

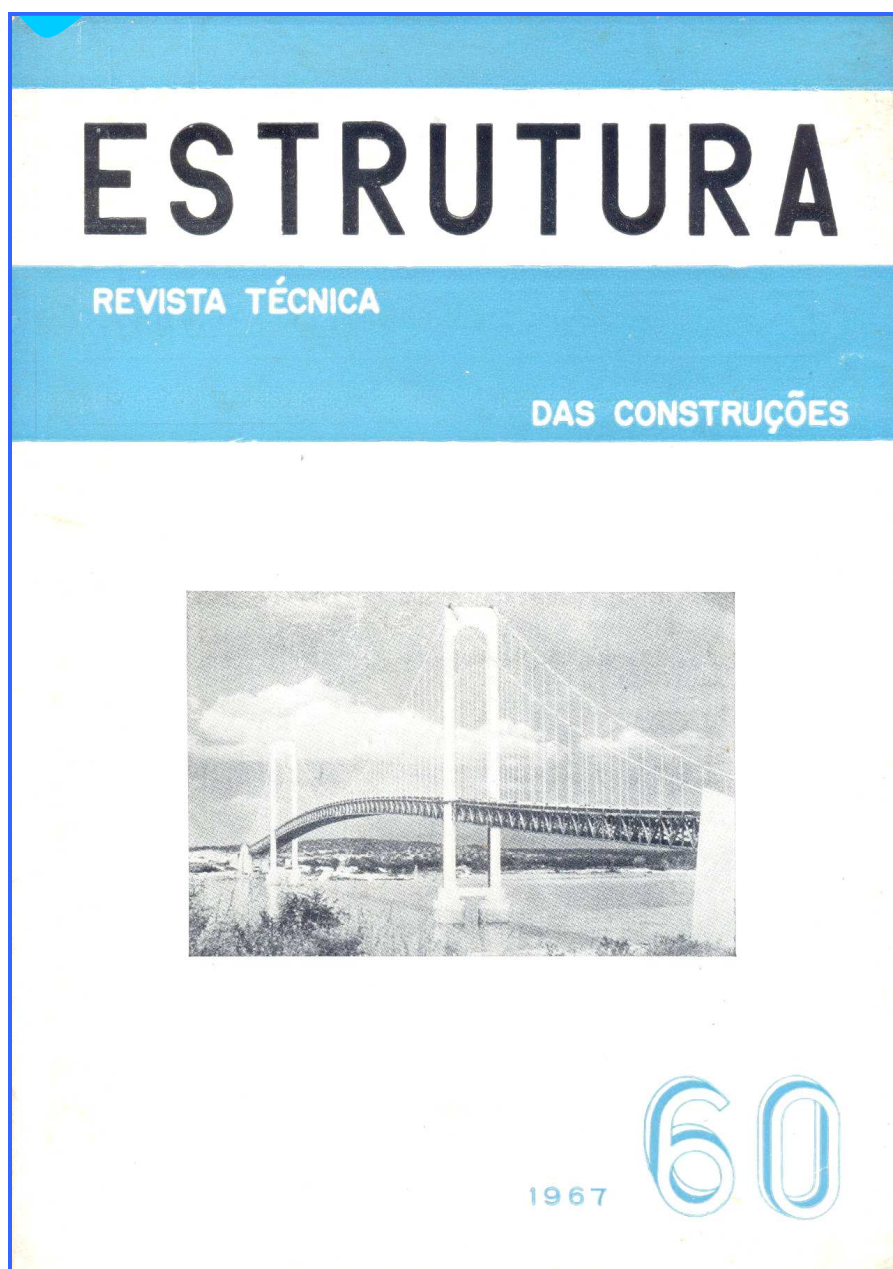


**EB3 – 1967 : Barras para concreto armado**

**Prof. Fernando L. Lobo B. Carneiro**

Prof. Eduardo C. S.  
Thomaz

Notas de aula



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

**O Prof. Fernando L. Lobo B. Carneiro teve grande participação na revisão da EB3 em 1967.**

# SUMÁRIO

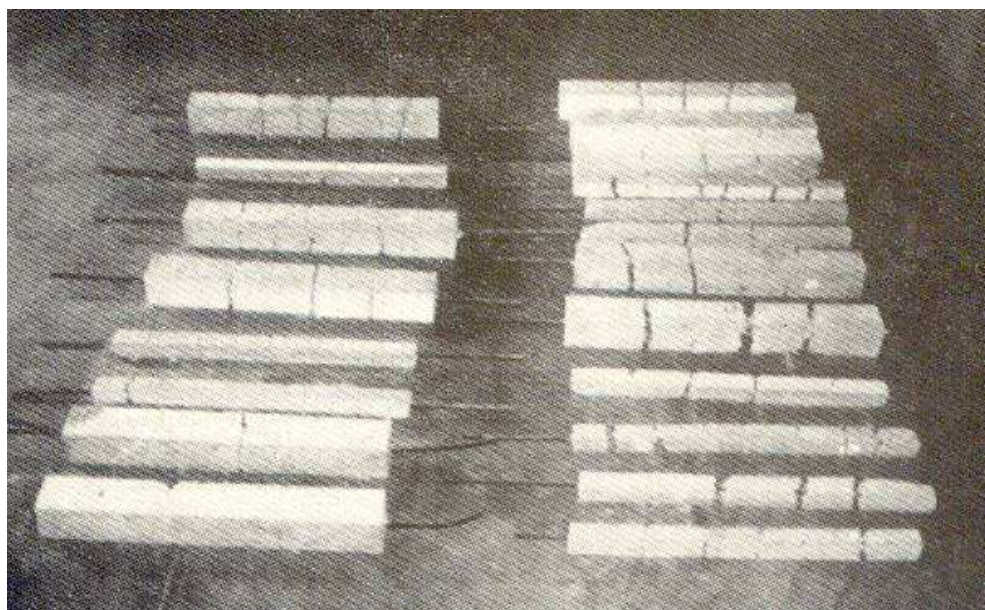
## ARTIGOS TÉCNICOS

Comportamento reológico de hormigones de alta resistência — <i>J. N. Distéfano</i> y <i>G. J. Greus</i> .....	17
Aparelhos de apoio STUP de Neoprene — <i>Carlos F. Machado</i> .....	42
O problema do impacto em pontes — <i>Jayme Mason</i> .....	54

## DIVERSOS

Organização Latino Americana do Concreto .....	13
Noticiário sôbre Concreto Protendido .....	75
P-EB-233/67 .....	79
<b>EB-3/67</b> .....	84

- A revisão da EB3 em 1967 foi elaborada com base nos ensaios de fissuração em tirantes de concreto armado realizados pelo Prof. Fernando L. Lobo B. Carneiro no I.N.T. – Instituto Nacional de Tecnologia.
- Ver revistas Estrutura 26 e 27.





