



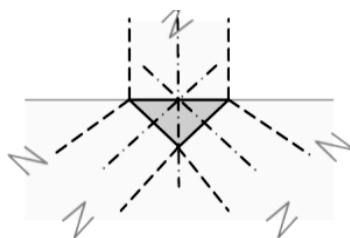
O Prof. Eng. Jean Blévo, em 1957, publicou os primeiros resultados dos ensaios de blocos sobre estacas e a formulação por ele sugerida para a determinação das armaduras dos blocos e para a verificação da segurança à ruptura do concreto. Lançou o conceito das bielas nos blocos de concreto. Hoje esse conceito Bielas x Tirantes continua sendo usado e pesquisado após a recente contribuição de Jörg Schlaich. Em 1967, Blévo publicou o resultado final de sua pesquisa com as sugestões para o cálculo e o detalhamento das armaduras dos blocos. Comento, a seguir, seus ensaios e seus critérios comparando-os com os da NBR 6118 / 2014.

1. A formulação de Blevot é menos conservadora do que a das normas atuais.
2. Blevot mostra que a forma da biela é diferente da adotada no cálculo prático.
3. A fórmula que calcula a tensão de compressão na biela é apenas simplificada
4. Os ensaios de Blevot mostraram que a **tensão calculada** de compressão nas bielas é maior e até bem maior que a resistência medida nos corpos de prova cilíndricos
5. Blevot limita as **tensões calculadas** nas bielas **em serviço**.

6. A expressão
$$\sigma_{\text{(biela junto ao pilar)}} = \frac{N_{\text{pilar}}}{(\text{Área do pilar}) \times (\text{sen}\theta)^2}$$
, usada

por Blevot, supõe que a seção transversal do pilar é subdividida em " n " partes iguais e que do centro de cada uma dessas " n " sub-áreas sai uma biela em direção a cada uma das " n " estacas. Isso não é exato. É apenas uma simplificação para calcular a inclinação da biela.

7. Na região próxima do pilar :



- forma-se uma cunha comprimida 2D (2 estacas) ou 3D (3 estacas , 4 estacas ou mais estacas)
- Nesse estado de tensão da cunha comprimida 2D (2 estacas) a resistência é um pouco maior que a resistência 1D. (Ver Kupfer e Mohr -Coulomb) . Ver o gráfico de Blevot para 2 estacas.
- Nesse estado de tensão da cunha comprimida 3D (3 estacas , 4 estacas ou mais estacas) a resistência é bem maior que a resistência 1D (Ver Mohr-Coulomb) . Ver os gráficos de Blevot para 3 e/ou 4 estacas.
- Blevot não explicitou esse fato no seu trabalho. Apenas relatou os resultados.

8. Como base nos resultados diferentes que ele obteve para blocos com 2 estacas, 3 estacas e 4 estacas fixou limites diferentes para as tensões **em serviço** calculadas nas bielas.
9. Os ensaios de Blevot na realidade serviram para aferir a fórmula da **tensão convencional de compressão** na biela de Blevot.
10. Em vários casos de ruptura, Blevot diz ser difícil indicar exatamente qual a causa da ruptura, se ruptura junto da estaca ou junto do pilar por ser a ruptura brusca, que divide os blocos ensaiados em várias partes formando um mecanismo 3D.
11. Nos blocos com ruptura das bielas (i.e. blocos onde a armadura não rompeu), no gráfico que mostra a tensão nas bielas **calculada** pela fórmula de Blevot, observa-se ser essa tensão calculada maior e, em geral, bem **maior** que a resistência f_{cm} , 1D dos corpos de prova cilíndricos.
12. Nos blocos com ruptura nas bielas, as tensões nas armaduras **calculadas** por Blevot estão todas (93%) abaixo da tensão de ruptura (e não de escoamento) do aço, medida nos ensaios com barras dos aços.
13. Nos blocos com ruptura nas armaduras, as tensões nas armaduras calculadas pela fórmula de Blevot, são em média, iguais à resistência à ruptura (e não a de escoamento) do aço, medida nos ensaios com barras dos aços .
14. Nos blocos com ruptura nas armaduras, as tensões nas bielas calculadas pela fórmula de Blevot são até um pouco maiores que a resistência f_{cm} nos corpos de prova cilíndricos ($\approx 10\%$ maiores que f_{cm}).

15. Dessas observações acima, resumiria que as fórmulas de Blevot

- definem com boa precisão a força nas armaduras.
- são conservadoras no cálculo das tensões nas bielas junto do pilar.
- não consideram a maior resistência do concreto quando em estado triplo de compressão.
- não consideram o efeito das armaduras do pilar e das estacas.

16. A norma francesa BAEL - Béton Armé aux États Limites , 1980 a 2010, seguindo a formulação de Blevot e as observações feitas nos ensaios : **majora as cargas atuantes mas não reduz a resistência do concreto.**

17. Norma Francesa : BAEL - Béton Armé aux États Limites - 1989 a 2010 Rev1999

...

Nous n'envisageons que le cas des poteaux soumis uniquement aux actions dues a des charges permanentes et a des charges d'exploitation. Dans les cas les plus courants l'unique combinaison d'actions a considerer est :

$$P_u = 1,35 G + 1,5 Q_B$$

- G : charges verticales permanentes
- Q_B : charges verticales d'exploitation

Contrainte conventionnelle de compression des bielles :

Tensão convencional de compressão nas bielas

$$P_u = 1,35 G + 1,5 Q_B$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{P_u}{B \sin^2 \theta} \leq 1,15 f_{c28} \\ \frac{1,35 G_0 + P_u}{3 B_p \sin^2 \theta} \leq 1,15 f_{c28} \end{array} \right\}$$

onde : $f_{c28} = f_{ck}$

Résistance à la compression (A.2.1,1)

Dans les cas courants, un béton est défini par une valeur de sa résistance à la compression, à l'âge de 28 jours, dite "valeur caractéristique requise". Cette résistance se mesure par des essais de compression simple sur éprouvettes cylindriques de section 200 cm² et de hauteur double de leur diamètre (les éprouvettes sont dites "16-32").

Elle est notée f_{c28} et s'exprime en MPa et correspond dans la norme à la valeur de la résistance au dessous de laquelle peuvent se situer au plus 5% de la population de tous les résultats des essais sur éprouvette 16x32. Cette résistance caractéristique est donc bien inférieure à la valeur moyenne des résultats d'essai.

Essa formulação terminou em 2010 quando passou a ser adotado o EUROCODE que serve de exemplo para várias normas inclusive a NBR.

link http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/bloco_sobre_estacas/blevot.pdf

Análise dos resultados dos ensaios feitos por Blevot em blocos sobre estacas

BLÉVOT, Jean; FRÉMY, Robert. Semelles sur Pieux. Annales de L'Institut Technique Du Bâtiment et des Travaux Publics, Paris, v. 20, n. 230, p. 224-273, fev. 1967.

ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

VINGTIÈME ANNÉE ■ FÉVRIER 1967 ■ N° 230

Série : SOLS ET FONDATIONS (57)

