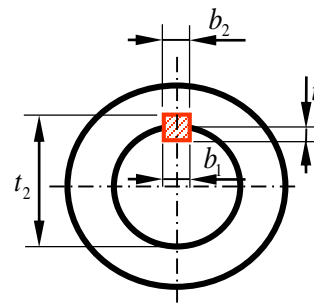
Chaveta / eixo

$h_8 R_8 \rightarrow$ interferência

Chaveta / cubo

largura - $h_8 H_9 \rightarrow$ indeterminado com tendência a folga

altura - $H_{11} h_{11} \rightarrow$ grande folga



Eixo: $t_1 - C_{11}$
 $b_1 - R_8$

Cubo: $t_2 - H_{11}$
 $b_2 - H_9$

Chaveta : $b - h_8$
 $h - h_{11}$

Dimensionamento:

$$S, S', L \quad \Rightarrow \quad x \cdot \sqrt[3]{M_t}, \text{ etc...}$$

$$\left. \begin{matrix} b, h \\ t_2, t_1 \end{matrix} \right\} \quad \Rightarrow \quad \text{tab. 18.6 - Niemann v.2, p.71}$$

a) Verificação L_{\min} :

$$U = \frac{2 \cdot M_t}{d} = p \cdot (h - t_1) \cdot L \cdot i \quad i = \text{número de chavetas (i = 1 ou 2)}$$

$$M_t = (h - t_1) \cdot \frac{d}{2} \cdot p_{adm} \cdot L \cdot i \quad \Rightarrow \quad \boxed{L_{\min} = \frac{2 \cdot M_t}{(h - t_1) \cdot d \cdot p_{adm} \cdot i}}$$

b) Esmagamento do cubo (+ crítica $(h - t_1) < t_1$) :

$$\boxed{p_{cubo} = \frac{U}{(h - t_1) \cdot L} = \frac{2 \cdot M_t}{(h - t_1) \cdot L \cdot d} \leq p_{adm}}$$

c) Esmagamento do eixo :

$$\boxed{p_{eixo} = \frac{U}{t_1 \cdot L} \leq p_{adm}}$$

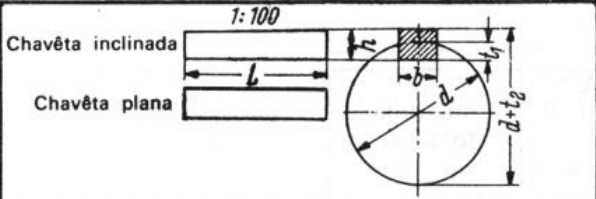
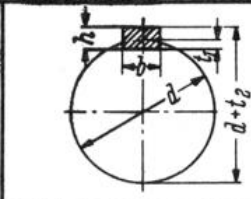
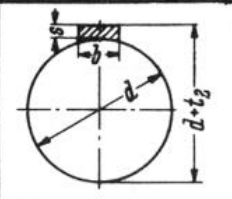
p/ 2 chavetas $L = (L \cdot i \cdot 0,75)^*$

d) Cisalhamento chaveta :

$$\boxed{\tau = \frac{U}{b \cdot L} \leq \tau_{adm}}$$

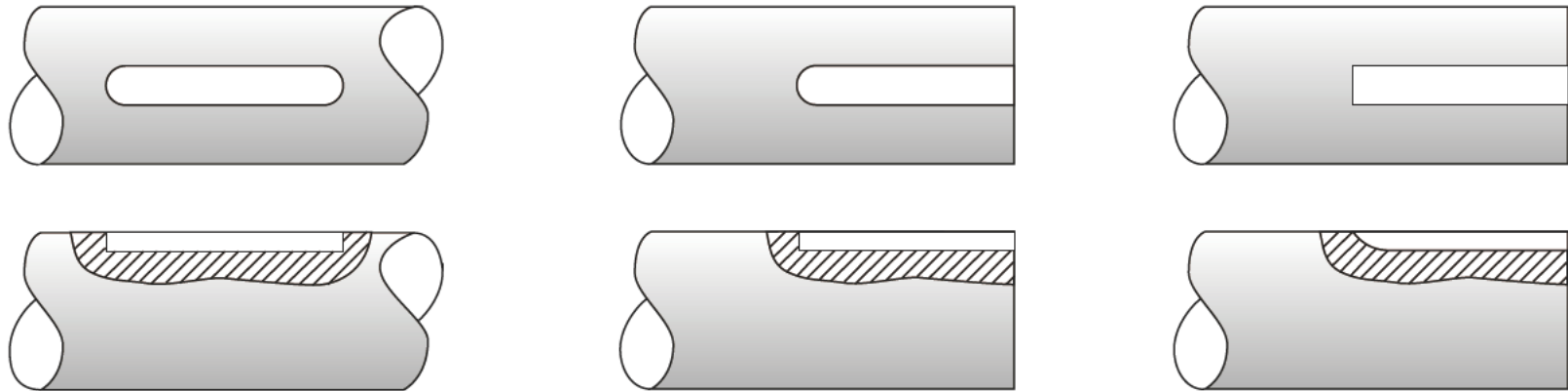
* fator 0,75 para 2 chavetas deve-se ao não apoio perfeitamente simultâneo

