



**Fissuração - Parte III - Cálculo de Tirantes**  
**Prof. Adolpho Polillo - ENE / UFRJ**  
**Prof. Fernando L. Lobo B. Carneiro - COPPE / UFRJ**

Prof. Eduardo C. S.  
Thomaz  
Notas de aula



**Revista editada pelo Prof. Aderson Moreira da Rocha**

## **FISSURAÇÃO NO CONCRETO ARMADO**

Quando da revisão da NB1, na década de 60, o Prof. Fernando Lobo Carneiro realizou no I.N.T. / RJ uma vasta pesquisa experimental sobre fissuração de tirantes de concreto armado. Ver revistas ESTRUTURA 26 e 27.

Esses ensaios serviram de base para a revisão do item FISSURAÇÃO da NB2 . Ver revistas ESTRUTURA 26 e 27.

Os resultados desses ensaios foram também enviados para o C.E.B. , do qual o Prof. Lobo Carneiro fazia parte.

O C.E.B. incluiu esses resultados em seu banco de dados e com eles elaborou uma revisão do seu texto sobre FISSURAÇÃO.

A seguir o Prof. Adolpho Polillo ENE/UFRJ elaborou tabelas práticas para o dimensionamento de tirantes seguindo essa revisão do CEB. Ver revista ESTRUTURA 40.

Esses 3 artigos contêm todas essas informações :

- Revista Estrutura 26 e 27 com os resultados dos ensaios de tirantes de concreto armado do Prof. Lobo Carneiro.
- Revista Estrutura 40 com as tabelas práticas do Prof. Adolpho Polillo.

Eduardo Thomaz  
I.M.E. 2013

# TABELAS PARA O DIMENSIONAMENTO DE TIRANTES DE ACÔRDO COM AS NORMAS ESTRUTURAIS DO COMITÉ EUROPEU DO CONCRETO

ADOLPHO POLILLO

Especialmente convidado pelo prof. ADERSON MOREIRA DA ROCHA, o prof. FERNANDO LOBO CARNEIRO pronunciou, sob os auspícios da disciplina de “Estruturas especiais de Concreto Armado”, subordinada à Cadeira Estabilidade das Construções, três palestras para os alunos do Curso de Estruturas, do 2.º ciclo da E.N.E.

Os temas abordados referiram-se às normas estruturais que estão sendo elaboradas pelo Comité Europeu do Concreto, organismo êste do qual faz parte o referido professor, na qualidade de membro observador do Brasil.

Entre outros assuntos, foi apresentado o dimensionamento de tirantes da maneira como estabelece a Norma do Comité Europeu.

Nos casos em que se pode admitir a fissuração nos tirantes, estabelece a norma do Comité, para os aços lisos, a condição:

$$1) \quad \frac{\delta}{\mu} \leq \frac{42\,000}{\sigma_f (0,4 + 4,5 \mu)}$$

Barras nervuradas

e para os aços com mossas ou saliências:

$$2) \quad \frac{\delta}{\mu} \leq \frac{66\,000}{\sigma_f (0,4 + 4,5 \mu)}$$

sendo  $\delta$  o diâmetro de uma barra das armaduras a empregar,  $\mu$  a porcentagem de armadura e  $\sigma_f$  a tensão admissível do aço que não deve ultrapassar, em nenhuma hipótese, a metade do limite de escoamento do aço.

Com o fim de facilitar a verificação destas condições, tornando quasi que imediato o dimensionamento de tirantes, elaboramos as 4 tabelas a seguir apresentadas.

Pelas expressões 1 e 2 verifica-se que, nos casos em que se permite a fissuração, quanto mais finas as barras de aço e maior a porcentagem das armaduras, tanto mais facilmente será satisfeita esta condição\*.

Se fixarmos, para cada uma das bitolas comerciais, uma porcentagem de armadura, podemos, para cada uma das expressões 1 e 2, determinar a tensão  $\sigma_f$  correspondente, para que as mesmas expressões sejam satisfeitas.

As tabelas 1 e 2 dão os valores de  $\sigma_f$  para as porcentagens variando de 0,5 a 6%, correspondentes às bitolas de 3/16 a 1".

Deve-se salientar que, para efeito de dimensionamento, em qualquer hipótese,  $\sigma_f$  deve ser menor ou igual a  $\frac{\sigma_e}{2}$ .

