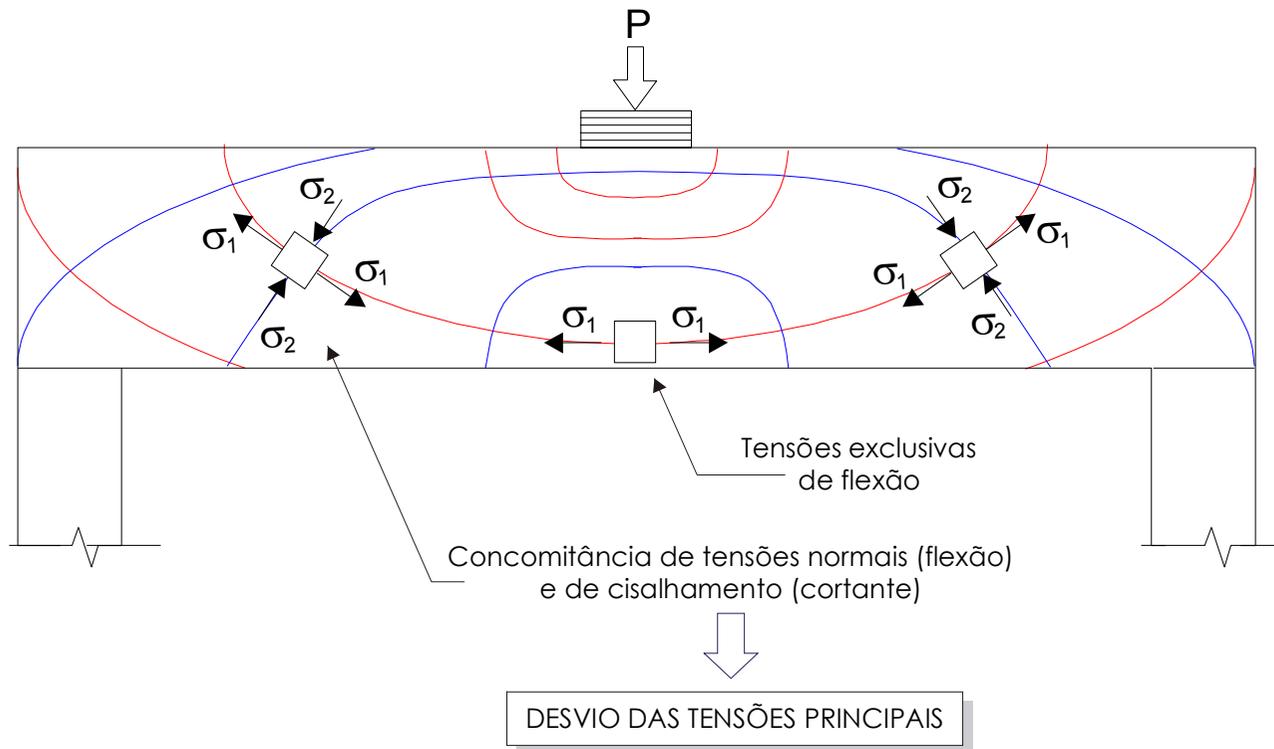




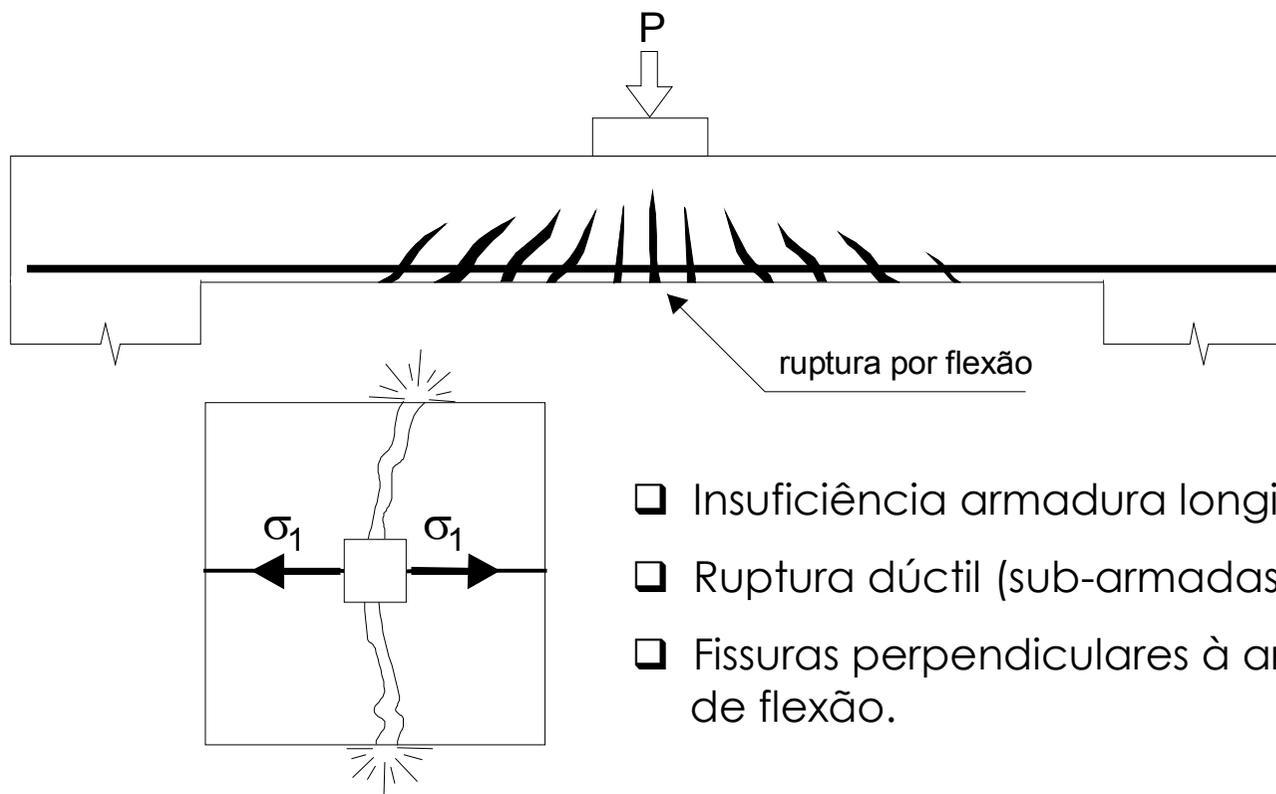
DIMENSIONAMENTO 7 DA ARMADURA TRANSVERSAL

7.1 TRAJETÓRIAS DAS TENSÕES PRINCIPAIS



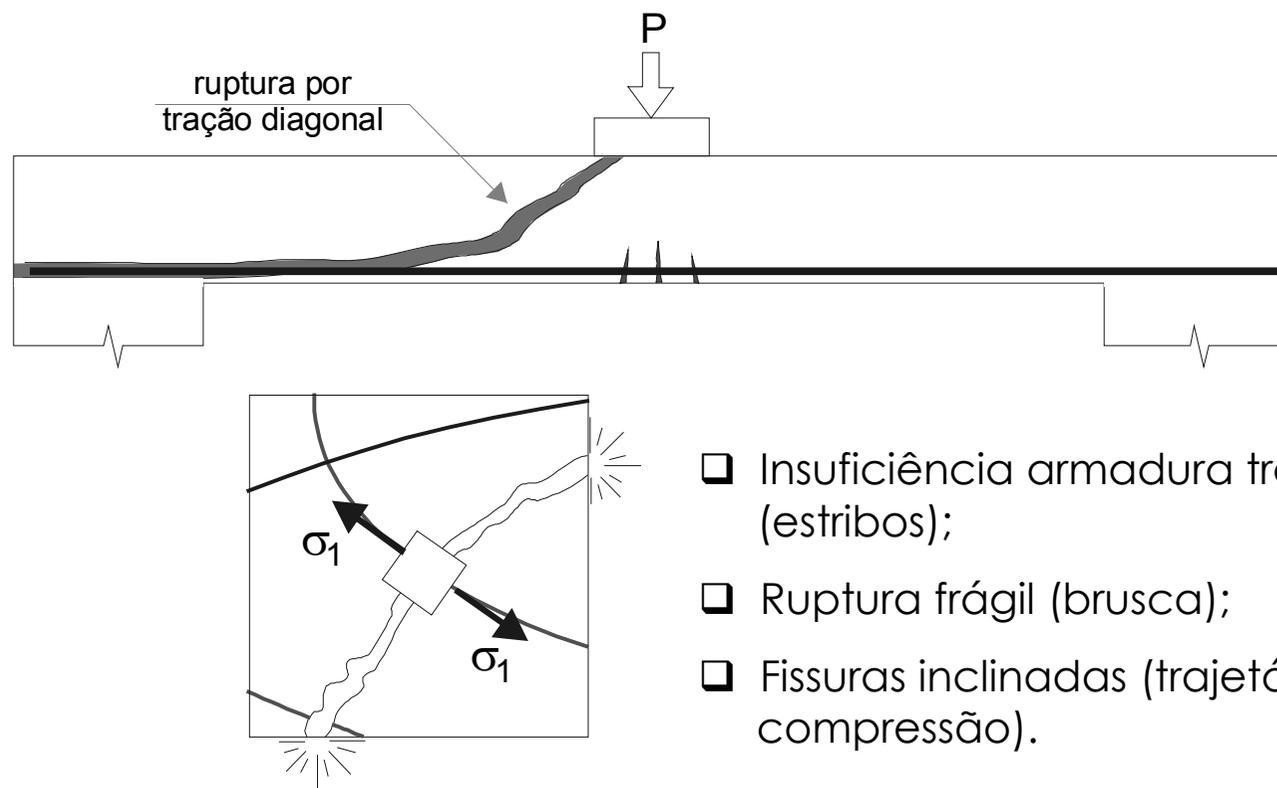
7.2 TIPOS DE RUPTURA

7.2.1 RUPTURA POR FLEXÃO



- ❑ Insuficiência armadura longitudinal;
- ❑ Ruptura dúctil (sub-armadas);
- ❑ Fissuras perpendiculares à armadura de flexão.