TABELA 18.6 – Dimensões (mm) dos rasgos e de chavêtas planas e inclinadas segundo DIN.

																
Eixo d		Para chavêtas planas, segundo DIN 6885 (fevereiro de 1956), e chavêtas inclinadas, segundo DIN 6886 (fevereiro de 1956)							Eixo d			Para chavêtas inclinadas planas, segundo DIN 6883 (fevereiro de 1956)			Para chavêtas vazadas côncavas, segundo DIN 6881 (fevereiro de 1956)	
de	a	b	h*	t ₁ *	t ₂ *	t ₁ *	t ₂ *	de	a	b · h	t ₁	t ₂	b · s	t ₂		
10	12	4	4	4	1,7	1,7	2,4	2,4								
12	17	5	5	3	2,2	1,2	2,9	1,9								
17	22	6	6	4	2,6	1,6	3,5	2,5								
22	30	8	7	5	3,0	2,0	4,1	3,1	22	30	8 · 5	1,3	3,2	8 · 3,5	3,2	
30	38	10	8	6	3,4	2,4	4,7	3,7	30	38	10 · 6	1,8	3,7	10 · 4,0	3,7	
38	44	12	8	6	3,2	2,2	4,9	3,9	38	44	12 · 6	1,8	3,7	12 · 4,0	3,7	
44	50	14	9	6	3,6	2,1	5,5	4,0	44	50	14 · 6	1,4	4,0	14 · 4,5	4,0	
50	58	16	10	7	3,9	2,4	6,2	4,7	50	58	16 · 7	1,9	4,5	16 · 5,0	4,5	
58	65	18	11	7	4,3	2,3	6,8	4,8	58	65	18 · 7	1,9	4,5	18 · 5,0	4,5	
65	75	20	12	8	4,7	2,7	7,4	5,4	65	75	20 · 8	1,9	5,5	20 · 6,0	5,5	
75	85	22	14	9	5,6	3,1	8,5	6,0	75	85	22 · 9	1,8	6,5	22 · 7,0	6,5	
85	95	25	14	9	5,4	2,9	8,7	6,2	85	95	25 · 9	1,9	6,4	25 · 7,0	6,4	
95	110	28	16	10	6,2	3,2	9,9	6,9	95	110	28 · 10	2,4	6,9	28 · 7,5	6,9	
110	130	32	18	11	7,1	3,5	11,1	7,6	110	130	32 · 11	2,3	7,9	32 · 8,5	7,9	
130	150	36	20	12	7,9	3,8	12,3	8,3	130	150	36 · 12	2,8	8,4	36 · 9,0	8,4	
150	170	40	22	14	8,7	4,6	13,5	9,5	150	170	40 · 14	4,0	9,1	—	—	
170	200	45	25	16	9,9	5,3	15,3	10,8	170	200	45 · 16	4,7	10,4	—	—	

*A 1.^a coluna de h , t_1 e t_2 é para chavêtas inclinadas comuns e para chavêtas planas.
A 2.^a coluna de h , t_1 e t_2 é para chavêtas planas mais fracas.

Tab. 18.6 – Niemann v.2, p.71



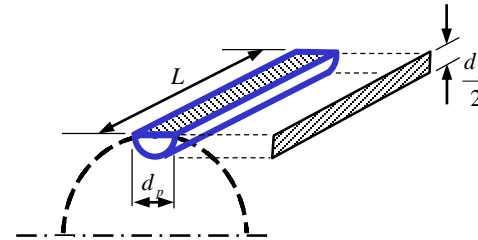
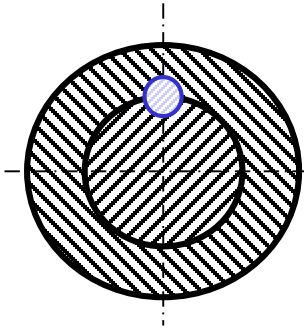
(a) Rasgo de chaveta por fresa de topo
– extremidade dupla

(b) Rasgo de chaveta por fresa de topo
– extremidade única

(c) Rasgo de chaveta arredondado
– extremidade única

Fig.10.15 - Tipos de rasgos de chaveta em eixos (Norton)