# EB-3/67 - Barras e fios de destinados a armadura de peças de concreto armado

## APRESENTAÇÃO

Esta especificação, acrescida de um anexo contendo modificações nas normas NB-1 e NB-2, foi elaborada pela Comissão de Normas Estruturais da ABNT, tendo como presidentes, respectivamente dos grupos do Rio de Janeiro e de São Paulo, os engenheiros Paulo R. Fragoso e Nilo Amaral, e como relator o engenheiro Fernando Luiz Lobo B. Carneiro.

Participaram da redação do texto os seguintes membros da Comissão de Normas Estruturais: engenheiros Antônio Alves de Noronha Filho, Estêvão Mandaras, Humberto Fonseca, Fernando Luiz Lobo B. Carneiro,

Octavio Jost, Paulo Franco Rocha, Nilo Amaral, Nahul Benévolo, Paulo Fragoso e Telemaco van Langendonck.

A nova EB-3/67 substitui as antigas EB-3, EB-130 e EB-130 A, reunindo numa só especificação tôdas as categorias de barras de aço para concreto armado.

O Anexo da EB-3/67, que contém modificações em diversos itens da NB-1 e da NB-2, vigorará até uma futura revisão dessas duas normas. As modificações afetam pontos importantes dessas normas, tais como o cálculo da flexão no estágio III, a ancoragem, a fissuração e a resistência à fadiga.

## 1. OBJETIVO

1.1 Esta especificação fixa os característicos exigíveis no recebimento de barras e fios de aço e malhas soldadas destinados a armadura de peças de concreto armado.