1967

SEMELLES SUR PIEUX

**Méthodes de calculs
Compte rendu d'essais
Dispositions constructives**

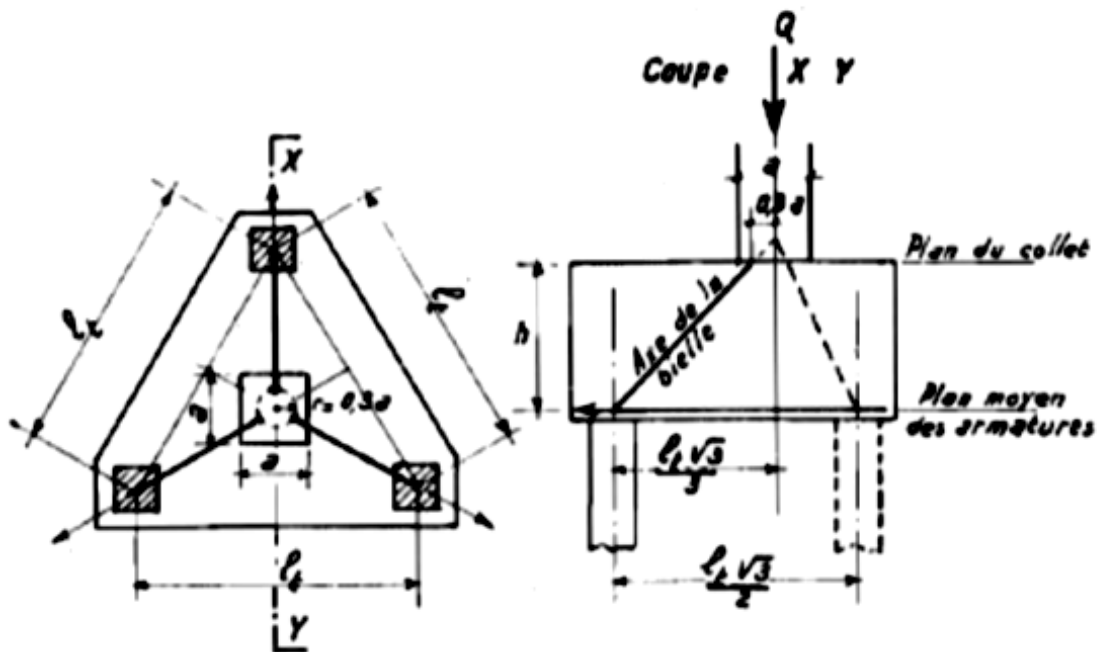
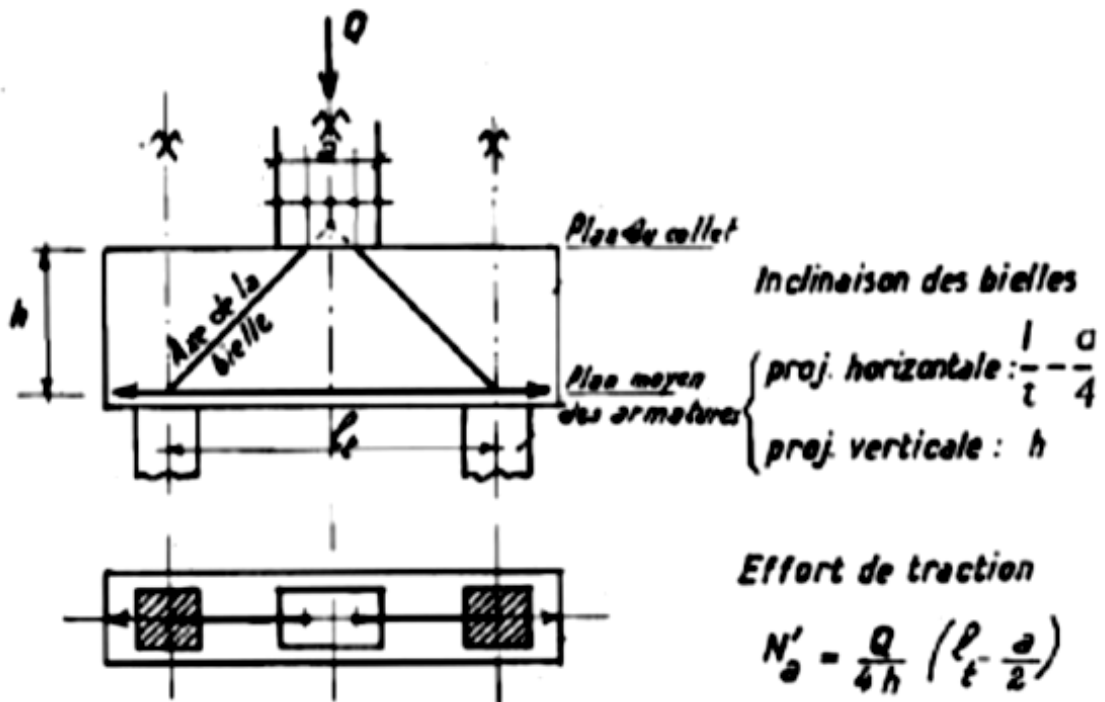
par **J. BLEVOT**

Ingénieur E. C. P.
Professeur à l'École Centrale et au CHEBAP,
Directeur Général adjoint de la SOCOTEC

et **R. FRÉMY**

Ingénieur E. N. P. C.,
Ingénieur attaché à la Direction de la SOCOTEC

ENSAIOS de BLEVOT



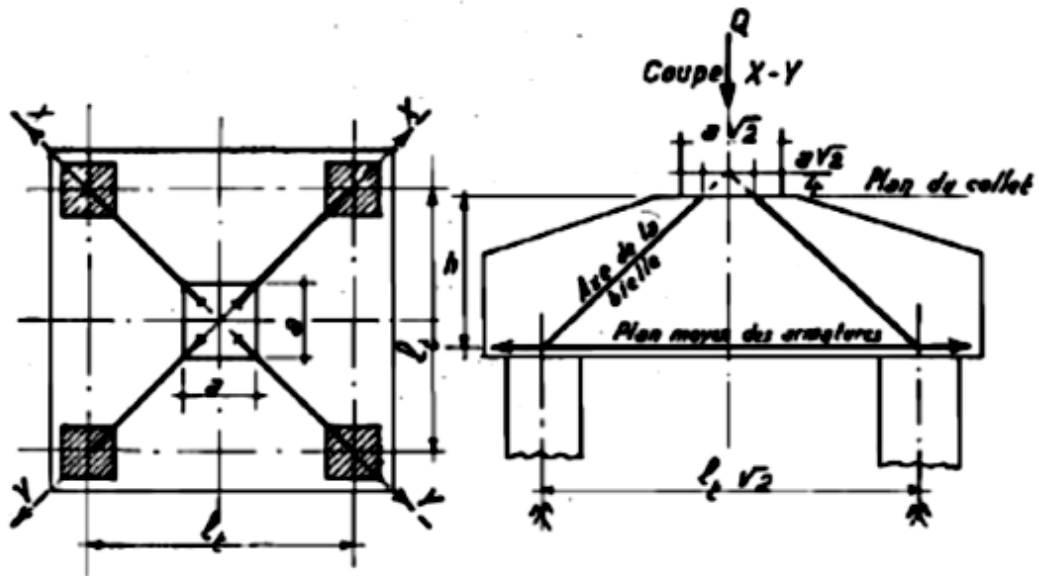
Inclinaison des bielles :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{proj. horizontale} \quad \frac{l\sqrt{3}}{3} - 0,3a \\ \text{proj. verticale} \quad h \end{array} \right.$$

Effort de traction dans un plan médian :

$$N'_{am} = \frac{Q}{9h} \left(\frac{l\sqrt{3}}{3} - 0,3a \right)$$

ENSAIOS de BLEVOT

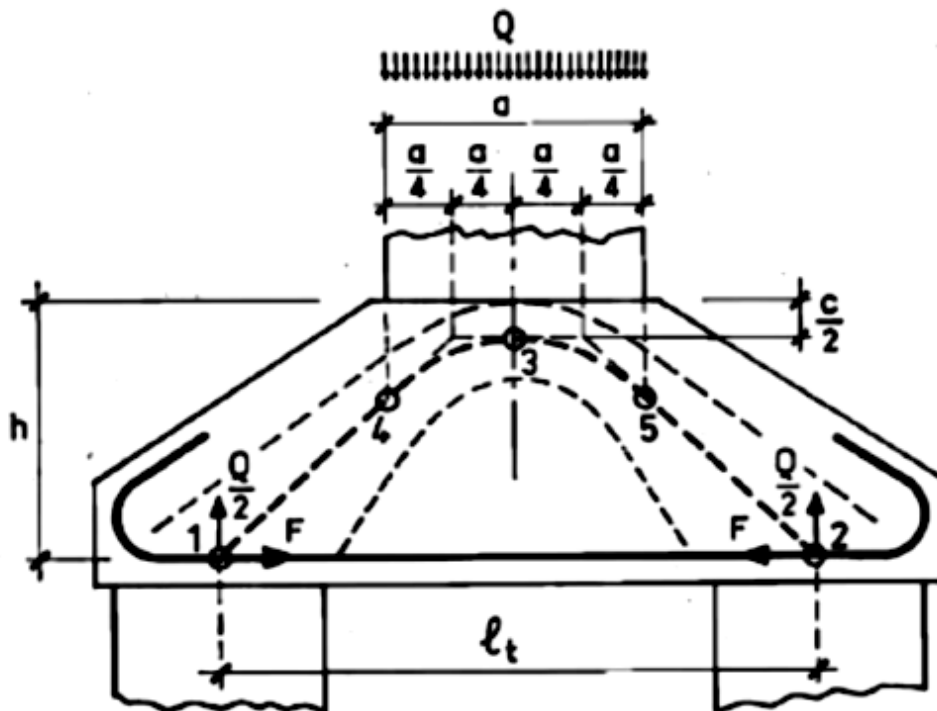


Inclinaison des bielles

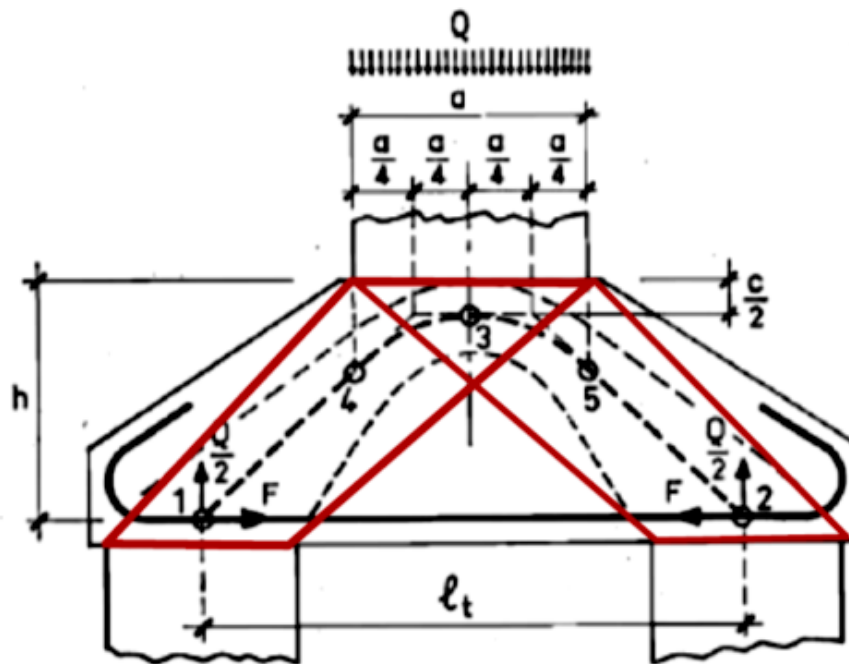
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{proj. horizontale } \frac{l_1 \sqrt{2}}{2} - \frac{a \sqrt{2}}{2} \\ \text{proj. verticale } h \end{array} \right.$$