7.3.3 – Uniões com Pinos Longitudinais (“Chaveta Redonda”)



$$\frac{d_p}{d} = 0,13 \sim 0,16$$

$$L = 1.d \sim 1,5.d$$

Verificação :

Pino :

$$U = \frac{2.M_t}{d}$$

$$P_{\text{pino}} = \frac{U}{\frac{1}{2}.d_p.L}$$

 \Rightarrow

$$P_{\text{pino}} = \frac{4.M_t}{d.d_p.L} \leq P_{\text{adm}}$$

$$\tau_p = \frac{U}{d_p.L}$$

 \Rightarrow

$$\tau_p = \frac{2.M_t}{d.d_p.L} \leq \tau_{\text{adm}}$$

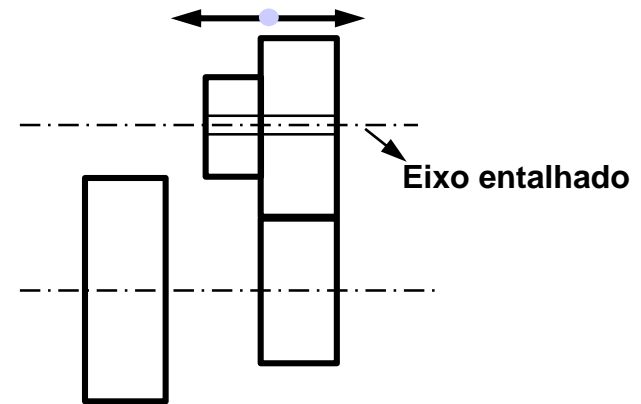
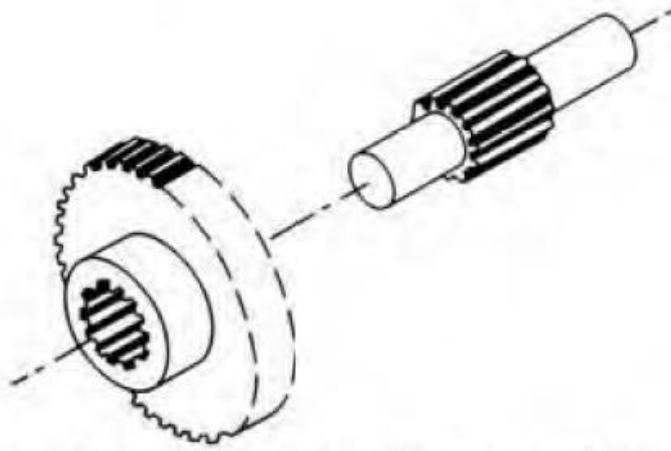
Eixo :

$$\tau_{\text{max}} = \frac{M_t}{W_t} \leq \tau_{\text{adm}}$$

$$W_t = \frac{\pi.d^3}{16}$$

7.3.4 – Uniões Encaixadas por Ranhuras Múltiplas (spline, entalhado, ranhurado)

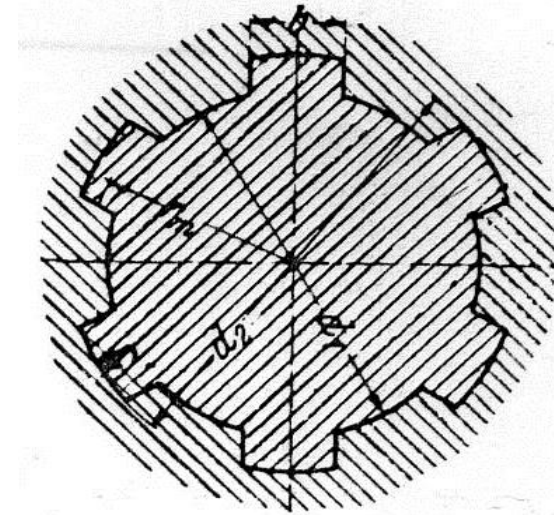
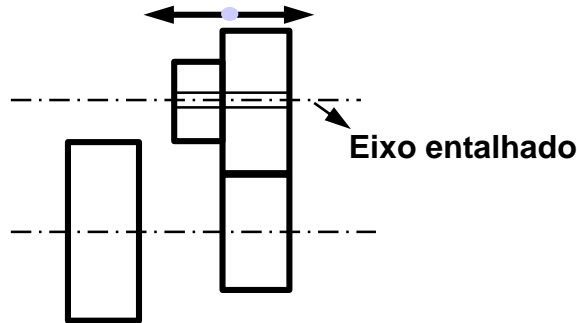
- Usa-se p/ M_t elevado, com reversão, choques. Altas séries .
- Permite deslocamento axial → uso em variadores de velocidade.



