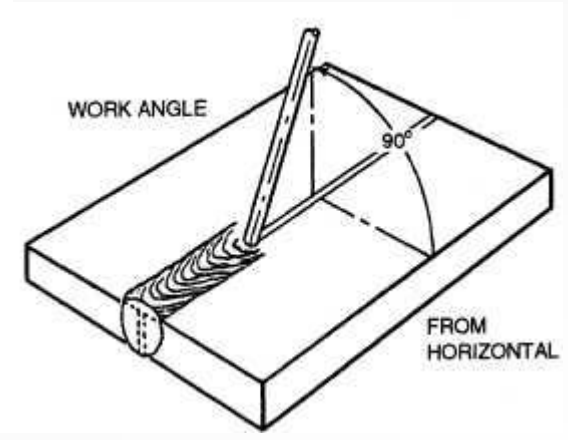
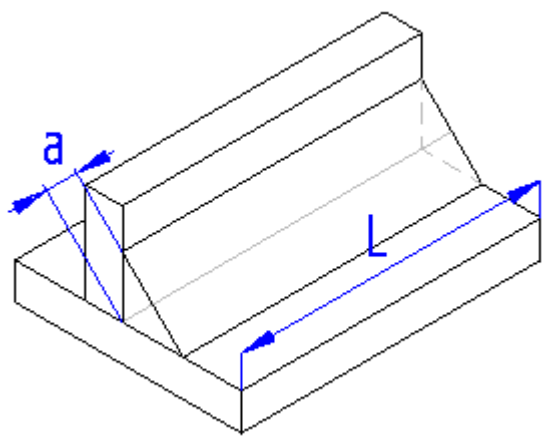
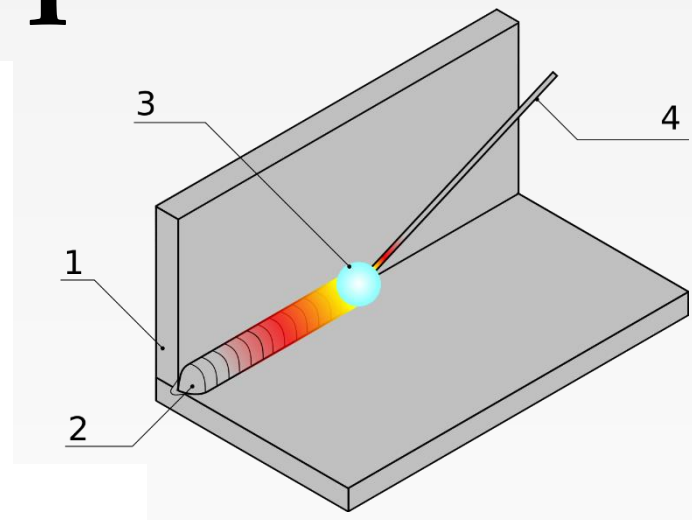
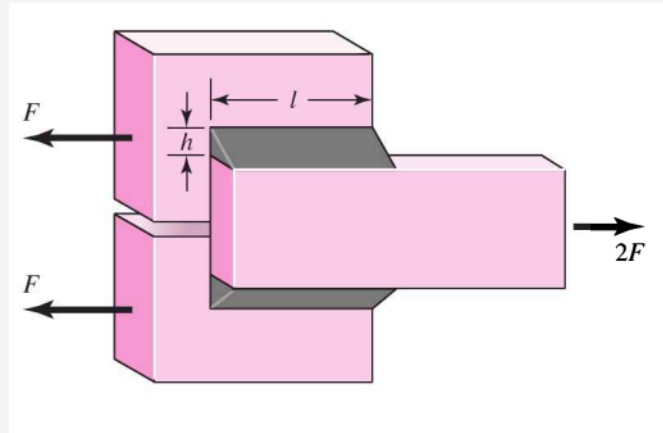


# Elementos de Máquinas

## Capítulo 4

### Ligações Soldadas



Acetatos e imagens baseados em:  
 - Elementos de máquinas de Shigley, ed8  
 - Projeto de órgãos de máquinas, Moura Branco  
 - Eurocódigo 3 - Soldadura



## Índice

- Introdução;
- Tipos de juntas;
- Preparação das extremidades dos elementos a soldar;
- Cálculo estático de juntas soldadas
  - Cordões topo a topo;
  - Cordões de ângulo.