Effort de traction dans un plan diagonal :

$$N'_{ad} = \frac{Q \sqrt{2}}{8 h} \left(l_1 - \frac{a}{2} \right)$$



Bielas segundo Blevot



Bielas segundo Schlaich

- *J. Blevot ensaiou 111 blocos. Os blocos tinham ou 2, ou 3, ou 4 estacas.*
- *Trabalhou com a resistência média cilíndrica do concreto, $f_{c.m.cilíndrico}$.*
- *Com os resultados dos ensaios, e usando suas fórmulas, determinou a relação :
Tensão calculada na biela, quando da ruptura do bloco / $f_{c.m.cilíndrico}$*
- *Recomendou então valores para a tensão nas bielas para a carga de utilização dos blocos. Ver nos gráficos adiante que os valores recomendados são coerentes com os resultados dos ensaios.*
- *Foi mais rigoroso para os blocos com 2 estacas. Nesses blocos o estado de tensões nas bielas é próximo de um estado plano . Sugere então $0,60 f_{c.m. cilíndrico}$.*

$\sigma_{c \text{ biela em utilização}} < 0,6 f_{c.m.cilíndrico}$

supondo $f_{cm} \approx 1,2 f_{ck}$; $\sigma_{na \text{ biela em utilização}} < 0,6 \times 1,2 f_{ck} = 0,72 f_{ck}$

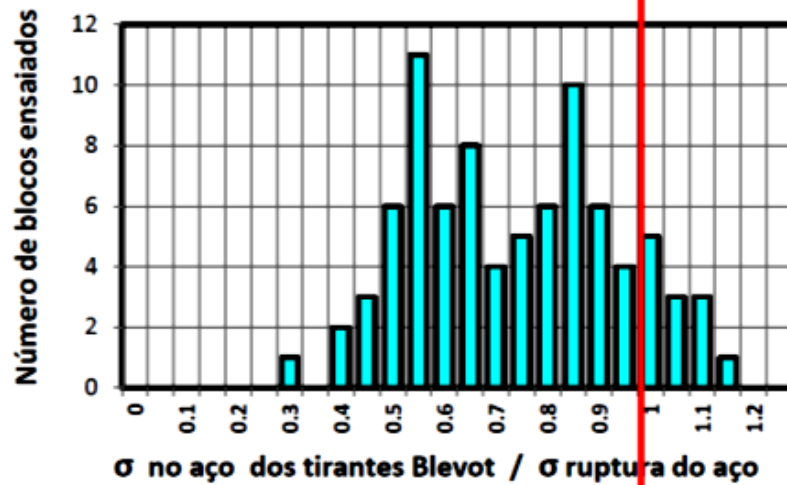
$\sigma_{d \text{ biela}} = 1,4 \times \sigma_{k \text{ atuante na biela}} < 1,4 \times 0,72 f_{ck} = 1,01 f_{ck}$

$\sigma_{d \text{ na biela}} < 1,01 \times (1,4 f_{cd}) = 1,44 f_{cd}$

- *Nos blocos com 3 estacas sugere $0,75 f_{c.m.cilíndrico}$.*
- *Nos blocos com 4 estacas sugere $0,90 f_{c.m.cilíndrico}$*

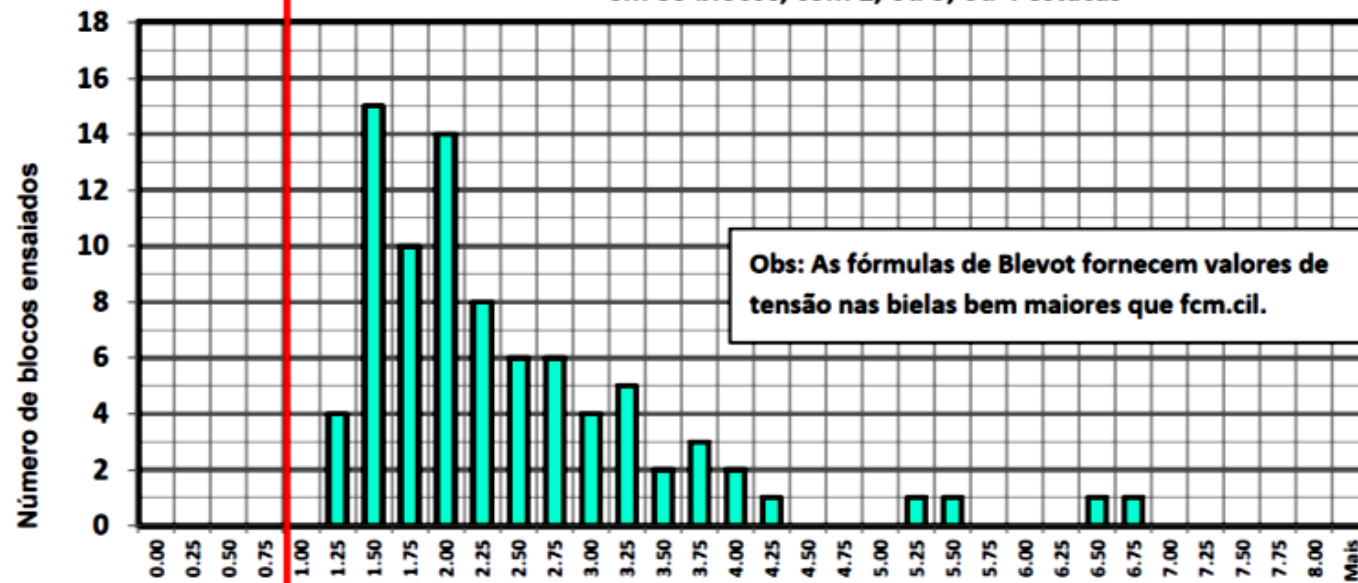
Ver dados no link : http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/bloco_sobre_estacas/blevot.pdf

Tensão calculada na armadura em 83 blocos quando as bielas de concreto romperam



ENSAIOS DE 83 BLOCOS COM RUPTURA DO CONCRETO DAS BIELAS

Tensão no concreto, segundo as fórmulas de Blevot, quando da Ruptura das bielas em 83 blocos, com 2, ou 3, ou 4 estacas

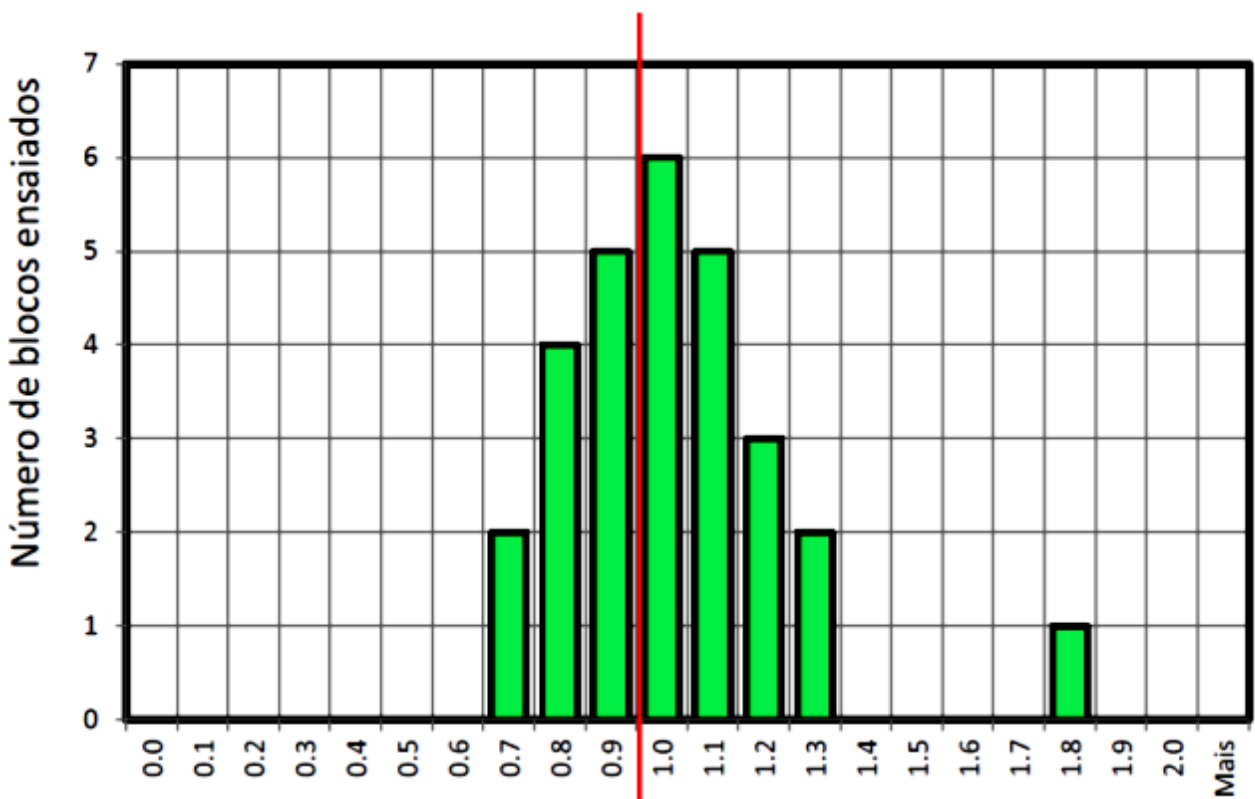


Tensão nas bielas segundo Blevot : $\sigma = \{ Q_u / B1.(sen\alpha)^2 \} / f_{c.médio.cil}$.