- Dimensões básicas (d_1 , d_2 , b) : tab. 18.8 - Niemann, v.2, p.73

7.3.4 – Uniões Encaixadas por Ranhuras Múltiplas (spline, entalhado ranhurado)

- Usa-se p/ M_t elevado, com reversão, choques. Altas séries .
- Permite deslocamento axial → uso em variadores de velocidade.



- Dimensões básicas (d_1 , d_2 , b): tab. 18.8 - Niemann, v.2, p.73

- Travamento longitudinal com anéis elásticos, separadores, ressaltos .
- 4 a 20 estrias, dependendo de d , DIN 5461/4
- Fabricação : cubo → brochamento
eixo → geração (Hob, Renânia)
- 75 % estrias são ativas (devido a erros de posição)
- Ajuste é deslizante de precisão .
- Centragem do cubo é feita :
 - pelos flancos ($i = 8$ a 20)
 - por d_1 (i até 10)

TABELA 18.8 – Eixos e cubos ranhurados entalhados, dimensões nominais (mm)

1. Para veículos a motor, segundo DIN 5 461 até 5 464 (fevereiro de 1939).

Dimensões nominais: ver Tab. a e Fig. a.

Tolerâncias: ver DIN 5 465.

Centragem: centragem interna, para eixos com 6 a 10 ranhuras, centragem pelos flancos, para eixos com 8 a 20 ranhuras.

Exemplo de designação: eixo entalhado $28 \times 32 \times 7$ DIN 5 462.

Momento de torção: $M_t = 0,75 \cdot i \cdot h \cdot r_m \cdot L \cdot p/10$ (cmkgf)

com o número de entalhes i , $r_m = \frac{d_1 + d_2}{4}$ (mm),

comprimento do cubo L (mm), altura útil do ressalto h

e pressão específica p (kgf/mm²).

Dado de tabela: $M_{10} = M_t$ para $p = 10$ kgf/mm² e $L = 1$ mm.

Momento de torção admissível para um funcionamento com choques (sem choques):

$M_t = 0,4 \cdot L \cdot M_{10} = (0,6 \cdot L \cdot M_{10})$ para cubos de ferro fundido, L em mm!

$M_t = 0,7 \cdot L \cdot M_{10} = (1 \cdot L \cdot M_{10})$ para cubos de aço.

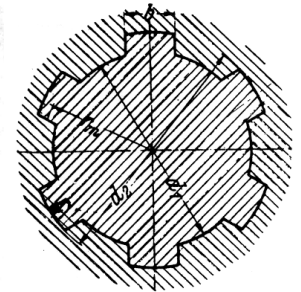


Figura a

TABELA a.

Diâmetro interno d_1 mm	Leve DIN 5462				Médio DIN 5463				Pesado DIN 5464			
	Número de entalhes	d_2 mm	b mm	M_{10} cmkgf / mm	Número de entalhes i	d_2 mm	b mm	M_{10} cmkgf / mm	Número de entalhes i	d_2 mm	b mm	M_{10} cmkgf / mm
11	—	—	—	—	6	14	3	25,4	—	—	—	—
13	—	—	—	—	6	16	3,5	29,5	—	—	—	—
16	—	—	—	—	6	20	4	57	10	20	2,5	94,5
18	—	—	—	—	6	22	5	63	10	23	3	146
21	—	—	—	—	6	25	5	72,5	10	26	3	167
23	6	26	6	49,5	6	28	6	109	10	29	4	234
26	6	30	6	88,2	6	32	6	144	10	32	4	240
28	6	32	7	94,5	6	34	7	154	10	35	4	320
32	8	36	6	122	8	38	6	231	10	40	5	432
36	8	40	7	138	8	42	7	258	10	45	5	570
42	8	46	8	159	8	48	8	297	10	52	6	706
46	8	50	9	173	8	54	9	450	10	56	7	766
52	8	58	10	330	8	60	10	505	16	60	5	1010
56	8	62	10	354	8	65	10	635	16	65	5	1280
62	8	68	12	390	8	72	12	805	16	72	6	1620
72	10	78	12	563	10	82	12	1155	16	82	7	1850
82	10	88	12	638	10	92	12	1350	20	92	6	2610
92	10	98	14	712	10	102	14	1455	20	102	7	2910
102	10	108	16	790	10	112	16	1605	20	115	8	4480
112	10	120	18	1300	10	125	18	2450	20	125	9	4900

2. Para máquinas operatrizes, segundo DIN 5471 (maio de 1952), com 4 entalhes.

Dimensões nominais: ver Tab. b e Fig. b.