## CONDIÇÕES GERAIS

2.1 As barras e fios de aço destinados a armadura de peças de concreto arma-

do deverão preliminarmente satisfazer às seguintes condições gerais:

- apresentarem suficiente homogeneidade quanto aos seus característicos geométricos e mecânicos;
- apresentarem-se isentos de defeitos prejudiciais (bolhas, fissuras, esfoliações, corrosão).

## 3. CLASSIFICAÇÃO

3.1 Para os fins desta especificação classificam-se como barras os elementos fornecidos em segmentos retos com comprimento compreendido normalmente entre 10 e 12 metros, e como fios os elementos de diâmetro normal inferior ou igual a 12 mm cujo processo de fabricação permita o fornecimento em rolos com grandes comprimentos.

3.2 De acôrdo com o processo de fabricação e configuração do diagrama tensão-deformação as barras e fios poderão ser:

A — laminados a quente, com escoamento definido, caracterizado por patamar no diagrama tensão-deformação;

B — encruados por deformação a frio (torção, compressão transversal, estiramento, relaminação a frio, trefilação), com tensão de escoamento convencional, definida por uma deformação permanente de 0,2%.

3.3 De acôrdo com os característicos mecânicos as barras e fios serão divididos, segundo o quadro do item 8, nas seguintes categorias:

CA — 24

CA — 32

CA — 40

- 3.4 De acôrdo com os característicos de aderência ao concreto, as barras e fios serão classificados por seus coeficientes de aderência, determinados segundo os itens 10.1, 10.2 e 10.3. As barras das categorias CA-50 e CA-60 obrigatòriamente providas de saliências ou mossas. As barras e fios de diâmetro nominal inferior a 10 mm, de qualquer categoria, poderão ser lisos.
- 3.5 A designação da categoria (item 3.3) poderá ser seguida da letra maiúscula correspondente ao processo de fabricação e configuração do diagrama-tensão deformação (item 3.2). Exemplo: CA-60A. É proibida qualquer designação comercial que contenha algarismos que possam dar lugar a confusões sôbre a categoria da barra.
- 3.6 A designação da categoria poderá ainda ser completada com a indicação de coeficiente de aderência, especialmente quando êste fôr superior ao valor mínimo exigido para essa categoria. Exemplo: CA-50 A, $\eta = 1,8$ ; CA-50 B, $\eta = 1,8$ .

#### 4. DISTINTIVOS E TOLERÂNCIAS

- 4.1 Para identificação cada barra ou fio pintada uma das extremidades na extensão aproximada de 10 cm, com a côr indicada no quadro do item 8. No caso de fornecimento em rôlo ambas as extremidades deverão ser pintadas.
- 4.2 O pêso real das barras e fios devem ser igual ao seu pêso nominal com tolerância de  $\pm 6\%$  para diâmetros iguais ou superiores a 10 mm, e de  $\pm 10\%$  para diâmetros inferiores a 10 mm; exceto no caso de fios trefilados em que essa tolerância deve ser  $\pm 6\%$ . Peso nominal é o obtido multiplicando-se o comprimento da barra pela área da seção nominal respectiva e pelo pêso específico de 7,85 kgf/dm<sup>3</sup>.

- 5.1 Cabe ao comprador, em cada fornecimento de barras ou fios da mesma seção nominal e da mesma categoria: verificar o pêso do material fornecido e se são preenchidas as condições gerais do item 2.1, rejeitando as barras ou fios que não as preencham; reparar as barras ou fios não rejeitados em lotes aproximadamente do mesmo pêso, de acôrdo com o critério indicado no item 5.2 não se permitindo no entanto menos de dois lotes; separar, ao acaso, de cada lote, uma barra ou rôlo e providenciar a extração, de uma das extremidades dessa barra ou rôlo de um segmento com aproximadamente 2 metros de comprimento, o qual será considerado como amostra representativa do lote; efetuar a remessa dessa amostra, devidamente autenticada, a um laboratório convenientemente aparelhado, para execução dos ensaios de recebimento. No caso de malhas soldadas, dever-se-á isolar um dos fios cortando os fios transversais a ela soldados de um e outro lado do nó, mas sem destruir as soldas das ligações.
- 5.2 O pêso de cada lote, expresso em toneladas, será no máximo igual a 0,5 Ø para as categorias CA-24 e CA-32, e a 0,3 Ø para as demais categorias, sendo Ø o diâmetro nominal expresso em milímetros, arredondando-se êsse pêso para um número inteiro de toneladas. Quando um grupo de barras ou fios puder ser identificado como proveniente de uma única corrida de aço, o pêso de cada lote poderá ser aumentado para o dôbro dêsses valores.
- 5.3 A qualquer produtor nacional de barras e fios de aço destinados a armadura de peças de concreto armado, mediante acôrdo com laboratório nacional idôneo, é facultada a obtenção de certificados de produção de caráter informativo, correspondente ao produto fabricado em um dado período de tem-