7.2.2 RUPTURA POR TRAÇÃO DIAGONAL

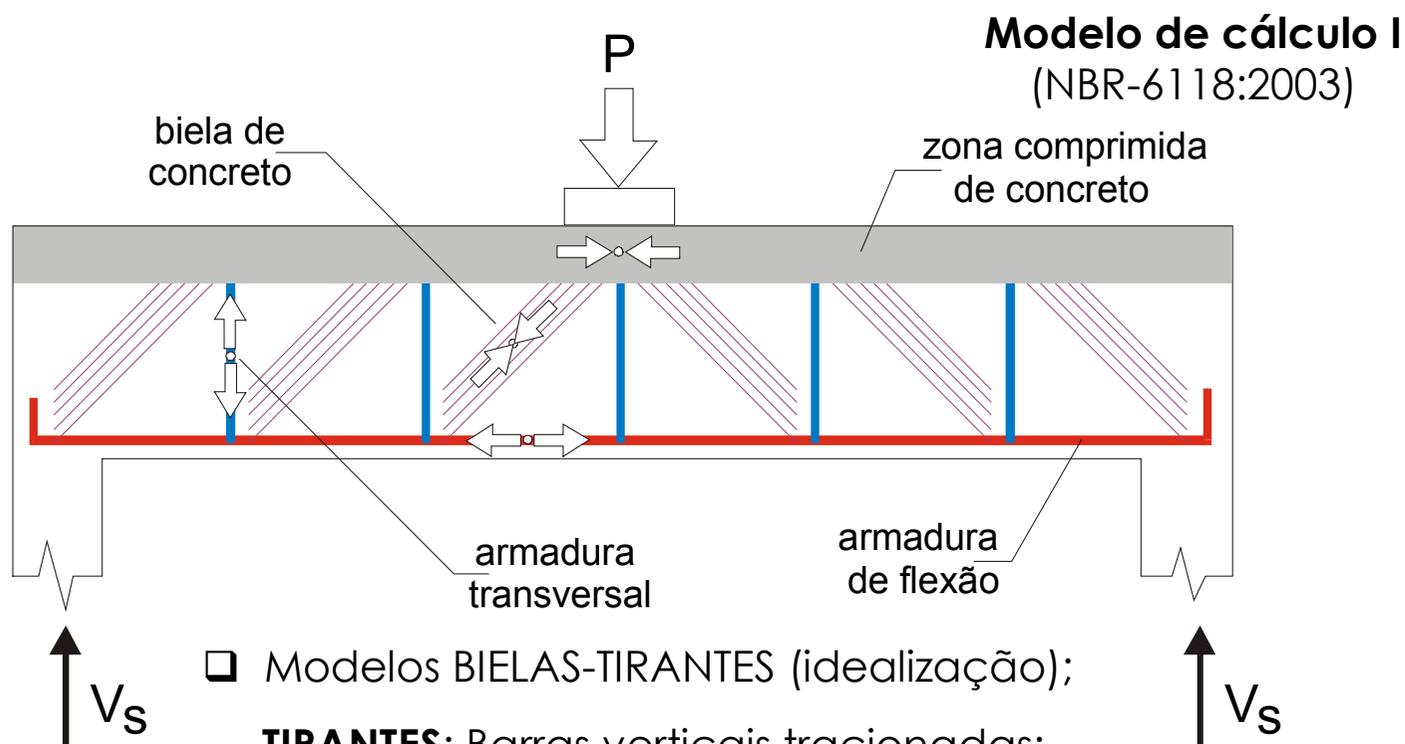


- ❑ Insuficiência armadura transversal (estribos);
- ❑ Ruptura frágil (brusca);
- ❑ Fissuras inclinadas (trajetórias de compressão).

7.3 TRELIÇA CLÁSSICA DE MÖRSCH-RITTER



NBR 6118:2003/17.4.2.2



□ Modelos BIELAS-TIRANTES (idealização);

TIRANTES: Barras verticais tracionadas;

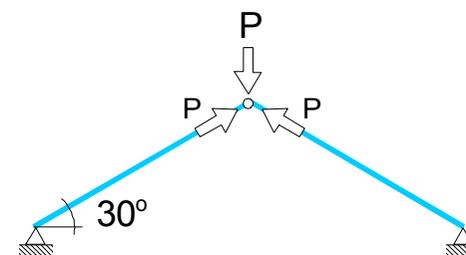