Forma A: fabricado pelo processo de geração.

Forma B: fabricado pelo processo descontínuo com uma fresa de disco.

Exemplo de designação: eixo entalhado A 46 × 52 × 14 DIN 5471.

Momento de torção admissível: como acima, com λ_{10} segundo a Tab. b.

Tolerâncias: Para d : H 7 – g 6
 Para D : H 13 – a 11
 Para b : D 9 – h 9

TABELA b.

Dimensões nominais do eixo e do cubo em mm $d \cdot D \cdot b$	M_{10} cmkgf/mm
11 · 15 · 3	23,4
13 · 17 · 4	27
16 · 20 · 6	37,5
18 · 22 · 6	42
21 · 25 · 8	48,3
24 · 28 · 8	54,5
28 · 32 · 10	65
32 · 38 · 10	105
36 · 42 · 12	117
42 · 48 · 12	135
46 · 52 · 14	147
52 · 60 · 14	252
58 · 65 · 16	231
62 · 70 · 16	297
68 · 78 · 16	437

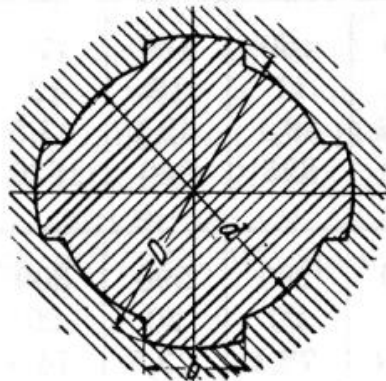
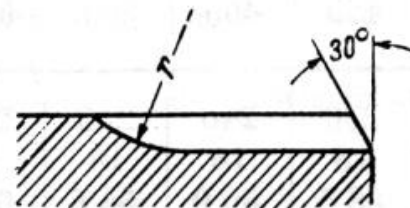


Figura b



r de acordo com o diâmetro da ferramenta

7.3.4 – Uniões Encaixadas por Ranhuras Múltiplas (spline, entalhado, ranhurado)

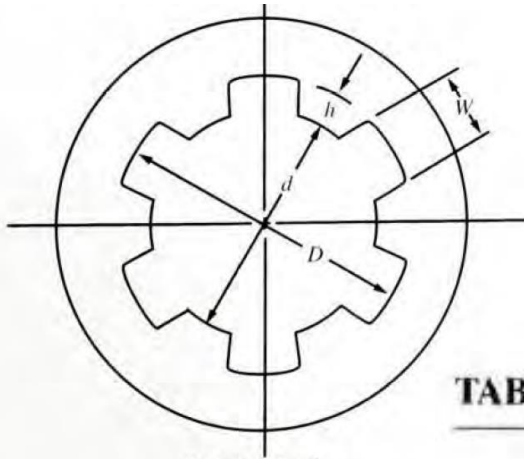


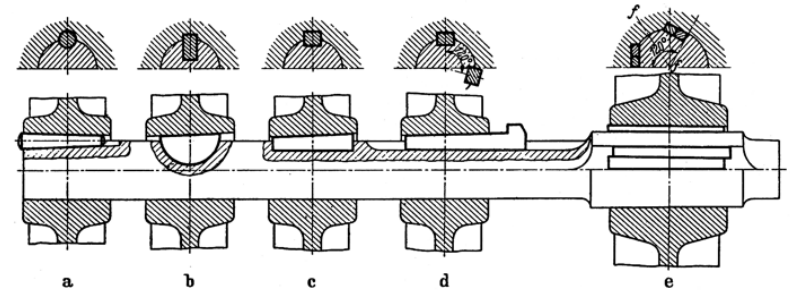
TABLE 11-4 Formulas for SAE straight splines

No. of splines	W, for all fits	A: Permanent fit		B: To slide without load		C: To slide under load	
		<i>h</i>	<i>d</i>	<i>h</i>	<i>d</i>	<i>h</i>	<i>d</i>
Four	0.241D	0.075D	0.850D	0.125D	0.750D		
Six	0.250D	0.050D	0.900D	0.075D	0.850D	0.100D	0.800D
Ten	0.156D	0.045D	0.910D	0.070D	0.860D	0.095D	0.810D
Sixteen	0.098D	0.045D	0.910D	0.070D	0.860D	0.095D	0.810D