Aplicações de ligações soldadas:

- **Fabrico de Estruturas**, como alternativa dos rebites.
- **Fabrico de Peças**, como alternativa à fundição e ao forjamento.
- **Reparação /Recuperação** de peças com desgaste, fissuras ou fracturas.

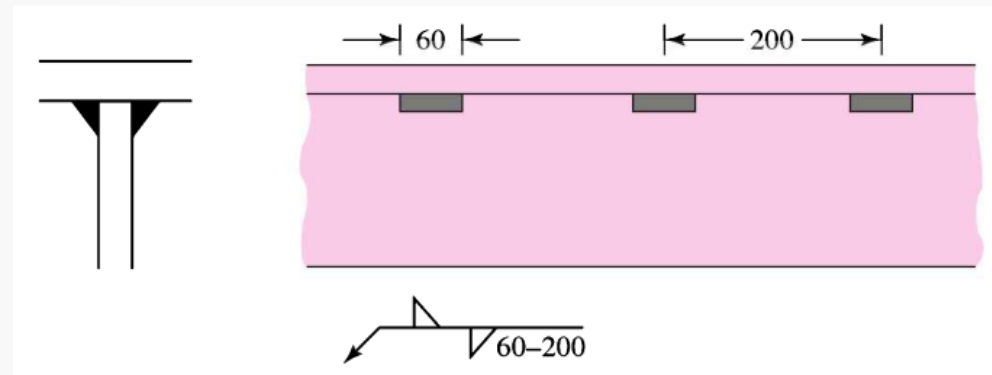
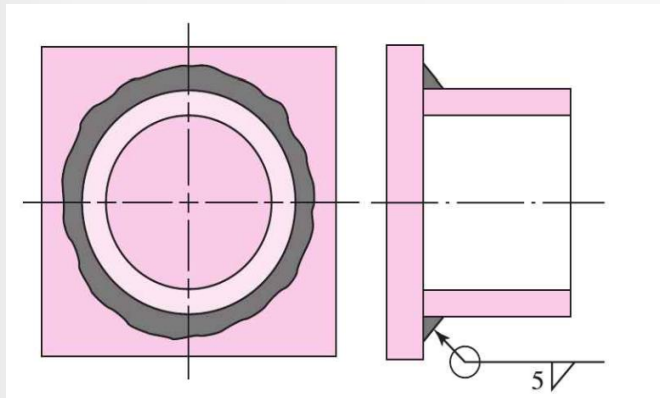
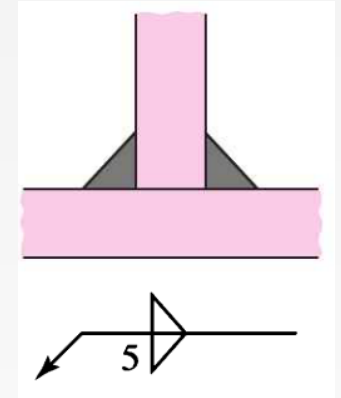


# Ligações Soldadas

Capítulo 4

Elementos de Máquinas

Tipo de solda							
Conta (ou cordão)	Filete	Tampão ou fenda	Sulco				
			Quadrada	V	Biselada	U	J