TABELA 1  
AÇOS LISOS

$\delta \backslash \mu$	Valores de $\sigma_f$						
	0,5%	1%	2%	3 %	3%	5%	6%
3/16	952	1983	3601	4947	6085	7059	7905
1/4	783	1486	2704	3708	4563	5291	5925
5/16	626	1189	2159	2966	3814	4232	4738
3/8	493	991	1801	2474	3043	3529	3950
1/2	391	743	1350	1854	2281	2645	2961
5/8	313	595	1081	1484	1825	2117	2370
3/4	261	495	900	1236	1521	1764	1974
7/8	224	425	771	1060	1303	1512	1693
1	196	371	675	927	1140	1323	1481

Com o valor, tirado das tabelas 1 ou 2, de  $\sigma_f$ , desde que inferior ou igual a  $\frac{\sigma_e}{2}$ , calcula-se a secção de ferros pela expressão

3)

$$S_f = \frac{N}{\sigma_f}.$$

\* Conclusão contrária a que se chega nos processos clássicos para os casos raros de tirantes (reservatórios por exemplo) em que se deve impedir a fissuração.

TABELA 2

Barras nervuradas

## AÇOS COM MOSSAS OU SALIÊNCIAS

$\delta \backslash \mu$	Valores de $\sigma_f$						
	0,5%	1%	2%	3%	4%	5%	6%
1/4	1496	2334	4249	5827	7170	8314	9311
5/16	1230	1868	3392	4661	5993	6650	7445
3/8	984	1557	2829	3886	4782	5545	6207
1/2	775	1167	2121	2913	3583	4156	4653
5/8	614	935	1698	2331	2867	3326	3724
3/4	410	778	1414	1942	2389	2771	3101
7/8	352	668	1211	1665	2047	2375	2660
1	308	583	1060	1456	1791	2078	2327

Conhecida a secção de ferros, a secção de concreto é obtida pela expressão:

4)

$$S_c \leq \frac{S_f}{\mu}$$

EXEMPLO N.º 1

Seja dimensionar um tirante com  $N = 20 \text{ t}$  e aço liso CA-50.

Adotando uma porcentagem  $\mu = 3\%$  verificamos pela tabela 1, que podemos usar a tensão máxima permissível  $\sigma_f = \frac{3\,000}{2} = 1\,500 \text{ kg/m}^2$  para qualquer bitola inferior a 5/8, pois que o valor de  $\sigma_f$  correspondente à condição  $\frac{\delta}{\mu} \leq \frac{42\,000}{\sigma_f(0,4 + 4,5\mu)}$  dada na tabela, ultrapassou  $1\,500 \text{ kg/cm}^2$ .

Portanto, teremos:

$$S_f = \frac{N}{\sigma_f} = \frac{20\,000}{1\,500} = 13,3 \text{ cm}^2$$

Adotando barras de 1/2" teríamos  $12 \varnothing 1/2 \text{ CA-50}$

A secção de concreto será:

$$S_c \leq \frac{S_f}{\mu} \leq \frac{13,3}{0,03} \leq 440 \text{ cm}^2$$

*Tabelas dando a porcentagem mínima da armadura para usar  $\sigma_{f\text{máx}}$ .*

Para se conhecer com facilidade a maior secção de concreto que deve ter um tirante para satisfazer as condições 1 — foram calculadas as tabelas 3 e 4, que dão os valores das porcentagens mínimas correspondentes ao valor máximo de  $\sigma_f = \frac{\sigma_e}{2}$  para cada uma das bitolas comerciais usualmente empregadas.

TABELA 3

AÇOS LISOS

Porcentagem mínima de ferro para atender à condição  $\frac{\delta}{\mu} \leq \frac{42\,000}{\sigma_f(0,4 + 4,5\mu)}$

$\delta \backslash \sigma_f$	Valores das porcentagens mínimas para aços lisos								
	3/16	1/4	5/16	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1"
1200	0,58%	0,79%	1,01%	1,24%	1,74%	2,28%	2,88%	3,56%	4,31%
1500	0,74%	1,01%	1,30%	1,61%	2,28%	3,04%	3,92%	4,94%	6,13%
2000	1,01%	1,40%	1,82%	2,28%	3,32%	4,58%	6,13%	8,07%	10,62%
2500	1,30%	1,82%	2,40%	3,04%	4,58%	6,57%	9,26%	13,07%	18,92%
3000	1,61%	2,28%	3,04%	3,55%	6,13%	9,25%	14,04%	22,21%	39,50%

TABELA 4

AÇOS COM MOSSAS OU SALIÊNCIAS

Barras nervuradas

$\delta \backslash \sigma_f$	Valores das porcentagens mínimas							
	1/4	5/16	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1"
2000	0,84%	1,08%	1,33%	1,86%	2,45%	3,12%	3,86%	4,71%
2500	1,08%	1,39%	1,72%	2,45%	3,30%	4,27%	5,41%	6,79%
3000	1,33%	1,72%	2,15%	3,12%	4,27%	5,67%	7,41%	9,61%

Admitindo para porcentagem máxima a empregar num tirante o valor de 6% de armadura, verifica-se, pelas tabelas, que não é interessante usar aço de grande diâmetro pois que não se poderia tirar partido de sua resistência máxima em virtude da amplitude das fissuras no concreto.