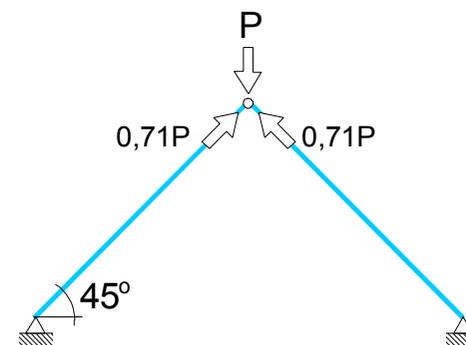
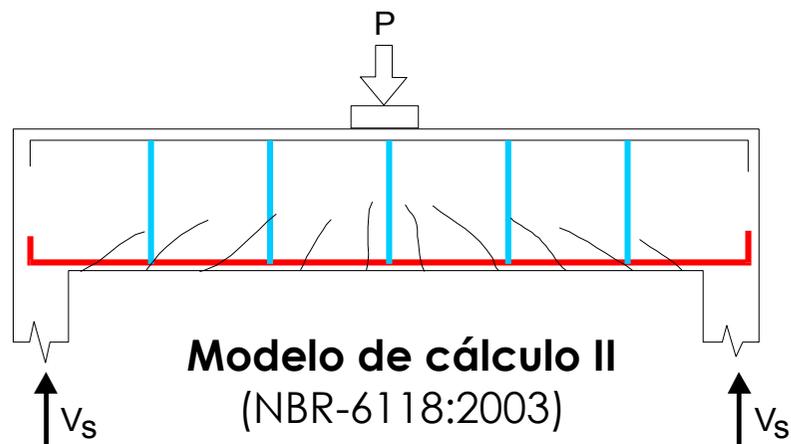
BIELAS: Faixas diagonais à 45° comprimidas.

7.4 TRELIÇA GENERALIZADA DE LEONHARDT



NBR 6118:2003/17.4.2.3

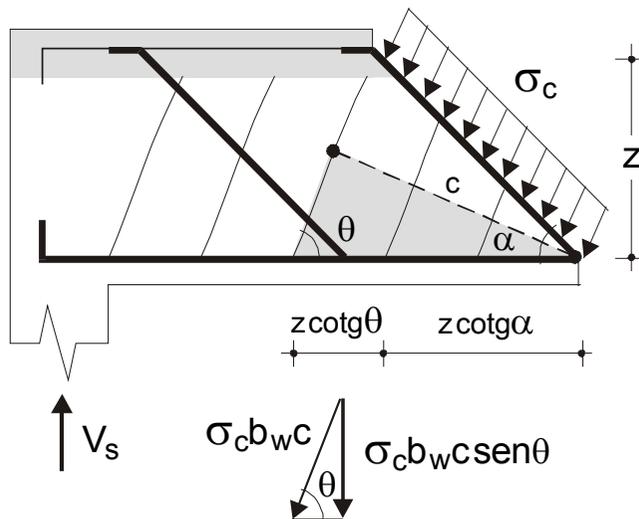
- ❑ Inclinação das bielas de concreto varia de 45° à 30° , a medida que se aproxima dos apoios;
- ❑ As tensões nas bielas de concreto são maiores;
- ❑ As tensões nos tirantes (estribos) são menores.