# Ligações Soldadas – tipo de juntas

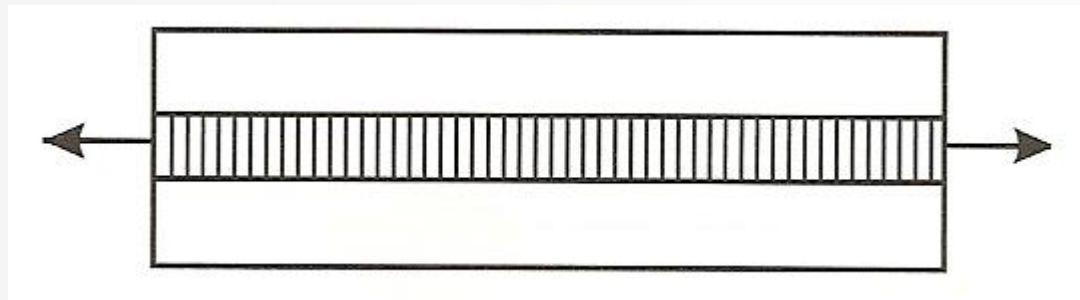
Capítulo 4

## Junta soldada topo a topo:

- Transversais
- Longitudinais (contínuas ou descontínuas)



Junta topo a topo transversal



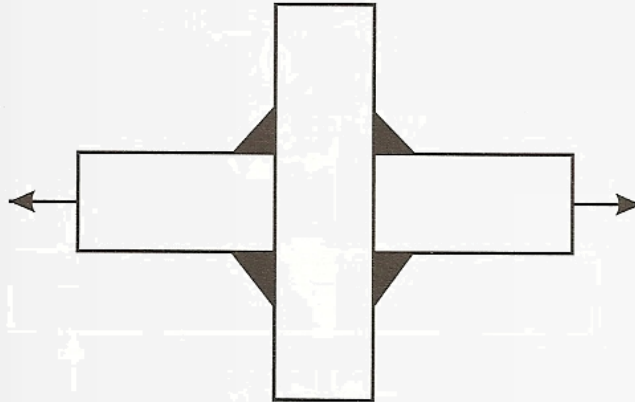
Junta topo a topo longitudinal contínua



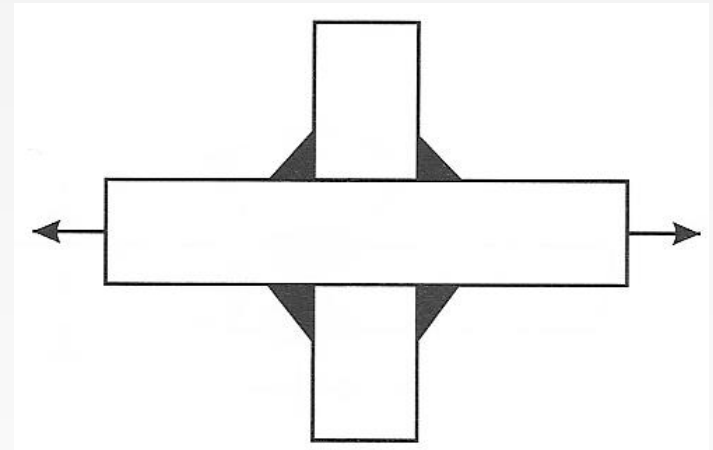
# Ligações Soldadas – tipo de juntas

## Juntas Soldadas de Ângulo

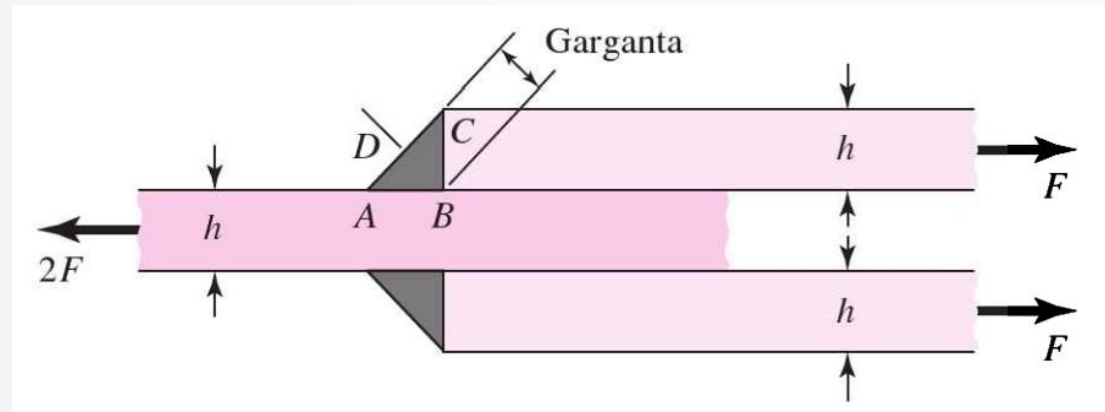
- Com transferência de carga



- Sem transferência de carga



O dimensionamento de um cordão de ângulo faz-se pelo calculo da resistência da garganta .