po, ou, mediante acôrdo com a ABNT, a obtenção de "marca de conformidade".

## 6. ENSAIOS

6.1 Cabe ao laboratório, recebida a amostra representativa do lote e verificada a sua autenticidade, submetê-la aos ensaios de tração e dobramento, obedecendo respectivamente aos Métodos Brasileiros MB-4 e MB-5, utilizando-se corpos de prova constituídos por segmentos da barra ou fio, e tomando-se como área da seção transversal, no caso de barras ou fios com mossas ou saliências, à área da seção transversal de uma barra de aço fictícia de seção circular que tenha o mesmo pêso por unidade de comprimento que a barra ou fio ensaiado. Ao comprador será fornecido pelo laboratório o certificado desses ensaios.

6.1 Se julgado necessário pelo comprador ou pelo laboratório, êsses ensaios poderão também abranger ensaios complementares, destinados a verificar com mais rigor a satisfação das demais exigências da especificação, tais como: averiguar se o material da amostra é realmente aço; verificar, no caso de barras com saliências ou mossas, se estas são realmente capazes de assegurar os característicos de aderência exigidos; comprovar a resistência à fadiga.

## 7. ACEITAÇÃO OU REJEIÇÃO DO LOTE

7.1 Ao comprador compete cotejar, para cada lote do fornecimento, os resultados obtidos nos ensaios de recebimento, com as exigências desta especificação. O lote será aceito caso todos os ensaios referentes a amostra sejam satisfatórios.

7.2 *Critério da contraprova:* — Caso um ou mais desses resultados não satisfaçam às referidas exigências, a barra ou rôlo

do qual foi retirada a amostra é separado e rejeitado, e são retirados, para contraprova, de duas outras barras ou rolos do mesmo lote, novas amostras, de contraprova, as quais serão submetidas aos ensaios a que se refere o item 6.1 o lote será aceito caso todos os resultados dos ensaios referentes às novas amostras sejam satisfatórios. O lote será rejeitado caso qualquer um desses novos resultados não satisfaça às referidas exigências. Se mais de 20% dos lotes de um fornecimento tiverem de ser rejeitados, o comprador poderá rejeitar todo o fornecimento, ou desclassificá-lo para uma categoria inferior, a cujas condições de utilização deverá obedecer.

7.3 *Critério estatístico:* — Em casos especiais, mediante acôrdo entre o comprador e o fornecedor, o critério de aceitação ou rejeição poderá ser o critério estatístico indicado neste item:

- a) o pêso de cada lote será igual ao dôbro do valor indicado no item 5.2;
- b) de cada lote serão retirados pelo menos 5 amostras, provenientes de 5 barras ou rôlos escolhidos ao acaso;
- c) o lote será aceito caso todos os ensaios referentes a essas 5 amostras forem satisfatórios;
- d) caso um ou mais resultados de ensaio de tração não satisfizerem aos requisitos mínimos exigidos por esta especificação, e si todos os ensaios de dobramento forem satisfatórios, serão retiradas outras 5 amostras de lote para ensaio de tração;
- e) para cada característico mecânico determinado nos dez ensaios de tração assim realizados será calculado o respectivo valor médio, e o desvio padrão;
- f) será considerado como valor mínimo do referido característico mecânico

o valor médio diminuído de 1,65 vezes o desvio padrão;

g) o lote será aceito caso esse valor mínimo, assim definido, seja superior ou igual ao mínimo exigido nesta especificação; será rejeitado caso esse valor mínimo não satisfaça a essa exigência.