7.5 FORÇA CORTANTE RESISTIDA PELAS BIELAS DE COMPRESSÃO

NBR 6118:2003/17.4.2.3a

$$V_{Rd2} = 0,54 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d \cdot \text{sen}^2 \theta \cdot (\text{cotg} \alpha + \text{cotg} \theta)$$



Modelo de cálculo II
 (NBR-6118:2003)

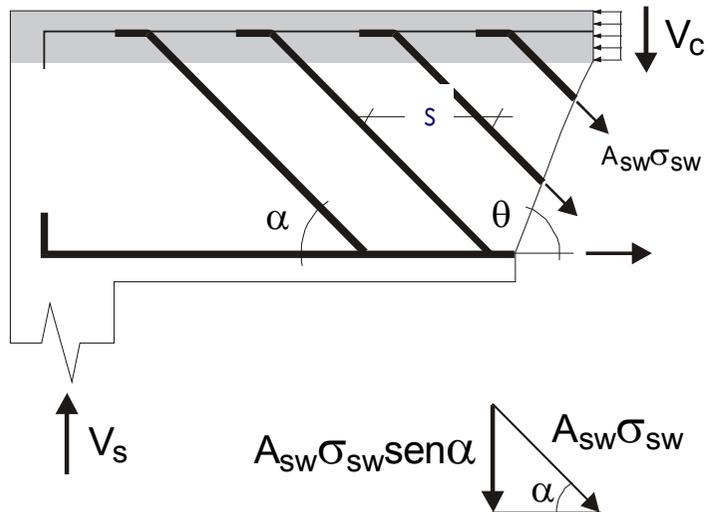
α : inclinação das armaduras transversais

θ : inclinação das bielas de compressão

7.6 FORÇA CORTANTE RESISTIDA PELA ARMADURA TRANSVERSAL

NBR 6118:2003/17.4.2.3b

$$V_{sw} = \left(\frac{A_{sw}}{s \cdot b_w} \right) \cdot 0,9 \cdot b_w \cdot d \cdot f_{ywd} \cdot (\cotg \alpha + \cotg \theta) \cdot \text{sen} \alpha$$



Modelo de cálculo II
 (NBR-6118:2003)

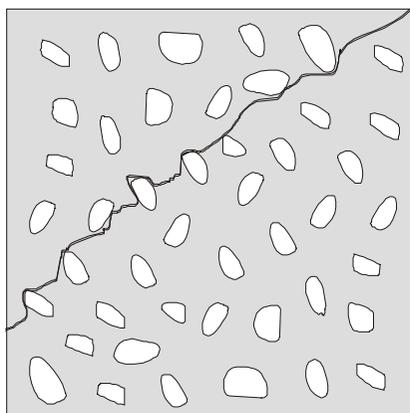
α : inclinação das armaduras transversais