# Cálculo estático - Juntas Soldadas de Topo

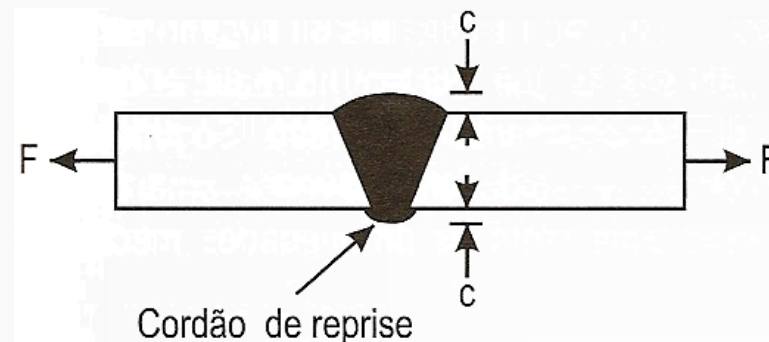
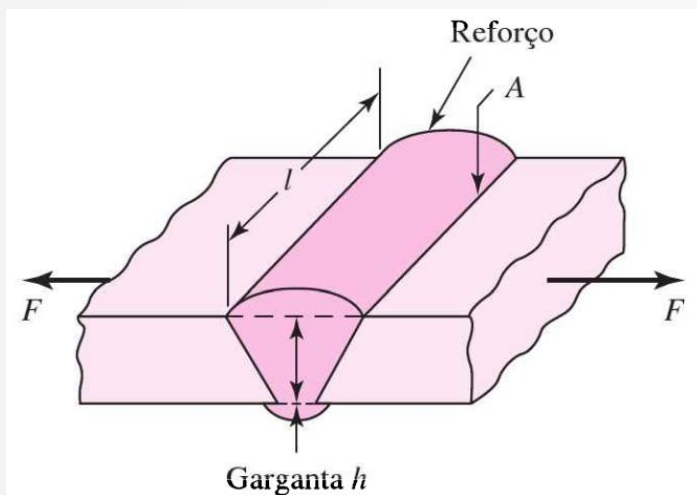
Capítulo 4

Elementos de Máquinas

**Critério de igualdade de resistência.** (não é necessário dimensionar)

Para que este critério seja valido é necessário que:

- Todos os cordões sejam de penetração total.
- As características mecânicas do material depositado sejam iguais ou superiores ao do material base
- As solicitações no cordão são idênticas às que existem no material base.
- Todos os cordões devem ser depositados com levantamento da raiz “cordões de reprise”.
- Radiografados a 100%.

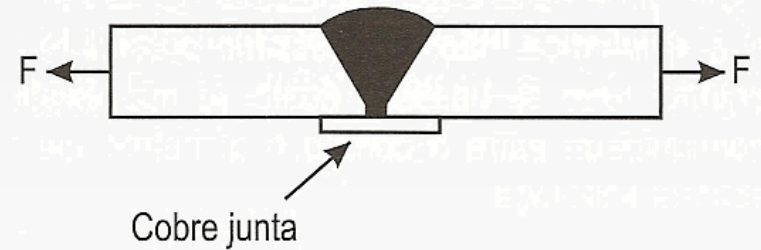
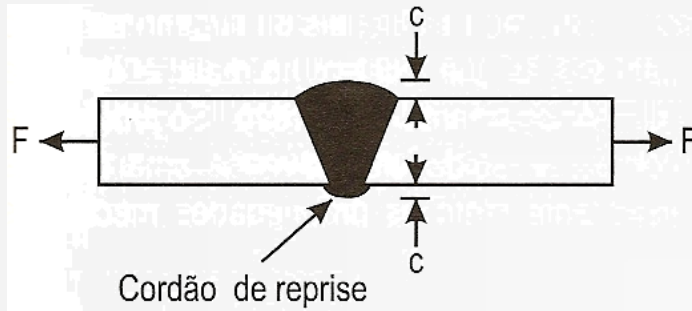