ENSAIOS DE BLOCOS COM RUPTURA DA ARMADURA

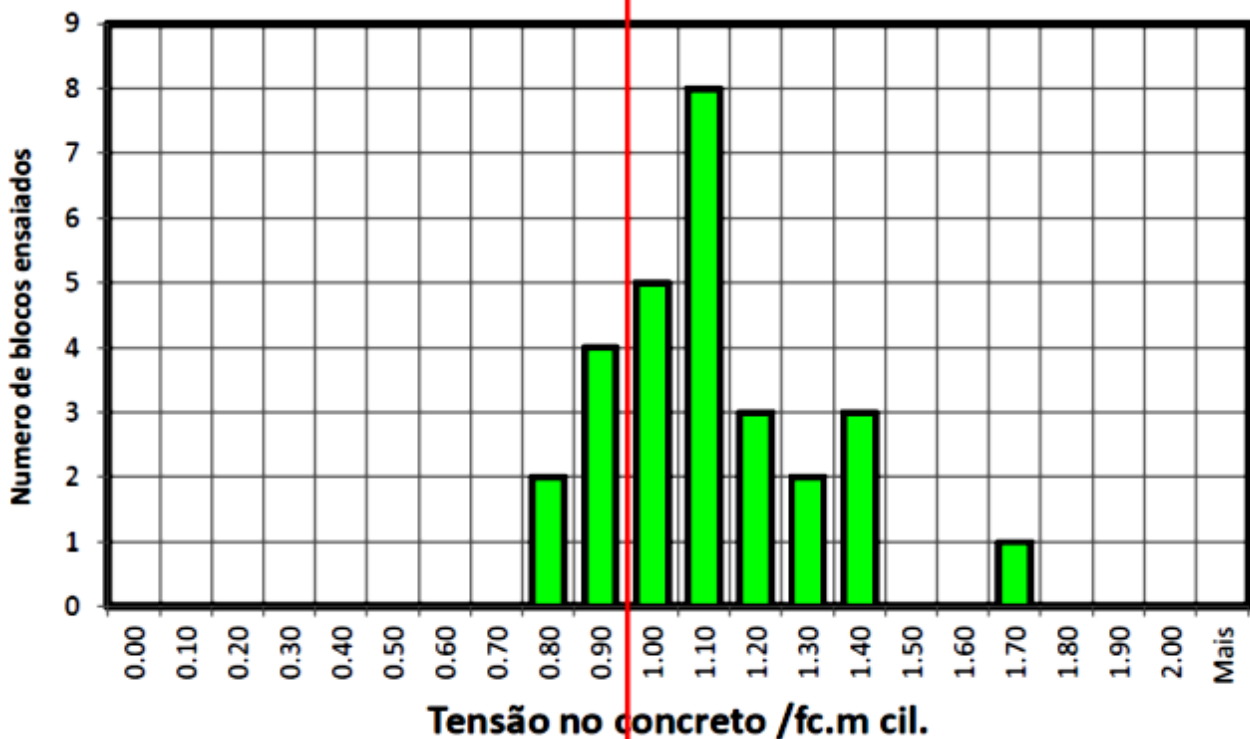
Blevot : 28 blocos com ruptura da armadura.

Blocos com 2, ou 3, ou 4 estacas



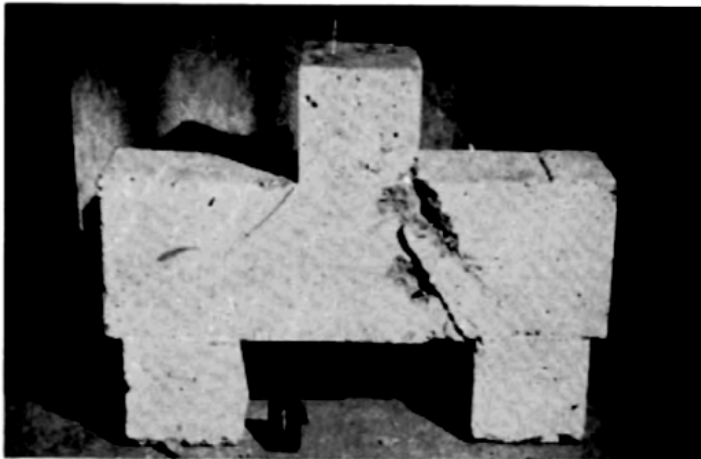
σ nos tirantes calculada segundo Blevot / Tensão de ruptura no aço

28 Blocos - Tensão no concreto quando a armadura rompe

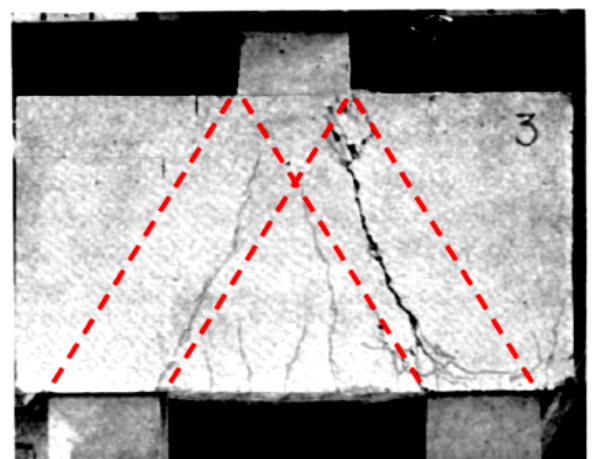


FORMULAÇÃO USADA POR BLEVOT

Blocos com 2 estacas



5 a. Fissures de rupture dessinant la bielle écrasée en tête.



2 N 3. Écrasement simultané de la bielle en haut et en bas ($\theta = 60^\circ$).

Bloco com 2 estacas

2) La contrainte du béton dans les bielles doit être limitée par les inégalités suivantes :

$$\sigma_b = \frac{Q}{B \sin^2 \theta} < 0,6 \sigma_j$$

$$\sigma_{b_1} = \frac{Q}{2 B_1 \sin^2 \theta} < 0,6 \sigma_j$$

dans lesquelles B est l'aire de la section du poteau ;

B_1 l'aire de la section d'un pieu ;

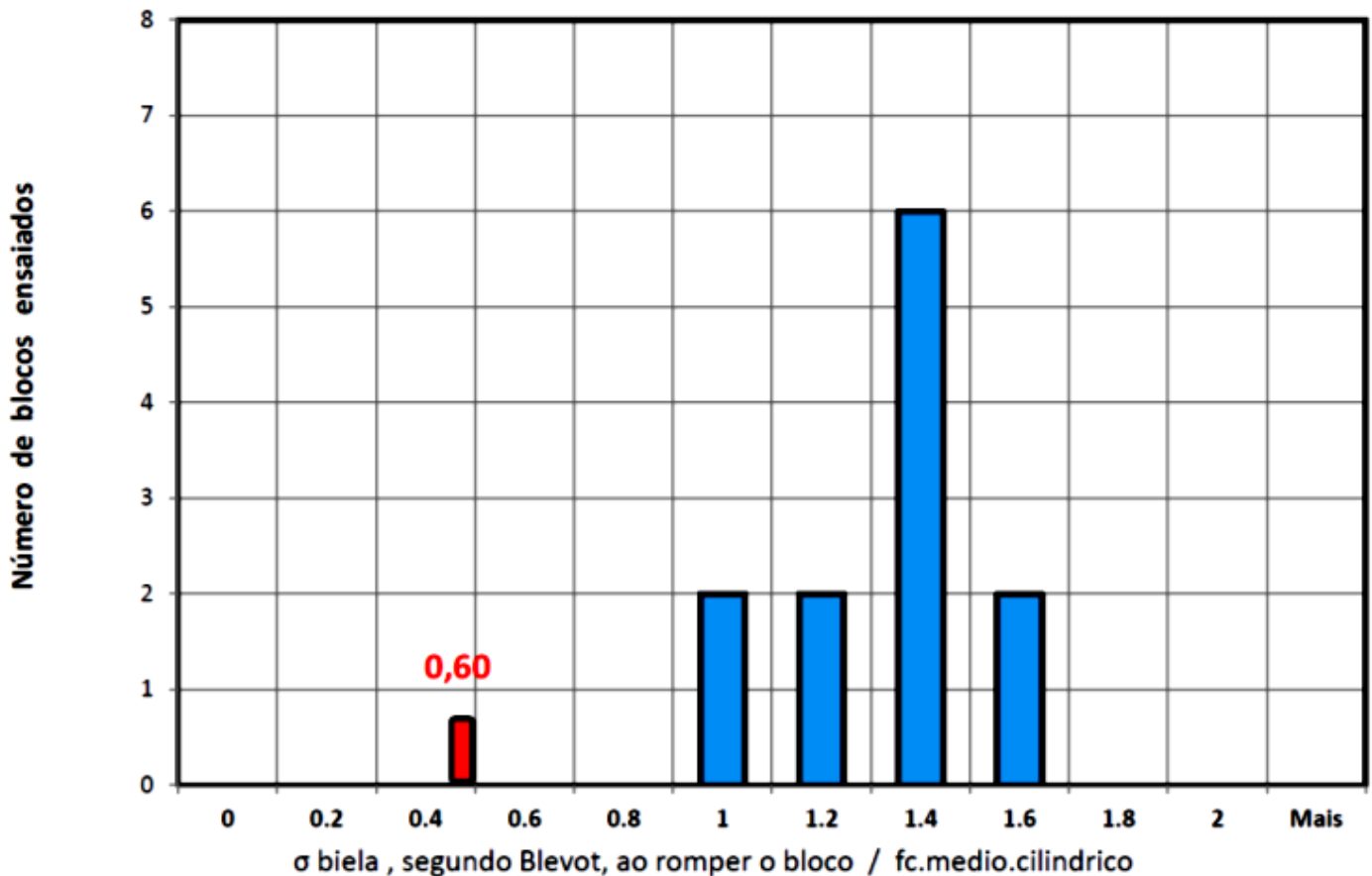
θ l'inclinaison de l'axe des bielles fictives en théorie simplifiée sur l'horizontale ;