7.4 Se mais de 20% dos lotes de um fornecimento tiverem de ser rejeitados o comprador poderá rejeitar todo o fornecimento ou desclassificá-lo para uma categoria inferior, a cujas condições de utilização deverá obedecer. Excepcionalmente, quando adotado o critério estatístico, poderá ser adotado no cálculo da estrutura de concreto armado o valor mínimo da tensão de escoamento determinado de acordo com o item 7.3 letra f.

mento determinado de acordo com o item 7.3 letra f.

## 8. CONDIÇÕES IMPOSTAS

8.1 No ensaio de tração a amostra deve apresentar tensão de escoamento e alongamento iguais ou superiores aos mínimos fixados no quadro seguinte para a categoria correspondente. A relação entre a tensão de ruptura (limite de resistência) e a tensão de escoamento, em cada amostra, deverá ser pelo menos igual ao mínimo fixado nesse quadro;

8.2 No ensaio de dobramento, com o diâmetro do pino indicado no quadro seguinte, para a categoria correspondente

### CARACTERISTICOS MECANICOS EXIGIVEIS DAS BARRAS E FIOS DE AÇO DESTINADAS A ARMADURA DE PEÇAS DE CONCRETO ARMADO

CATEGORIA	ENSAIO DE TRAÇÃO			ENSAIO DE DOBRAMENTO		ADERENCIA	DISTINTIVO DA CATEGORIA
	Tensão de escoamento $\sigma_e$ mínima	Tensão de ruptura $\sigma_R$ mínima	Alongamento em 10 $\phi$ mínimo (1)	Diâmetro do pino (ângulo de 180°)		Coeficiente $\eta$ mínimo ( $\phi$ 10 mm)	CÔR
				$\phi < 25$ mm	$\phi < 25$ mm		
CA — 24	kgf, mm <sup>2</sup> 24	1,5 $\sigma_e$	18%	1 $\phi$	2 $\phi$	1,0	—
CA — 32	32	1,3 $\sigma_e$	14%	2 $\phi$	3 $\phi$	1,0	verde
CA — 40	40	1,1 $\sigma_e$	10%	3 $\phi$	4 $\phi$	1,2	vermelha
CA — 50	50	1,1 $\sigma_e$	8%	4 $\phi$	5 $\phi$	1,5	branca
CA — 60	60	1,1 $\sigma_e$	7%	5 $\phi$	6 $\phi$	1,8	azul

$\phi$  = diâmetro da seção transversal de uma barra de aço fictícia de seção circular com pêso por unidades de comprimento igual ao da barra ensaiada.

(1) Os fios de diâmetro igual ou menor que 5,0 mm poderão apresentar alongamento mínimo, de ruptura, em 10 $\phi$ , de 6%.



te, a amostra deve superar o dobramento de 180° sem fissuração ou ruptura.

8.3 As barras de diâmetro nominal igual ou superior a 10 mm deverão apresentar as propriedades de aderência exigidas para a categoria correspondente, definidas pelos coeficientes de aderência fixados no quadro, determinados de acordo com o estabelecido nos itens 10.1, 10.2 e 10.3.

## 9. PADRONIZAÇÃO

9.1 Recomenda-se a seguinte padronização dos diâmetros nominais das barras e fios de aço destinados a armadura de peças de concreto armado, em milímetros:

barras: 5 — 6 — 8 — 10 — 12 —  
16 — 20 — 22 — 25 — 32 — 40  
fios: 3,2 — 3,5 — 4 — 4,5 — 5,0 —  
6,0 — 7,0 — 8,0 — 9,0.

## 10. DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE ADERÊNCIA

10.1 Independentemente de resultados de ensaios de fissuração poder-se-ão adotar de aderência, de acordo com a configuração geométrica superficial das barras:

$\eta = 0,8$  — fios trefilados

$\eta = 1,0$  — barras lisas e fios lisos não trefilados

$\eta = 1,2$  — barras lisas torcidas

$\eta = 1,5$  — barras torcidas com duas saliências helicoidais e sem nervuras ou cristas transversais, e fios com mossas ou saliências“

$\eta = 1,8$  — barras com mossas ou saliências (torcidas ou não) que satisfaçam às exigências do item 10.2.