# Cálculo estático - Juntas Soldadas de Topo

Capítulo 4

Por razões económicas nem sempre as soldaduras são efetuadas em condições de eficácia máxima nem é feito o controlo radiográfico a 100%. A Norma ASME propõe um *coeficiente de eficácia*  $K_e$ .



$K_e$	Cordão de reprise	Cobre junta
Radiografados 100%	1	0,90
Radiografados por pontos	0,85	0,80
Não radiografados	0,70	0,65

$$\sigma = \frac{F}{l \cdot h} < K_e \cdot \sigma_{adm}$$

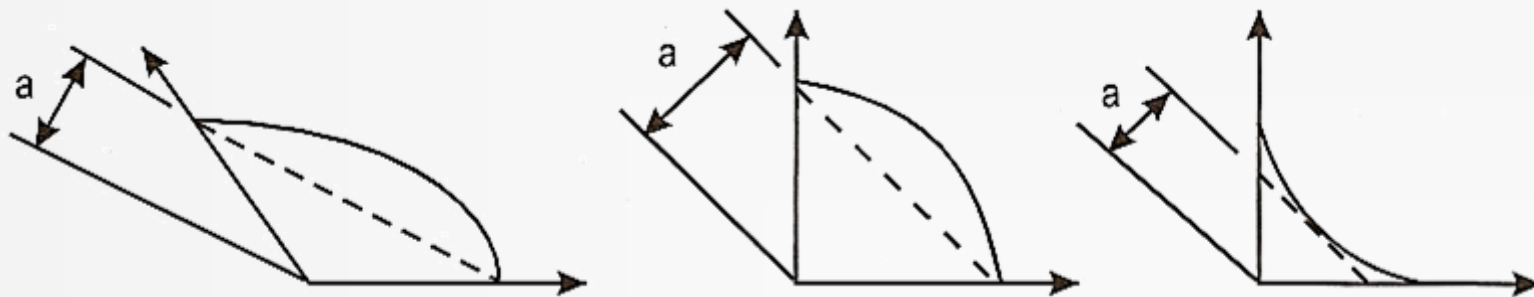


# Cálculo estático - Juntas Soldadas de Ângulo

Capítulo 4

Elementos de Máquinas

As juntas de ângulo apresentam formas e orientações muito diversas. Para a determinação das tensões considera-se que os cordões tem uma secção triangular, sendo a espessura “ $a$ ” a altura do maior triangulo inscrito na secção do cordão. Esta altura também é designada por *altura da garganta* ou simplesmente *garganta*.



## Regras gerais:

- A espessura  $a$  não deve ser inferior a 3 mm.
- A espessura  $a$  não deve ser superior a menor das espessuras a unir.
- As soldaduras não devem terminar nos cantos das peças.
- Os cordões devem ser afastados das zonas onde ocorrem maiores tensões
- O comprimento  $l$  do cordão deve ser superior a 8 vezes a espessura  $a$ .