σ_j la résistance à la compression mesurée sur éprouvettes cylindriques ($h = 2 \varnothing$)

On prendra en principe $\sigma_j = \sigma_{28}$.

Ver dados no link : http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/bloco_sobre_estacas/blevot.pdf

**Blevot : (σ na biela no ensaio) / ($f_{c,m.cilindrico}$)
12 blocos com 2 estacas**



Blevot : A tensão da biela, em serviço, deve ser menor que 0,60 $f_{c,médio.cp.cilindrico}$

Norma Francesa : BAEL - Béton Armé États Limites - / 1999

Contrainte conventionnelle de compression des bielles :

$$\left. \begin{aligned} \frac{P_u}{B \sin^2 \theta} &\leq 0,9 f_{c28} \\ \frac{1,35 G_0 + P_u}{2 B_p \sin^2 \theta} &\leq 0,9 f_{c28} \end{aligned} \right\}$$

Obs : f_{c28} da norma B.A.E.L. = f_{ck} da norma NBR

Résistance à la compression (A.2.1,1)

Dans les cas courants, un béton est défini par une valeur de sa résistance à la compression, à l'âge de 28 jours, dite "valeur caractéristique requise". Cette résistance se mesure par des essais de compression simple sur éprouvettes cylindriques de section 200 cm² et de hauteur double de leur diamètre (les éprouvettes sont dites "16-32").

Elle est notée f_{c28} et s'exprime en MPa et correspond dans la norme à la valeur de la résistance au dessous de laquelle peuvent se situer au plus 5% de la population de tous les résultats des essais sur éprouvette 16x32. Cette résistance caractéristique est donc bien inférieure à la valeur moyenne des résultats d'essai.

- Biela junto ao pilar : $\frac{\sigma_{d\text{ pilar}}}{(\text{sen}\alpha)^2} = \left(\frac{N_{d\text{ pilar}}}{A_{\text{ pilar}}} \right) \leq 0,9f_{ck}$; onde $N_{d\text{ pilar}} = 1,35N_{g\text{ pilar}} + 1,50 N_{p\text{ pilar}}$
- Biela junto à estaca : $\frac{\sigma_{d\text{ estaca}}}{(\text{sen}\alpha)^2} = \left(\frac{N_{d\text{ estaca}}}{A_{\text{ estaca}}} \right) \leq 0,9f_{ck}$; onde $N_{d\text{ estaca}} = 1,35N_{g\text{ estaca}} + 1,50 N_{p\text{ estaca}}$
- Supondo $f_{ck} = 0,67 \text{ fcm}$; (concreto com coef. var. $\approx 20\%$)

- $\frac{\sigma_{d\text{ pilar}}}{(\text{sen}\alpha)^2} = \left(\frac{N_{d\text{ pilar}}}{A_{\text{ pilar}}} \right) \leq 0,9 \times 0,67 \text{ fcm}_{\text{ pilar}} = 0,60 \text{ fcm}$, sugerido por Blevot .

- $\frac{\sigma_{d\text{ pilar}}}{(\text{sen}\alpha)^2} = \left(\frac{N_{d\text{ estaca}}}{A_{\text{ estaca}}} \right) \leq 0,9 \times 0,67 \text{ fcm}_{\text{ estaca}} = 0,60 \text{ fcm}$, sugerido por Blevot .

- Em resumo, segundo a norma francesa B.A.E.L. / 1999 , a carga de cálculo é majorada com os coeficientes 1,35 (carga permanente) e 1,50 (carga variável) e a resistência f_{cm} do concreto do Bloco **não é reduzida**, pois a fórmula de Blevot já dá valores muito dispersos e muito altos para a tensão convencional de compressão atuante no concreto.
- Os ensaios de Blevot na realidade serviram para aferir a fórmula da tensão convencional de compressão na biela de Blevot.

Para comparar com a **NBR 6118** , usamos $f_{cd} = f_{ck}/1,4$ e obtemos :

- Biela junto ao pilar :
$$\frac{\sigma_{d \text{ pilar}}}{(\text{sen}\alpha)^2} = \left(\frac{N_{d \text{ pilar}}}{A_{\text{ pilar}}} \right) \leq 0,9 \times f_{ck} = 0,9 \times 1,4 f_{cd} = 1,26 f_{cd} \quad ;$$

onde $N_{d \text{ pilar}} = 1,35 N_{g \text{ pilar}} + 1,50 N_{p \text{ pilar}}$

A norma NBR 6118 recomenda : $0,85 \cdot \alpha_{v2} \cdot f_{cd}$

$\alpha_{v2} = \{ 1 - f_{ck}(\text{MPa})/250 \}$, com um $f_{ck} = 30\text{MPa}$, $\alpha_{v2} = 0,88$

NBR 6118 --> $0,85 \cdot \alpha_{v2} \cdot f_{cd} = 0,85 \times 0,88 f_{cd} = \mathbf{0,75 f_{cd}} \ll \mathbf{1,26 f_{cd}}$ da norma B.A.E.L.

- Biela junto à estaca :
$$\frac{\sigma_{d \text{ estaca}}}{(\text{sen}\alpha)^2} = \left(\frac{N_{d \text{ estaca}}}{A_{\text{ estaca}}} \right) \leq 0,9 \times f_{ck} = 0,9 \times 1,4 f_{cd} = 1,26 f_{cd} \quad ; \quad !!!$$

onde $N_{d \text{ estaca}} = 1,35 N_{g \text{ estaca}} + 1,50 N_{p \text{ estaca}}$

A norma NBR 6118 recomenda : $0,72 \cdot \alpha_{v2} \cdot f_{cd}$

$\alpha_{v2} = \{ 1 - f_{ck}(\text{MPa})/250 \}$, com $f_{ck} = 30\text{MPa}$, $\alpha_{v2} = 0,88$

NBR 6118 --> $0,72 \cdot \alpha_{v2} \cdot f_{cd} = 0,72 \times 0,88 f_{cd} = \mathbf{0,63 f_{cd}} \ll \mathbf{1,26 f_{cd}}$ da norma B.A.E.L.

NBR 6118 / 2014

22.3.2 Parâmetros de resistência de cálculo das bielas e regiões nodais

Para a verificação de tensões de compressão máximas nas bielas e regiões nodais, são definidos os seguintes parâmetros:

$$f_{cd1} = 0,85 \alpha_{v2} f_{cd} \text{ (bielas prismáticas ou nós CCC)}$$

$$f_{cd2} = 0,60 \alpha_{v2} f_{cd} \text{ (bielas atravessadas por mais de um tirante, ou nós CTT ou TTT)}$$

$$f_{cd3} = 0,72 \alpha_{v2} f_{cd} \text{ (bielas atravessadas por tirante único, ou nós CCT)}$$

onde

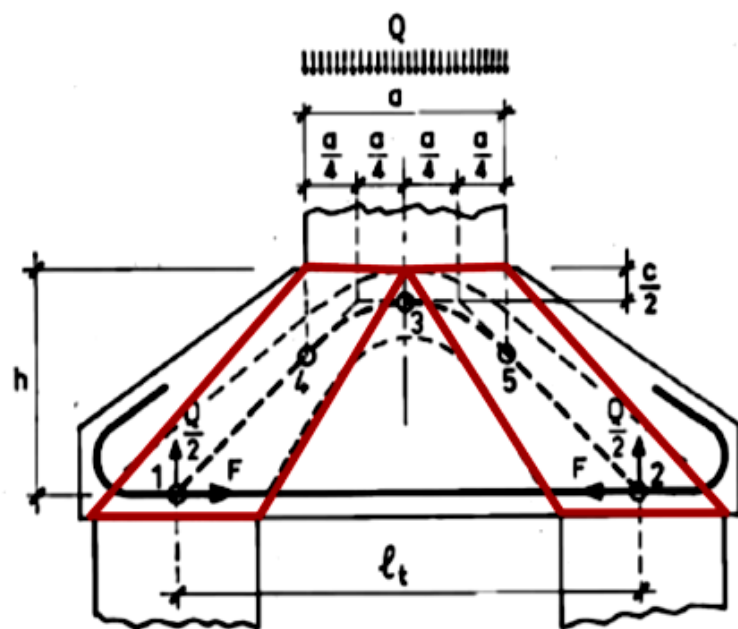
$$\alpha_{v2} = (1 - f_{ck} / 250) \text{ e } f_{ck}, \text{ expresso em megapascal (MPa);}$$