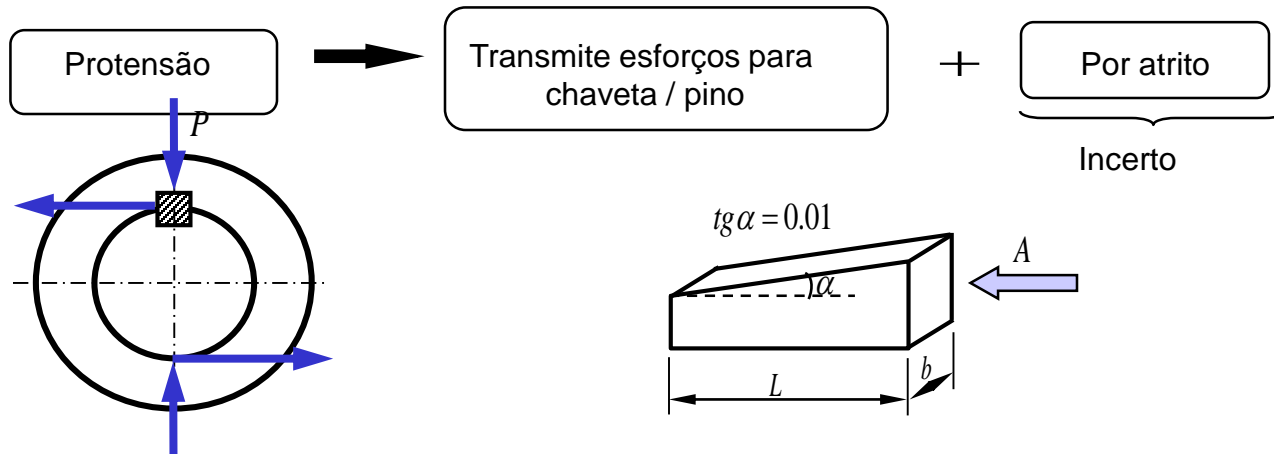
Note: These formulas give the maximum dimensions for *W*, *h*, and *d*.

Dimensões para ranhura múltiplas retas (SAE) (Mott)

7.4 – Uniões encaixadas sob Tensão (protensão)



- Protensão é conseguida com pinos / chavetas com **conicidade**



A força $P = p \cdot b \cdot L$ atua em pelo menos dois pontos

$$H = 2P\mu \geq U = \frac{2M_t}{d} \Rightarrow \boxed{P = \frac{M_t}{d \cdot \mu}}$$

Força de cravação : $A = P(\text{tg } \alpha + 2\mu)$

Força $A_{\text{lim}} = \sigma_{adm} \cdot b \cdot h$

1. Exemplo de cálculo – União por chavetas

Qual o máximo momento de torção que pode ser transmitido por uma chaveta tangencial de aço, que une um eixo de aço a um cubo com os dados abaixo?

Diâmetro do eixo - $d = 100$ [mm]

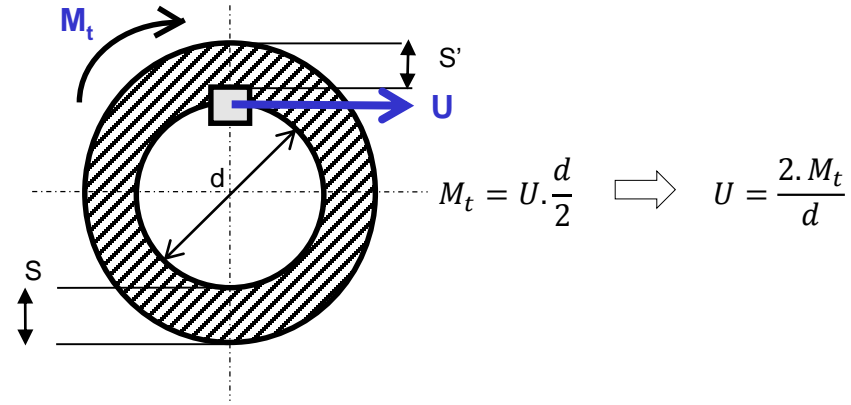
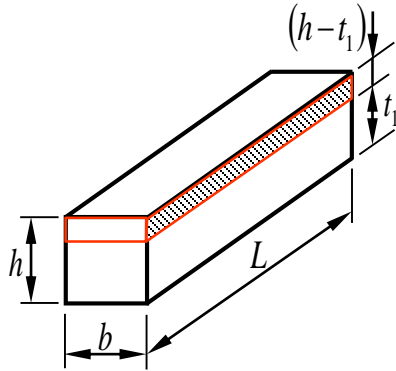
Largura do cubo - $L = 120$ [mm]

Dados:

Eixo: ABNT 1050: $p_{adm} = 8,4$ [kgf/mm²]; $\tau_{adm} = 4,8$ [kgf/mm²]

Chaveta: ABNT 1040: $p_{adm} = 7$ [kgf/mm²]; $\tau_{adm} = 4,2$ [kgf/mm²]