# Cálculo estático - Juntas Soldadas de Ângulo

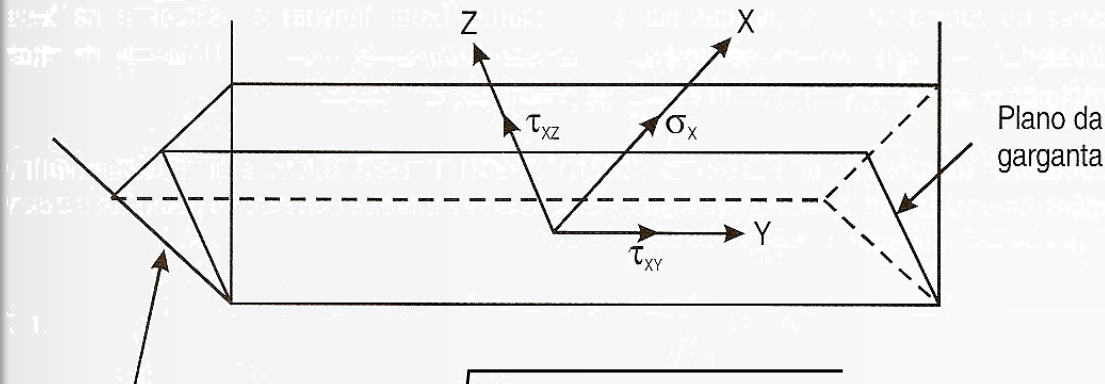
Capítulo 4

## Cálculo baseado na tensão equivalente.

Norma EUROCÓDIGO 3 (NP EN 1993-1-8: 2010)

- Transformar a sollicitação numa carga equivalente aplicada ao centro de gravidade da figura formada pelos cordões.
- Distribuir a sollicitação pelos cordões.
- Decompor a sollicitação.

$$\sigma_{eq} < \frac{\sigma_c}{\beta \cdot n} \quad e \quad \sigma_p < \frac{\sigma_c}{n}$$



$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2)} \quad \Rightarrow \quad \sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_p^2 + 3(\tau_p^2 + \tau_l^2)}$$

### Nova nomenclatura.

- $\sigma_x = \sigma_p$  - Tensão normal perpendicular ao plano da garganta.
- $\tau_{xz} = \tau_p$  - Tensão de corte perpendicular ao eixo do cordão.
- $\tau_{xy} = \tau_l$  - Tensão de corte paralela ao eixo do cordão.



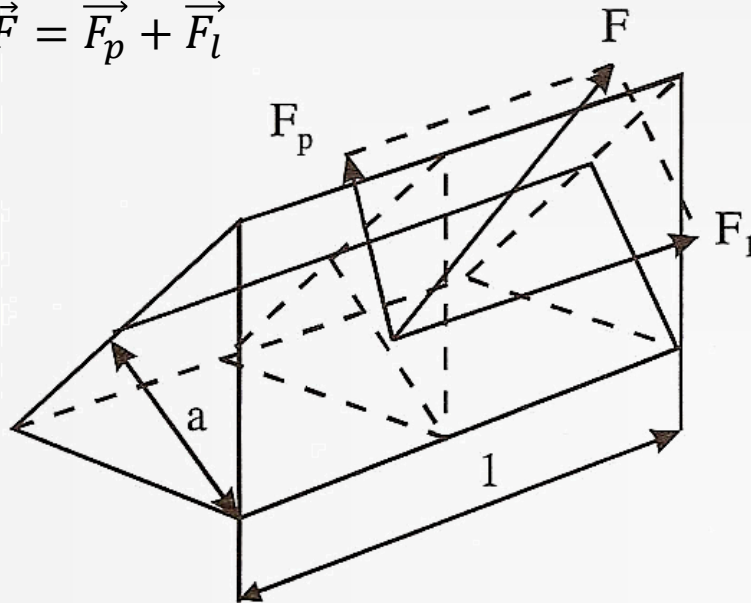
# Cálculo estático - Juntas Soldadas de Ângulo

Capítulo 4

Elementos de Máquinas

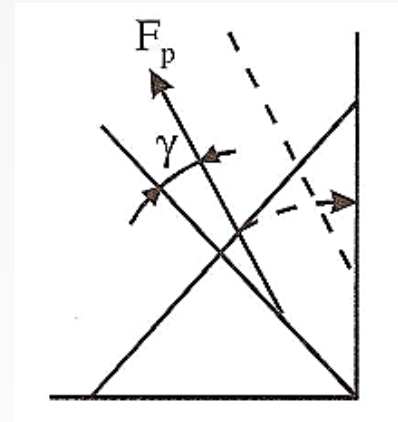
## Método da garganta rebatida (ISO R617).

$$\vec{F} = \vec{F}_p + \vec{F}_l$$



A componente  $F_p$  presente no plano perpendicular ao cordão é rebatida.

$$\tau_l = \frac{F_l}{a \cdot l}$$



$\vec{F}$  - Força resultante no plano da garganta do cordão.