Tensões nas Bielas junto do Pilar

A expressão $\sigma_{\text{(biela junto ao pilar)}} = \frac{N_{\text{ pilar}}}{(\text{Área do pilar}) \times (\text{sen}\theta)^2}$, usada por Blevot, supõe que a seção

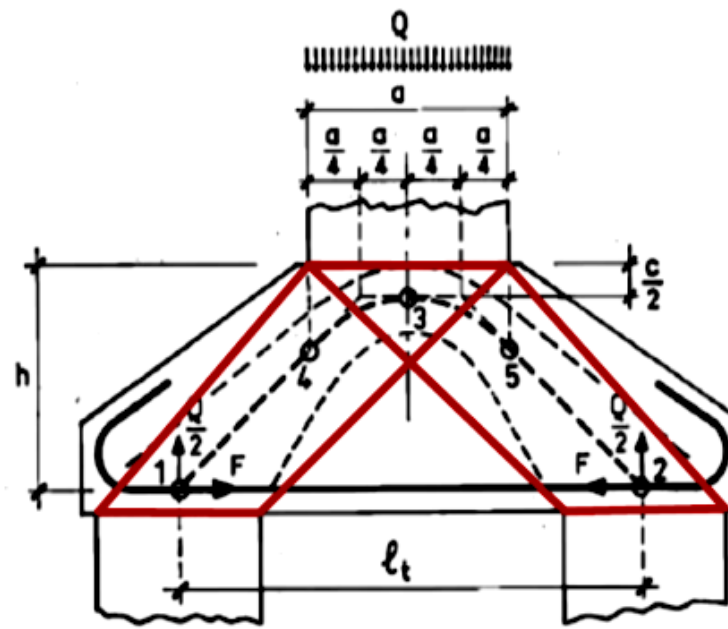
transversal do pilar é subdividida em " n " partes iguais e que do centro de cada uma dessas " n " sub-áreas sai uma biela em direção a cada uma das " n " estacas. Isso não é exato. É apenas uma simplificação para calcular a inclinação da biela.

Os dois limites seriam : **BLEVOT**



$$\sigma_{\text{(biela junto ao pilar)}} = \frac{N_{\text{ pilar}}}{(\text{Área do pilar}) \times (\text{sen}\theta)^2}$$

SCHLAICH

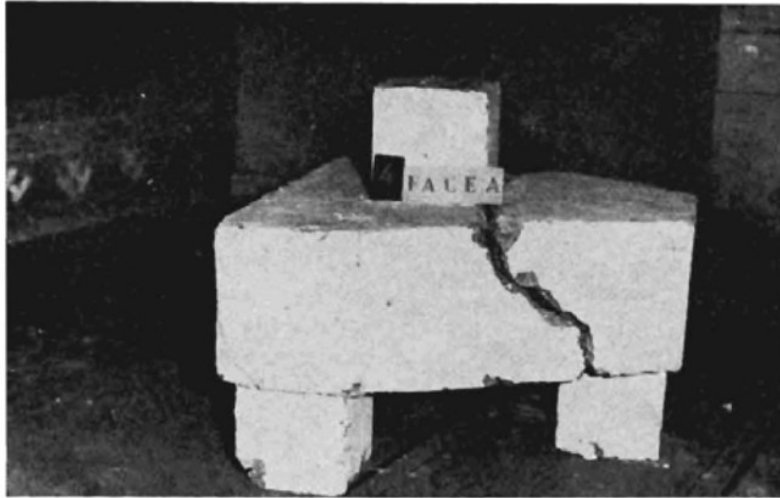


$$\sigma_{\text{(biela junto ao pilar)}} = \frac{N_{\text{ pilar}}}{(\text{Área do pilar}) \times n \times (\text{sen}\theta)^2}$$

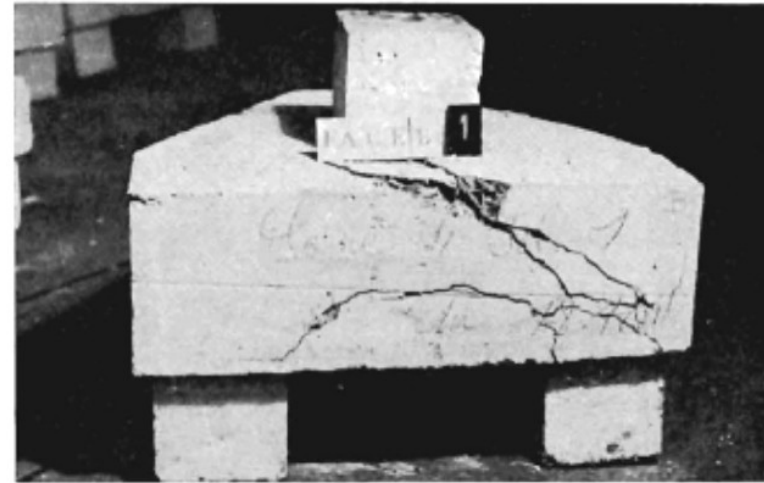
sendo n = número de estacas. As tensões na biela, junto ao pilar, calculadas pela fórmula de Blevot são maiores que as tensões "reais" (!). Talvez por isso os resultados obtidos por Blevot em seus ensaios mostrem tensões tão elevadas no concreto quando da ruptura das bielas. Além desse fato a resistência do concreto num estado múltiplo de compressão é de fato maior do que no estado axial de compressão.

FORMULAÇÃO USADA POR BLEVOT

Bloco com 3 estacas BLOCOS COM 3 ESTACAS



4,4. Rupture très brutale (armatures uniquement en quadrillage).



4,1. Surfaces de rupture inclinées à partir d'un pieu.

Les conditions relatives aux contraintes de compression des bielles sont les suivantes :

$$1^{\circ) \quad \sigma_b = \frac{Q}{B \sin^2 \theta} < 0,75 \sigma_c$$

$$2) \quad \sigma_{b_1} = \frac{Q}{3 B_1 \sin^2 \theta} < 0,75 \sigma_c$$

où B est la section du poteau;

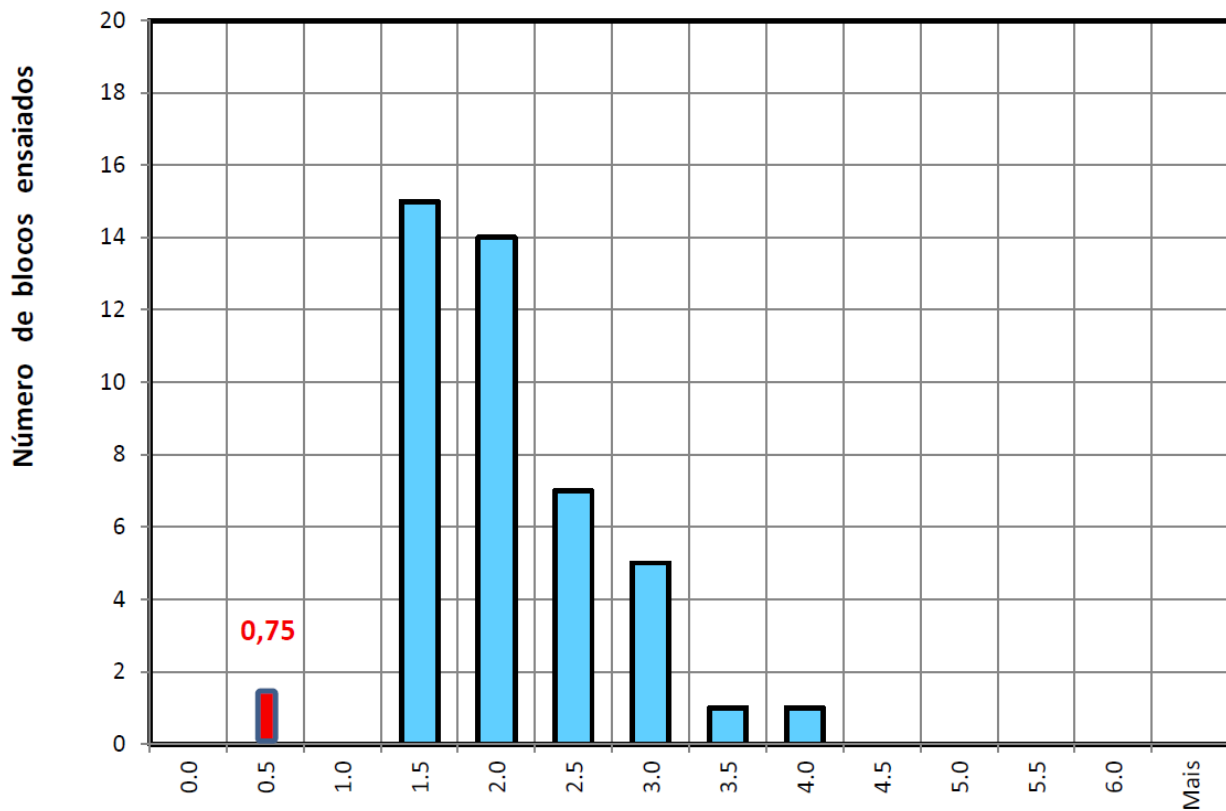
B_1 la section de chacun des pieux;

θ l'angle d'inclinaison des bielles sur l'horizontale;

σ_c la résistance du béton à la compression mesurée sur cylindres.