θ : inclinação das bielas de compressão

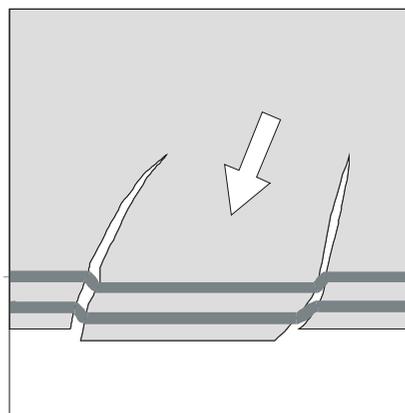
7.7 MECANISMOS INTERNOS RESISTENTES DO CONCRETO



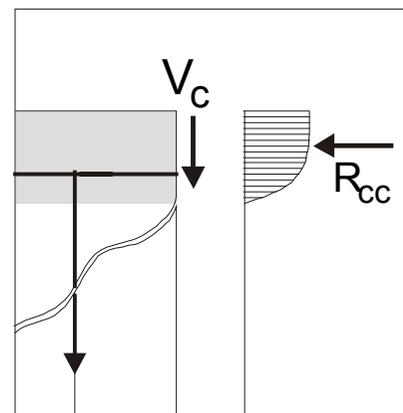
NBR 6118:2003/17.4.2.3b



(a) Engrenamento dos agregados

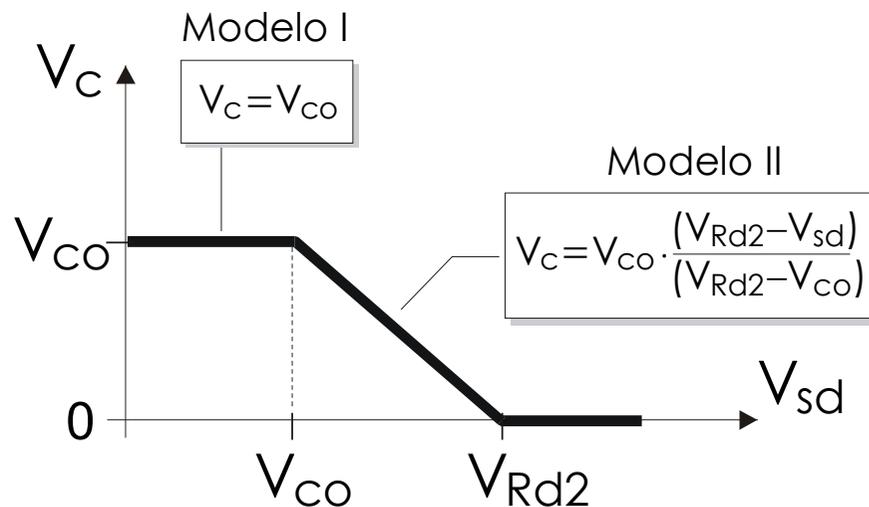


(b) Encavilhamento da armadura longitudinal de flexão



(c) Concreto situado na zona comprimida

7.7 MECANISMOS INTERNOS RESISTENTES (cont...)



sendo :

$$V_{co} = 0,09 \cdot f_{ck}^{2/3} \cdot b_w \cdot d$$

V_{sd} : força cortante solici tante de cálculo ;

V_{Rd2} : força cortante resistida pelas bielas comprimidas (ruína);

V_c : força cortante resistida pelos mecanismos internos resistentes.

7.8 VERIFICAÇÃO DA RUÍNA DAS DIAGONAIS COMPRIMIDAS DO CONCRETO NO ELU



NBR 6118:2003/17.4.2.1

A resistência do elemento estrutural deve ser considerada satisfatória quando verificada a expressão:

$$V_{sd} \leq V_{Rd2}$$

V_{sd} : força cortante solicitante de cálculo ;

V_{Rd2} : força cortante resistente de cálculo, relativa à ruína das diagonais comprimidas de concreto.

7.9 VERIFICAÇÃO DA RUÍNA POR TRAÇÃO DIAGONAL DO CONCRETO NO ELU



NBR 6118:2003/17.4.2.1

A resistência do elemento estrutural deve ser considerada satisfatória quando verificada a expressão:

$$V_{sd} \leq V_{Rd3} = V_{sw} + V_c$$

V_{Rd3} : força cortante resistente de cálculo, relativa à ruína por tração diagonal;

V_{sw} : força cortante resistida pela armadura transversal;

V_c : força cortante absorvida pelos mecanismos internos resistentes do concreto, complementares ao de treliça.