$\vec{F}_p$  - Componente de  $\vec{F}$  presente no plano perpendicular ao cordão.

$\vec{F}_l$  - Componente de  $\vec{F}$  presente ao longo do plano do cordão.



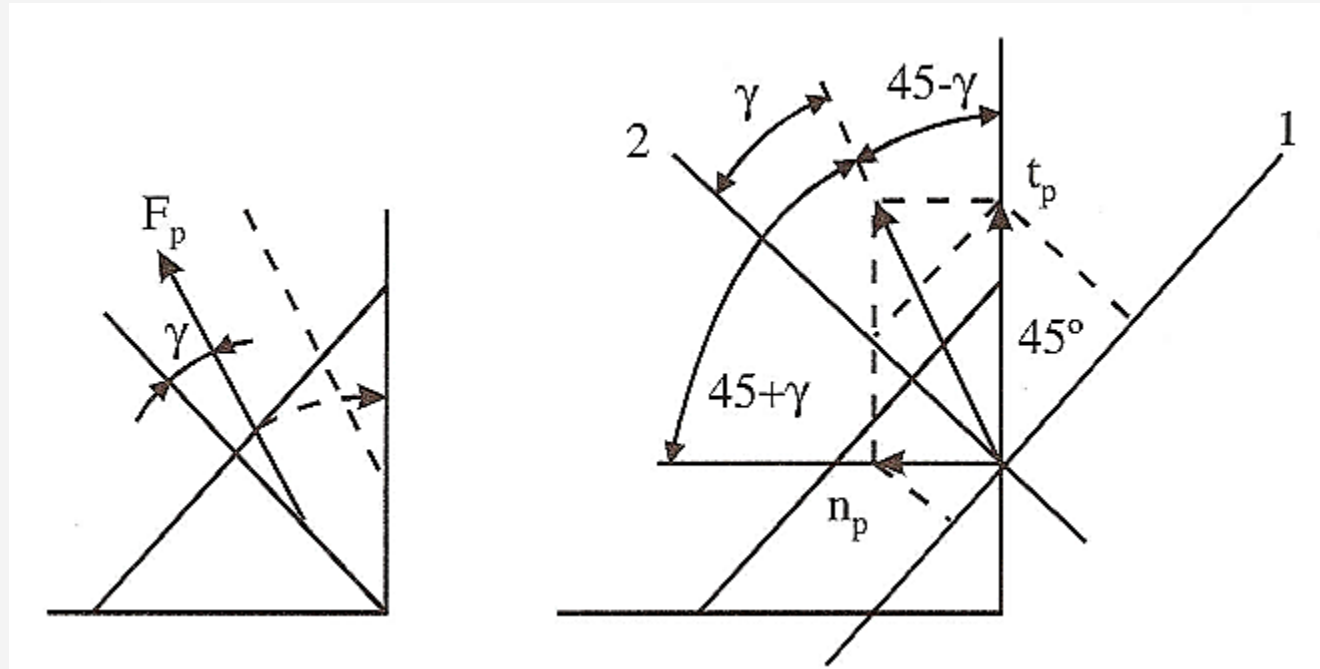
# Cálculo estático - Juntas Soldadas de Ângulo

Capítulo 4

Elementos de Máquinas

## Método da garganta rebatida (ISO R617).

Projetar a componente  $F_p$  sobre um dos catetos do cordão.