Ver dados no link : http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/bloco_sobre_estacas/blevot.pdf

Blevot : { σ na biela no ensaio } / $f_{c,m.cilindrico}$
43 blocos com 3 estacas



σ biela, segundo Blevot, ao romper o bloco / $f_{c,medio.cilindrico}$

Blevot : A tensão da biela, em serviço, deve ser menor que 0,75 $f_{c,médio. cilindrico}$

Norma Francesa : BAEL - Béton Armé États Limites - 1999

Contrainte conventionnelle de compression des bielles :

$$\left. \begin{aligned} \frac{P_u}{B \sin^2 \theta} &\leq 1,15 f_{c28} \\ \frac{1,35 G_0 + P_u}{3 B_p \sin^2 \theta} &\leq 1,15 f_{c28} \end{aligned} \right\}$$

Obs : f_{c28} da norma B.A.E.L. = f_{ck} da norma NBR

- **B.A.E.L. / 1999**

- Biela junto ao pilar : $\frac{\sigma_{d\text{ pilar}} = \left(\frac{N_{d\text{ pilar}}}{A_{\text{ pilar}}} \right)}{(\text{sen}\alpha)^2} \leq 1,15 f_{ck}$; onde $N_{d\text{ pilar}} = 1,35N_{g\text{ pilar}} + 1,50 N_{p\text{ pilar}}$

- Biela junto à estaca : $\frac{\sigma_{d\text{ estaca}} = \left(\frac{N_{d\text{ estaca}}}{A_{\text{ estaca}}} \right)}{(\text{sen}\alpha)^2} \leq 1,15 f_{ck}$; onde $N_{d\text{ estaca}} = 1,35N_{g\text{ estaca}} + 1,50 N_{p\text{ estaca}}$

- Supondo $f_{ck} = 0,67 \text{ fcm}$; (concreto com coef.var. $\approx 20\%$)

- $\frac{\sigma_{d\text{ pilar}} = \left(\frac{N_{d\text{ pilar}}}{A_{\text{ pilar}}} \right)}{(\text{sen}\alpha)^2} \leq 1,15 \times 0,67 \text{ fcm}_{\text{ pilar}} = 0,77 \cong 0,75 \text{ fcm}$ sugerido por Blevot .

- $\frac{\sigma_{d\text{ pilar}} = \left(\frac{N_{d\text{ estaca}}}{A_{\text{ estaca}}} \right)}{(\text{sen}\alpha)^2} \leq 1,15 \times 0,67 \text{ fcm}_{\text{ pilar}} = 0,77 \cong 0,75 \text{ fcm}$ sugerido por Blevot .

- Em resumo, segundo a B.A.E.L. , a carga de cálculo é majorada com os coeficientes 1,35 (carga permanente) e 1,50 (carga variável) e a resistência f_{cm} do concreto do Bloco **não é reduzida**, pois a fórmula de Blevot já dá valores muito dispersos e muito altos para a [tensão convencional de compressão](#) atuante no concreto.
- Os ensaio dse Blevot na realidade serviram para aferir a fórmula da [tensão convencional de compressão](#) na biela de Blevot.

Para comparar com a **NBR 6118** , usamos $f_{cd} = f_{ck}/1,4$ e obtemos :

- Biela junto ao pilar :
$$\frac{\sigma_{d \text{ pilar}}}{(\text{sen}\alpha)^2} = \left(\frac{N_{d \text{ pilar}}}{A_{\text{ pilar}}} \right) \leq 1,15 \times f_{ck} = 1,15 \times 1,4 f_{cd} = 1,61 f_{cd} \quad ;$$

onde $N_{d \text{ pilar}} = 1,35 N_{g \text{ pilar}} + 1,50 N_{p \text{ pilar}}$

A norma NBR 6118 recomenda : CCC --> $0,85 \cdot \alpha_{v2} \cdot f_{cd}$

$\alpha_{v2} = \{ 1 - f_{ck}(\text{ MPa})/250 \}$, com um $f_{ck} = 30\text{MPa}$, $\alpha_{v2} = 0,88$

NBR 6118 --> $0,85 \cdot \alpha_{v2} \cdot f_{cd} = 0,85 \times 0,88 f_{cd} = \mathbf{0,75 f_{cd}} \ll \mathbf{1,61 f_{cd}}$ da norma B.A.E.L.

- Biela junto à estaca :
$$\frac{\sigma_{d \text{ estaca}}}{(\text{sen}\alpha)^2} = \left(\frac{N_{d \text{ estaca}}}{A_{\text{ estaca}}} \right) \leq 1,15 \times f_{ck} = 1,15 \times 1,4 f_{cd} = 1,61 f_{cd} \quad ; \quad !!!$$

onde $N_{d \text{ estaca}} = 1,35 N_{g \text{ estaca}} + 1,50 N_{p \text{ estaca}}$

A norma NBR 6118 recomenda CTT : $0,60 \cdot \alpha_{v2} \cdot f_{cd}$

$\alpha_{v2} = \{ 1 - f_{ck}(\text{ MPa})/250 \}$, com $f_{ck} = 30\text{MPa}$, $\alpha_{v2} = 0,88$

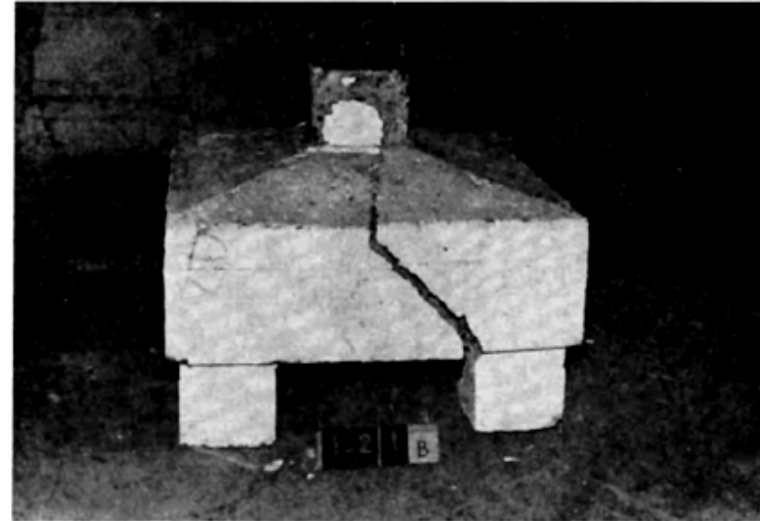
NBR 6118 --> CCC --> $0,60 \cdot \alpha_{v2} \cdot f_{cd} = 0,60 \times 0,88 f_{cd} = \mathbf{0,53 f_{cd}} \ll \mathbf{1,61 f_{cd}}$ da norma B.A.E.L.

FORMULAÇÃO USADA POR BLEVOT

Bloco com 4 estacas



6,4. Rupture avec fissure inclinée et écrasement du béton à la partie supérieure.



12,1 b. Rupture avec glissement sur un appui (armatures sans crochets).

Les conditions relatives aux contraintes de compression des bielles sont les suivantes :

$$1) \quad \sigma_b = \frac{Q}{B \sin^2 \theta} < 0,9 \sigma_j$$

$$2) \quad \sigma_{b_1} = \frac{Q}{4 B_1 \sin^2 \theta} < 0,9 \sigma_j$$

où B est la section du poteau;

B_1 est la section de chacun des pieux;

θ est l'angle d'inclinaison des bielles fictives sur l'horizontale;

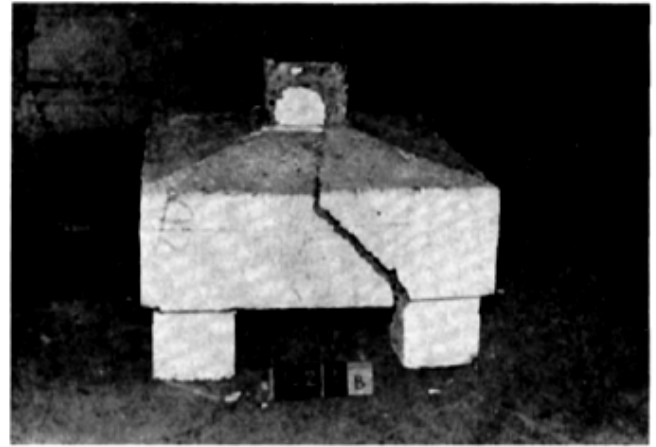
σ_j la résistance du béton à la compression mesurée sur cylindres.