Cubo: Ferro fundido nodular: $p_{adm} = 4$ [kgf/mm²];



a) Esmagamento do cubo:

$$p_{cubo} = \frac{U}{(h-t_1).L} = \frac{2.M_t}{(h-t_1).L.d} \leq p_{adm}$$

b) Esmagamento do eixo :

$$p_{eixo} = \frac{U}{t_1.L} = \frac{2.M_t}{t_1.L.d} \leq p_{adm}$$

c) Cisalhamento chaveta :

$$\tau = \frac{U}{b.L} = \frac{2.M_t}{b.L.d} \leq \tau_{adm}$$

p/ 2 chavetas L= (L.i.0,75)

(fator 0,75 para 2 chavetas deve-se ao não apoio perfeitamente simultâneo)

TABELA 18.6 – Dimensões (mm) dos rasgos e de chavêtas planas e inclinadas segundo DIN.

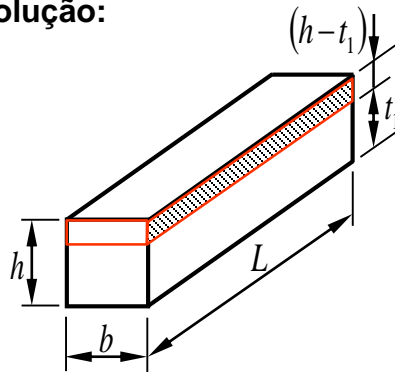
Eixo <i>d</i>	Para chavêtas planas, segundo DIN 6885 (fevereiro de 1956), e chavêtas inclinadas, segundo DIN 6886 (fevereiro de 1956)								Eixo <i>d</i>	Para chavêtas inclinadas planas, segundo DIN 6883 (fevereiro de 1956)			Para chavêtas vazadas côncavas, segundo DIN 6881 (fevereiro de 1956)		
	de	a	b	<i>h</i> *	<i>t</i> ₂ *	<i>t</i> ₁ *	<i>t</i> ₂	<i>t</i> ₁		<i>t</i> ₂	<i>b</i> · <i>a</i>	<i>t</i> ₂			
10	12	4	4	4	1,7	1,7	2,4	2,4							
12	17	5	5	3	2,2	1,2	2,9	1,9							
17	22	6	6	4	2,6	1,6	3,5	2,5							
22	30	8	7	5	3,0	2,0	4,1	3,1	22	30	8 · 5	1,3	3,2	8 · 3,5	3,2
30	38	10	8	6	3,4	2,4	4,7	3,7	30	38	10 · 6	1,8	3,7	10 · 4,0	3,7
38	44	12	8	6	3,2	2,2	4,9	3,9	38	44	12 · 6	1,8	3,7	12 · 4,0	3,7
44	50	14	9	6	3,6	2,1	5,5	4,0	44	50	14 · 6	1,4	4,0	14 · 4,5	4,0
50	58	16	10	7	3,9	2,4	6,2	4,7	50	58	16 · 7	1,9	4,5	16 · 5,0	4,5
58	65	18	11	7	4,3	2,3	6,8	4,8	58	65	18 · 7	1,9	4,5	18 · 5,0	4,5
65	75	20	12	8	4,7	2,7	7,4	5,4	65	75	20 · 8	1,9	5,5	20 · 6,0	5,5
75	85	22	14	9	5,6	3,1	8,5	6,0	75	85	22 · 9	1,8	6,5	22 · 7,0	6,5
85	95	25	16	9	5,4	2,9	8,5	6,2	85	95	25 · 9	1,9	6,4	25 · 7,0	6,4
95	110	28	16	10	6,2	3,2	9,9	6,9	95	110	28 · 10	2,4	6,9	28 · 7,5	6,9
110	130	32	18	11	7,1	3,5	11,1	7,6	110	130	32 · 11	2,3	7,9	32 · 8,5	7,9
130	150	36	20	12	7,9	3,8	12,3	8,3	130	150	36 · 12	2,8	8,4	36 · 9,0	8,4
150	170	40	22	14	8,7	4,6	13,5	9,5	150	170	40 · 14	4,0	9,1	—	—
170	200	45	25	16	9,9	5,3	15,3	10,8	170	200	45 · 16	4,7	10,4	—	—

*A 1.^a coluna de *h*, *t*₁ e *t*₂ é para chavêtas inclinadas comuns e para chavêtas planas.

A 2.^a coluna de *h*, *t*₁ e *t*₂ é para chavêtas planas mais fracas.