$$t_p = \frac{F_p \cos(45^\circ - \gamma)}{a \cdot l}$$

$$n_p = \frac{F_p \cos(45^\circ + \gamma)}{a \cdot l}$$

$$t_l = \tau_l = \frac{F_l}{a \cdot l}$$



# Cálculo estático - Juntas Soldadas de Ângulo

Capítulo 4

Elementos de Máquinas

## Método da garganta rebatida (ISO R617).

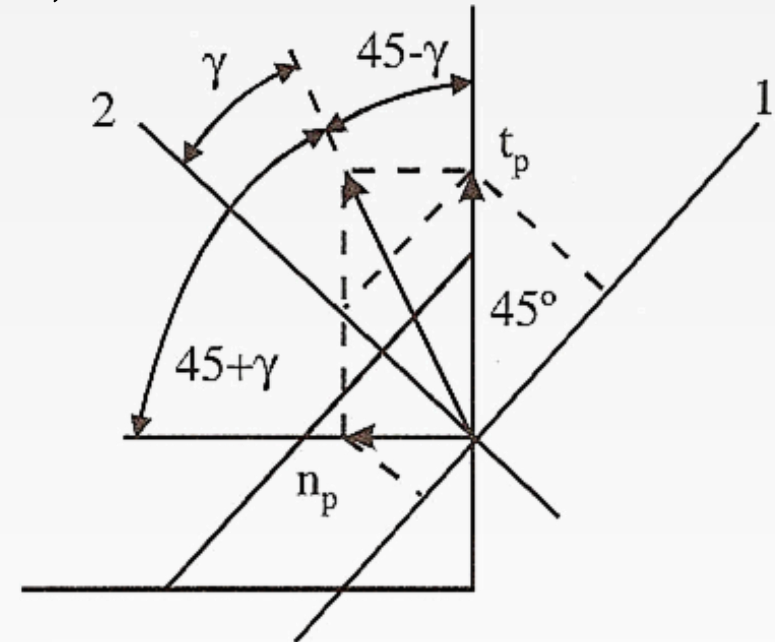
As tensões  $\sigma_p$  e  $\tau_p$  obtém-se a partir das projeções de  $t_p$  e  $n_p$  nas direções 1 e 2.

$$\begin{cases} \sigma_p = t_p \cdot \cos(45^\circ) - n_p \cdot \cos(45^\circ) \\ \tau_p = t_p \cdot \cos(45^\circ) + n_p \cdot \cos(45^\circ) \\ \tau_l = t_l \end{cases}$$



Plano da garganta

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_p^2 + 3(\tau_p^2 + \tau_l^2)}$$



Plano da garganta rebatida

$$\sigma_{eq} = \sqrt{2(t_p^2 + n_p^2) + 2t_p n_p + 3t_l^2}$$



# Cálculo estático - Juntas Soldadas de Ângulo

Cálculo baseado na tensão equivalente.

Norma EUROCÓDIGO 3 (NP EN 1993-1-8: 2010)

$$\sigma_{eq} < \frac{\sigma_c}{\beta \cdot n} \quad e \quad \sigma_p < \frac{\sigma_c}{n}$$

Esta norma corrige a tensão equivalente com um coeficiente de material,  $\beta$ .

De acordo com a norma o coeficiente de segurança,  $n$  é igual 1,25.

Quadro 4.1 – Factor de correlação  $\beta$  para soldaduras de ângulo

Norma e classe de aço			Factor de correlação $\beta$
EN 10025	EN 10210	EN 10219	
S 235 S 235 W	S 235 H	S 235 H	0,8
S 275 S 275 N/NL S 275 M/ML	S 275 H S 275 NH/NLH	S 275 H S 275 NH/NLH S 275 MH/MLH	0,85
S 355 S 355 N/NL S 355 M/ML S 355 W	S 355 H S 355 NH/NLH	S 355 H S 355 NH/NLH S 355 MH/MLH	0,9
S 420 N/NL S 420 M/ML		S 420 MH/MLH	1,0
S 460 N/NL S 460 M/ML S 460 Q/QL/QL1	S 460 NH/NLH	S 460 NH/NLH S 460 MH/MLH	1,0