### EXEMPLO N.º 2

Seja dimensionar o mesmo tirante do exemplo N.º 1, isto é, um elemento sujeito a uma força de tração de 22,5 toneladas.

$$\text{Para o aço 50-CA } \sigma_f = \frac{\sigma_e}{2} = \frac{3\,000}{2} = 1\,500 \text{ kg/cm}^2.$$

Calculamos inicialmente:

$$S_f = \frac{N}{\sigma_f} = \frac{22\,500}{1\,500} = 15 \text{ cm}^2$$

ou seja 12  $\varnothing$  1/2.

Entrando na tabela 3 com  $\delta = 1/2''$  e  $\sigma_f = 1\,500$ , verificamos que a porcentagem mínima de ferros será: 2,28%.

Portanto, a secção de concreto deverá ser inferior ou igual

$$S_c \leq \frac{S_f}{\mu_{\min}} = \frac{15}{2,28\%} = 658 \text{ cm}^2$$

Admitindo como porcentagem máxima o valor prático de 6%, temos:

$$S_c \geq \frac{15}{6\%} = 250 \text{ cm}^2$$

Donde se conclui que o tirante poderá ser armado; com 12  $\varnothing$  1/2 tirando o máximo partido da armadura. Quanto à secção de concreto deverá estar compreendida entre 250 e 659 cm<sup>2</sup>.

Qualquer secção prática das seguintes poderia ser usada:

$$10 \times 25 - 10 \times 30 - 15 \times 20 - 20 \times 20 - 20 \times 25 - \\ 20 \times 30 - 25 \times 25 \text{ etc.}$$

### EXEMPLO N.º 3

Seja determinar um tirante com 49,5 t e aço CA-T50.

A secção de ferros será:

$$S_f = \frac{49\,500}{2\,500} = 19,8 \text{ cm}^2 \text{ ou } 10 \Phi 5/8$$

Na tabela 4 teremos para  $\delta = 5/8''$  e  $\sigma_f = 2\,500$ :

$$\mu_{\min} = 3,3\% \\ S_c \leq \frac{19,8}{3,3\%} \leq \frac{1\,980}{3,3} \leq 600 \text{ cm}^2$$

$$\text{Para } \mu = 6\% \quad S_c = \frac{19,8}{6\%} = 330 \text{ cm}^2$$

O problema seria resolvido satisfatoriamente usando qualquer secção compreendida no intervalo:

$$330 \leq S_c \leq 600$$

A secção  $20 \times 25$  por exemplo seria satisfatória.

### *Aplicação às vigas fletidas*

As mesmas fórmulas 1 e 2 podem ser usadas para verificar a segurança das vigas contra o perigo de fissuração.

Para isto, considera-se a zona tracionada da viga como um tirante fictício de largura igual à largura da viga e de altura igual ao dobro da distância do centro de gravidade da armadura ao bordo mais tracionado.

Por exemplo, uma viga de largura igual a 25 cm com 4 ferros CA-T50 de 1" tem para distância do centro de gravidade ao bordo mais tracionado 3,4 cm.

A verificação contra o perigo de fissuração se faz calculando a área do tirante fictício

$$S_c = 25 \times 6,8 = 170 \text{ cm}^2$$

A porcentagem de ferro será:

$$\mu = \frac{10,16}{170} = 6\%$$

Entrando com este valor na tabela 2, na linha correspondente ao diâmetro de 1", encontramos  $\sigma_f = 2.327 \text{ kg/cm}^2$ .

Assim, vemos que o uso de 4 ferros CA-T50 de 1" numa viga de 25 cm de largura obriga usar uma tensão admissível menor que a máxima permissível para este tipo de aço ( $3.000 \text{ kg/cm}^2$ ).

Para usar a tensão de  $3.000 \text{ kg/cm}^2$  será necessário reduzir o diâmetro da armadura.

+ + +