7.10 DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA TRANSVERSAL DEVIDA À CORTANTE NO ELU



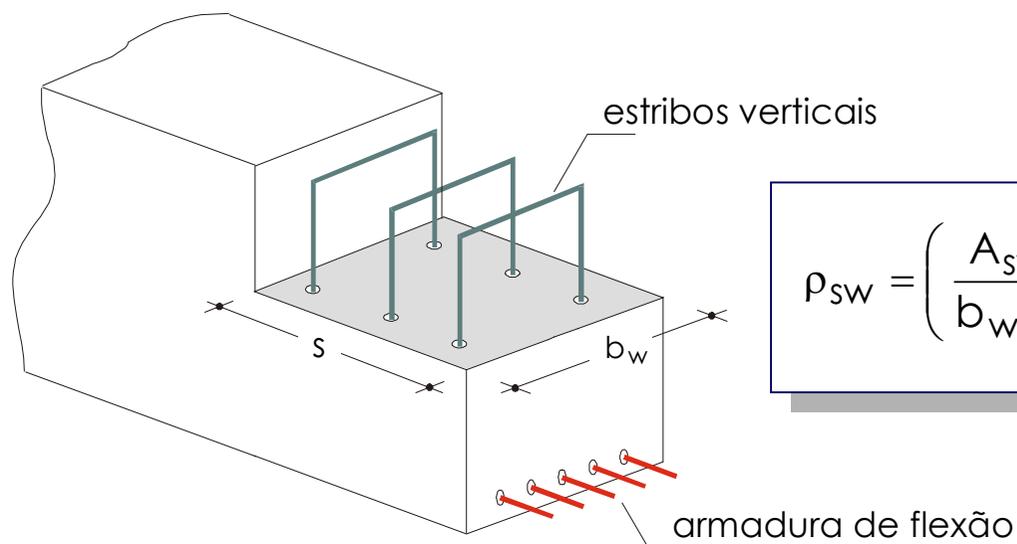
NBR 6118:2003/17.4.2.1

A taxa de armadura transversal, para o caso da armadura transversal inclinada entre $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ e bielas de compressão inclinadas entre $30^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$, é dada pela expressão:

$$\rho_{sw} = \left(\frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \right) = \frac{(V_{sd} - V_c)}{0,9 \cdot b_w \cdot d \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) \cdot \text{sen} \alpha}$$

7.10 DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA TRANSVERSAL (cont...)

A taxa de armadura transversal, para o caso de estribos verticais ($\alpha = 90^\circ$) e bielas de compressão inclinadas à 45° , é dada pela expressão:



$$\rho_{sw} = \left(\frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \right) = \frac{(V_{sd} - V_c)}{0,9 \cdot b_w \cdot d \cdot f_{ywd}}$$

7.11 ARMADURA TRANSVERSAL MÍNIMA



NBR 6118:2003/17.4.1.1.1

A taxa geométrica de armadura transversal mínima, constituída por barras inclinadas entre $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$, é dada pela expressão:

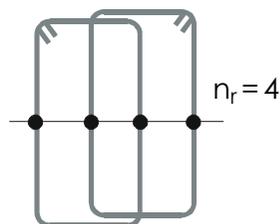
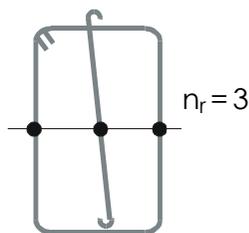
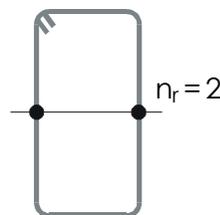
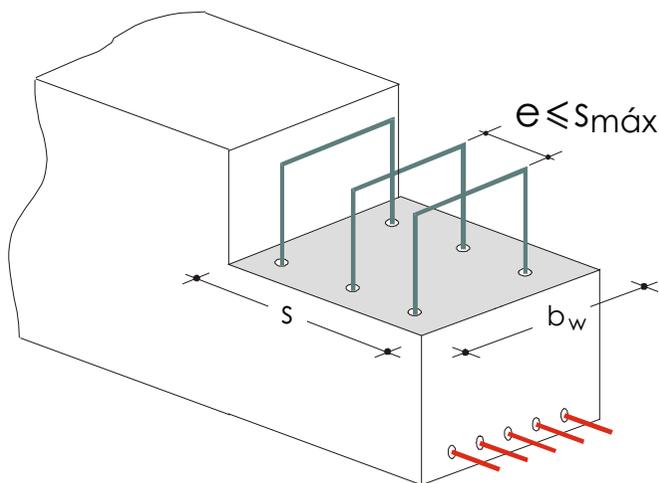
$$\rho_{sw,min} = \left(\frac{A_{sw,min}}{b_w \cdot s \cdot \text{sen}\alpha} \right) \geq 0,2 \cdot \frac{f_{ct,m}}{f_{ywk}} = 0,2 \cdot \frac{(0,3 \cdot f_{ck}^{2/3})}{f_{ywk}}$$

e para o caso de estribos verticais ($\alpha = 90^\circ$), tem-se :

$$\rho_{sw,min} = \left(\frac{A_{sw,min}}{b_w \cdot s} \right) \geq 0,06 \cdot \frac{f_{ck}^{2/3}}{f_{ywk}}$$

7.12 DETALHAMENTO DA ARMADURA TRANSVERSAL

$$e = \frac{100 \cdot n_r \cdot A_s \phi}{A_{sw}}$$



ϕ (mm)	$A_s \phi$ (cm ²)
5,0	0,2
6,3	0,315
8,0	0,5
10,0	0,8

7.12 DETALHAMENTO DA ARMADURA TRANSVERSAL (cont...)

RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS (ESTRIBOS)

- Utilizar, em casos correntes, **bitolas máximas** de 10 mm;
- Respeitar os diâmetros naturais de dobramento.