Ver dados no link : http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/bloco_sobre_estacas/blevot.pdf

BLOCOS COM 4 ESTACAS

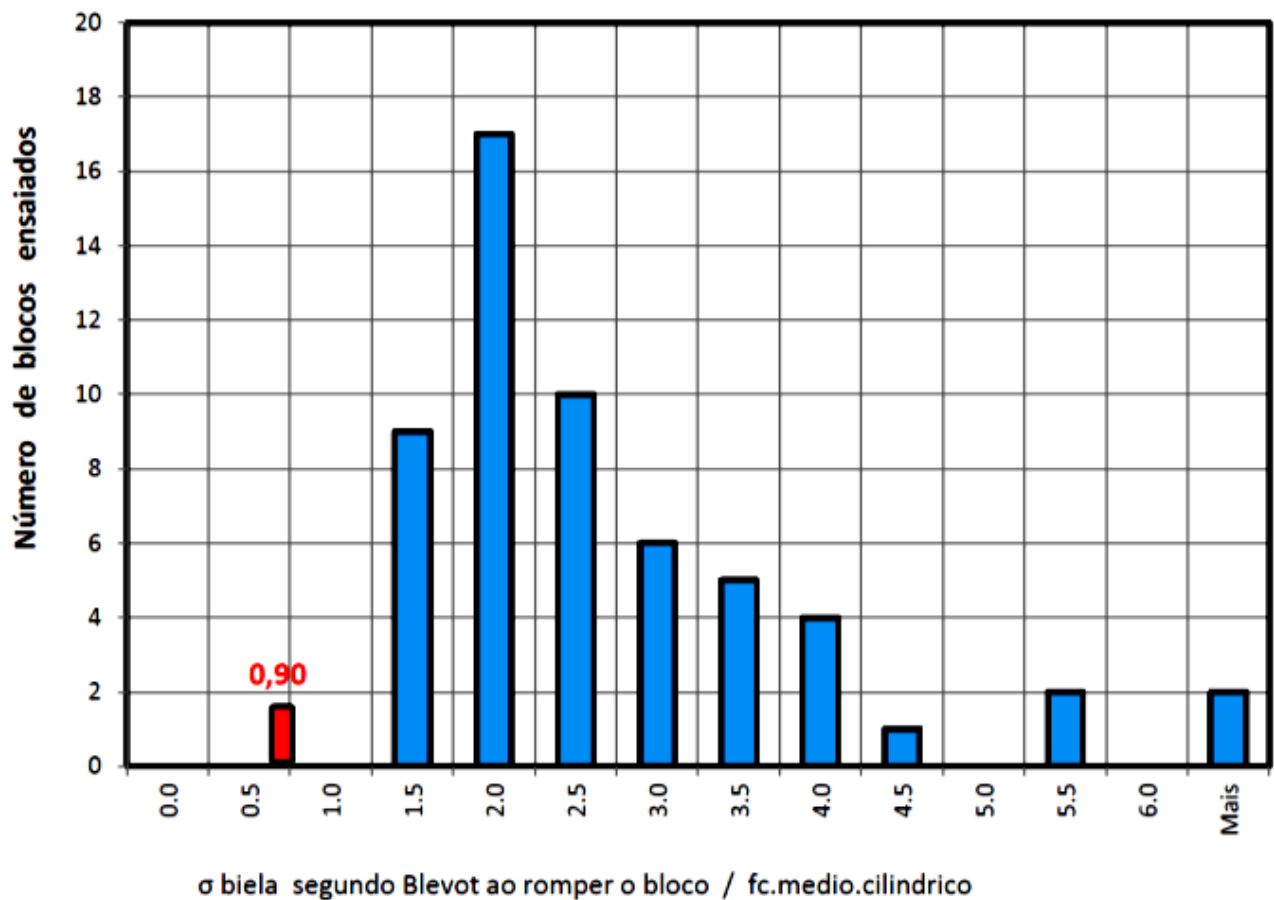


6,4. Rupture avec fissure inclinée et écrasement du béton à la partie supérieure.



12,1 b. Rupture avec glissement sur un appui (armatures sans crochets).

Blevot : $\{ \sigma \text{ na biela no ensaio} \} / f_{c.m.cilindrico}$
56 blocos com 4 estacas



Blevot - A tensão da biela, em serviço, deve ser menor que 0,90 $f_{c.médio.cilindro}$

Considerando as rupturas no concreto.

■ **Contrainte conventionnelle de compression des bielles :**

$$\left. \begin{aligned} \frac{P_u}{B \sin^2 \theta} &\leq 1,35 f_{c28} \\ \frac{1,35 G_0 + P_u}{4 B_p \sin^2 \theta} &\leq 1,35 f_{c28} \end{aligned} \right\}$$

En ce qui concerne la fissuration, il faut noter que, sous des charges qui sont de l'ordre des charges de service, on a relevé des fissures atteignant — et même dans certains cas dépassant — le demi-millimètre, malgré l'excellente qualité des bétons à la traction. Cette constatation pose un grave problème, d'autant plus que les semelles sur pieux sont généralement enterrées et donc en milieu humide. Il faudra donc rechercher des améliorations de ferrailage qui permettent de réduire l'importance des phénomènes de fissuration observés au cours de ces essais.

B.A.E.L. /1999 a 2010

- Biela junto ao pilar : $\frac{\sigma_{d\text{ pilar}} = \left(\frac{N_{d\text{ pilar}}}{A_{\text{ pilar}} \right)}{(\text{sen}\alpha)^2} \leq 1,35 f_{ck}$; onde $N_{d\text{ pilar}} = 1,35N_{g\text{ pilar}} + 1,50 N_{p\text{ pilar}}$
- Biela junto à estaca : $\frac{\sigma_{d\text{ estaca}} = \left(\frac{N_{d\text{ estaca}}}{A_{\text{ estaca}} \right)}{(\text{sen}\alpha)^2} \leq 1,35 f_{ck}$; onde $N_{d\text{ estaca}} = 1,35N_{g\text{ estaca}} + 1,50 N_{p\text{ estaca}}$
- Supondo $f_{ck} = 0,67 \text{ fcm}$; (concreto com coef.var. $\approx 20\%$)

- $\frac{\sigma_{d\text{ pilar}} = \left(\frac{N_{d\text{ pilar}}}{A_{\text{ pilar}} \right)}{(\text{sen}\alpha)^2} \leq 1,35 \times 0,67 \text{ fcm}_{\text{ pilar}} = 0,90 \text{ fcm}$ sugerido por Blevot .

- $\frac{\sigma_{d\text{ pilar}} = \left(\frac{N_{d\text{ estaca}}}{A_{\text{ estaca}} \right)}{(\text{sen}\alpha)^2} \leq 1,35 \times 0,67 \text{ fcm}_{\text{ pilar}} = 0,90 \text{ fcm}$ sugerido por Blevot .

Para comparar com a **NBR 6118** , usamos $f_{cd} = f_{ck}/1,4$ e obtemos :

- Biela junto ao pilar :
$$\frac{\sigma_{d \text{ pilar}}}{(\text{sen}\alpha)^2} = \left(\frac{N_{d \text{ pilar}}}{A_{\text{ pilar}}} \right) \leq 1,35 \times f_{ck} = 1,35 \times 1,4 f_{cd} = 1,89 f_{cd} \quad ;$$

onde $N_{d \text{ pilar}} = 1,35 N_{g \text{ pilar}} + 1,50 N_{p \text{ pilar}}$

A norma NBR 6118 recomenda --> CCC --> $0,85 \cdot \alpha_{v2} \cdot f_{cd}$

$\alpha_{v2} = \{ 1 - f_{ck}(\text{ MPa})/250 \}$, com um $f_{ck} = 30\text{MPa}$, $\alpha_{v2} = 0,88$

NBR 6118 --> CCC --> $0,85 \cdot \alpha_{v2} \cdot f_{cd} = 0,85 \times 0,88 f_{cd} = \mathbf{0,75 f_{cd}} \ll \mathbf{1,61 f_{cd}}$ da norma B.A.E.L.

- Biela junto à estaca :
$$\frac{\sigma_{d \text{ estaca}}}{(\text{sen}\alpha)^2} = \left(\frac{N_{d \text{ estaca}}}{A_{\text{ estaca}}} \right) \leq 1,15 \times f_{ck} = 1,15 \times 1,4 f_{cd} = 1,61 f_{cd} \quad ; \quad !!!$$

onde $N_{d \text{ estaca}} = 1,35 N_{g \text{ estaca}} + 1,50 N_{p \text{ estaca}}$

A norma NBR 6118 recomenda ---> CTT --> $0,60 \cdot \alpha_{v2} \cdot f_{cd}$

$\alpha_{v2} = \{ 1 - f_{ck}(\text{ MPa})/250 \}$, com $f_{ck} = 30\text{MPa}$, $\alpha_{v2} = 0,88$

NBR 6118 --> $0,60 \cdot \alpha_{v2} \cdot f_{cd} = 0,60 \times 0,88 f_{cd} = \mathbf{0,53 f_{cd}} \ll \mathbf{1,61 f_{cd}}$ da norma B.A.E.L.