Tab. 18.6 – Niemann v.2, p.71

Resolução:



$$L = 120 \text{ mm}$$

$$b = 28 \text{ mm}$$

$$h = 16 \text{ mm}$$

$$t_1 = 9,9 \text{ mm}$$

a) Esmagamento do cubo :

$$p_{cubo} = \frac{U}{(h-t_1).L} = \frac{2.M_t}{(h-t_1).L.d} \leq p_{adm} \Rightarrow \frac{2.M_t}{(16-9,9).120.100} \leq 4 \Rightarrow$$

Verificar entre cubo e chaveta qual o mais crítico (menor p_{adm})

$$M_t \leq 146.400 \text{ kgf. mm}$$

Resposta

b) Esmagamento do eixo :

$$p_{eixo} = \frac{U}{t_1.L} = \frac{2.M_t}{t_1.L.d} \leq p_{adm} \Rightarrow \frac{2.M_t}{9,9.120.100} \leq 7 \Rightarrow$$

$$M_t \leq 415.800 \text{ kgf. mm}$$

c) Cisalhamento chaveta :

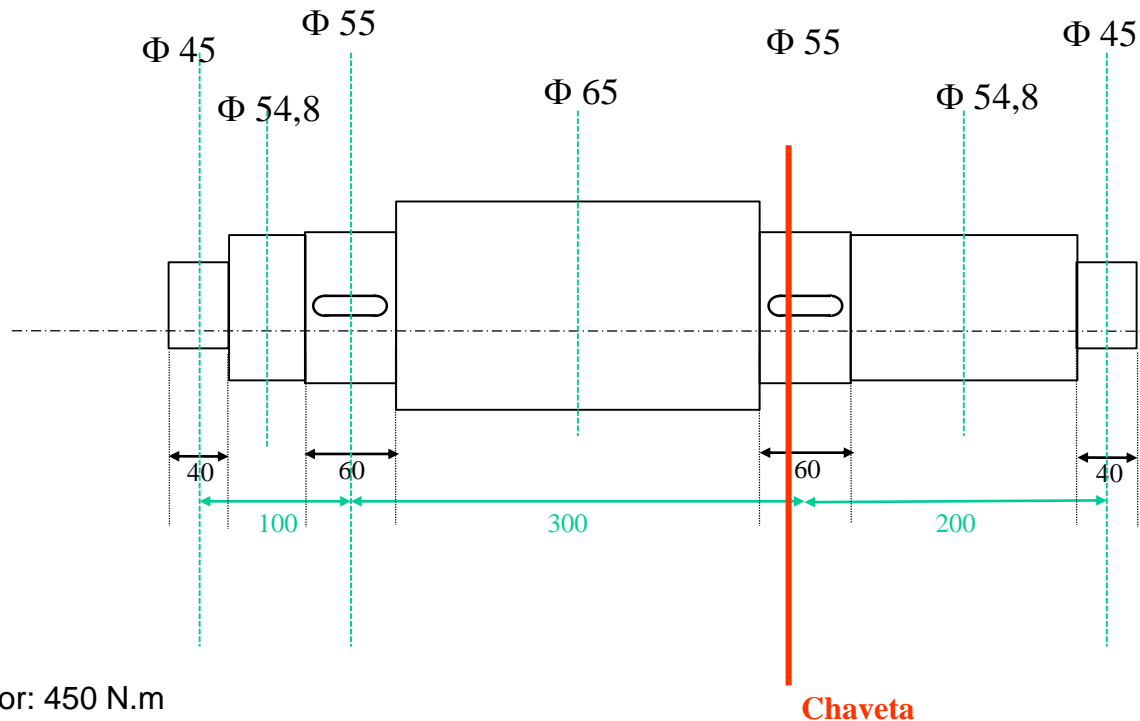
$$\tau = \frac{U}{b.L} = \frac{2.M_t}{b.L.d} \leq \tau_{adm} \Rightarrow \frac{2.M_t}{28.120.100} \leq 4,2 \Rightarrow$$

Verificar entre eixo e chaveta qual o mais crítico (menor p_{adm})

$$M_t \leq 705.600 \text{ kgf. mm}$$

2. Exemplo de cálculo – União por chavetas

Calcular a chaveta para a seção indicada abaixo (exercício anterior – Aula 07)



Dados:

Momento torçor: 450 N.m

Eixo: ABNT 1050: $p_{adm} = 8,4$ [kgf/mm²]; $\tau_{adm} = 4,8$ [kgf/mm²]

Chaveta: ABNT 1040: $p_{adm} = 7$ [kgf/mm²]; $\tau_{adm} = 4,2$ [kgf/mm²]

Cubo: Ferro fundido nodular: $p_{adm} = 4$ [kgf/mm²];



Planilha