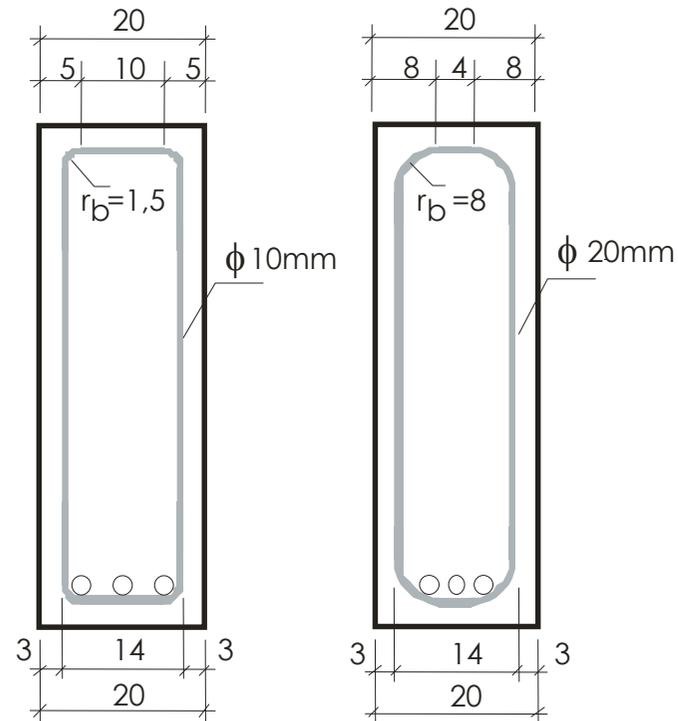
DIÂMETRO DE DOBRAMENTO (d_b)
 ESTRIBOS CA-50

$3 \phi \rightarrow \leq 10 \text{ mm}$

$8 \phi \rightarrow \geq 20 \text{ mm}$

r_b raio interno de dobramento:

$$r_b = d_b / 2$$



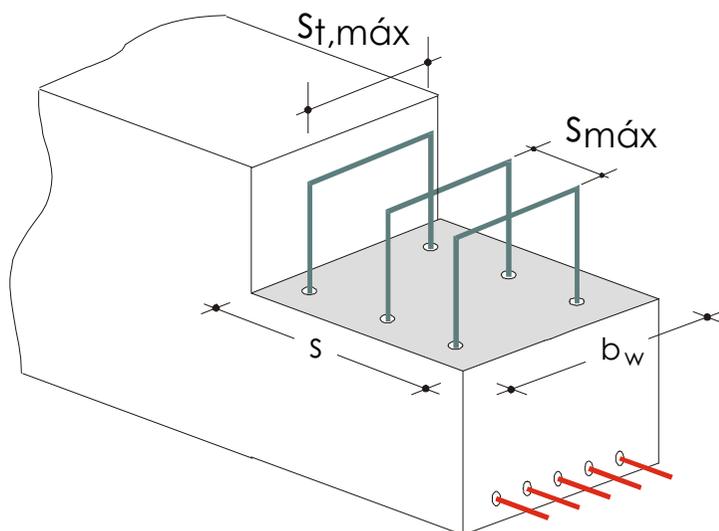
RECOMENDÁVEL

CONDENÁVEL

7.13 ESPAÇAMENTOS MÁXIMOS LONGITUDINAL E TRANSVERSAL



NBR 6118:2003/18.3.3.2



$$s_{máx} = 0,3 \cdot d \leq 20 \text{ cm } (V_{sd} > 0,67 \cdot V_{Rd2})$$

$$s_{máx} = 0,6 \cdot d \leq 30 \text{ cm } (V_{sd} \leq 0,67 \cdot V_{Rd2})$$

$$s_{t,máx} = d \leq 80 \text{ cm } (V_{sd} \leq 0,20 \cdot V_{Rd2})$$

$$s_{t,máx} = 0,6 \cdot d \leq 35 \text{ cm } (V_{sd} > 0,20 \cdot V_{Rd2})$$

7.14 COMPARAÇÃO ENTRE OS MODELOS DE CÁLCULO