10.2 As mossas ou saliências das barras cujo coeficiente de aderência pode ser con-

siderado igual a 1,8 independentemente de ensaios devem satisfazer às seguintes condições:

a) os flancos das saliências ou mossas devem formar com a normal ao eixo da barra ângulo igual ou menor de 45°;

b) os eixos das nervuras transversais ou cristas devem formar com a direção do eixo da barra ângulo igual ou maior que 45°;

c) quando o eixo das nervuras transversais ou cristas formar com direção do eixo da barra ângulo compreendido entre 45° e 70°, a barra deverá apresentar também nervuras longitudinais ou helicoidais, exceto no caso em que as nervuras transversais apresentem em lados opostos inclinações contrárias, relativamente à direção do eixo da barra;

d) a altura média das nervuras ou cristas, ou a profundidade média das mossas, deve ser igual ou superior a  $0,04 \varnothing$ ;

e) o espaçamento médio das nervuras transversais, cristas, ou mossas, medido ao longo de uma mesma geratriz, deverá ser no máximo igual a 20 vezes a sua altura ou profundidade média;

f) as mossas serão dispostas pelo menos ao longo de quatro geratrizes, correspondentes às extremidades de dois diâmetros ortogonais da seção transversal;

g) as mossas ou saliências não deverão apresentar cantos vivos ou conformações geométricas que dêem origem a concentrações de tensão prejudiciais do ponto de vista da resistência à fadiga; em caso de dúvida com relação a novas formas de mossas ou saliências deverão ser realizados ensaios de fadiga, por flexão de peças armadas com as barras em questão devendo estas resistir a dois milhões de ciclos de

uma carga de variação ondulada cuja amplitude seja pelo menos igual a 1.800 kgf/cm<sup>2</sup>, para um valor da tensão superior aproximadamente igual a  $\frac{\sigma_e}{1,65}$

- 10.3 Em caso de dúvida os coeficientes de aderência das barras destinadas a armadura de peças de concreto armado serão determinados por meio de ensaios de fissuração de tirantes armados com uma única barra, arredondando-se o resultado obtido para o valor mais próximo constante do item 10.1. Os tirantes deverão ter seção quadrada de lado compreendido entre 2,5 Ø e 4,0 Ø, e comprimento pelo menos igual a 15 vezes esse lado, e a tensão de ruptura à compressão do concreto deverá estar compreendida entre 200kgf/cm<sup>2</sup> e 300 kgf/cm<sup>2</sup>.

Só serão considerados os resultados de ensaios em que formarem pelo menos 5 fissuras regularmente espaçadas. As barras deverão ter comprimento superior ao dos tirantes, de modo a apresentarem extremidades livres para fixação nas garras da máquina de ensaio e eventual colocação de instrumentos de medida de deformações.

O coeficiente de aderência pode ser calculado pela fórmula (válida somente para taxas de armadura de tirantes compreendidas entre 5% e 12,5%);

$$\eta = \frac{2,25d}{\Delta l_m}$$

sendo:

d = lado da seção transversal

$\Delta l_m$  = espaçamento médio das fissuras

$$\eta = \frac{2,25 \times d}{\Delta l_m}$$

+++



## ANEXO DA EB-3 / 67

### CONDIÇÕES DE EMPREGO DAS BARRAS DE AÇO DESTINADAS A ARMADURA DE PEÇAS DE CONCRETO ARMADO

(modifica dispositivos da NB-1 e da NB-2)

#### Objetivo

1. Este anexo fixa as condições de emprego das barras de aço destinadas a armadura de peças de concreto armado e terá vigência até a próxima revisão das normas NB-1 e NB-2.

#### Tensões características dos materiais

2. As tensões características dos materiais, nas quais se baseia o cálculo das peças em função da carga de ruptura (estádio III), ou a fixação das tensões admissíveis (estádio II), serão:

- a) para a armadura de tração; a tensão mínima de escoamento  $\sigma_e$ , real ou convencional (tensão correspondente à deformação unitária permanente de 0,2%), especificada para a categoria do aço empregado (item 8 da EB-3/67, ou determinado acôrdo com os itens 7.3 e 7.4 da EB-3/67);
- b) para a armadura da compressão: a tensão mínima  $\sigma_c$ , correspondente à deformação unitária total de 0,2%, determinada na curva tensão-deformação de um aço da categoria do aço empregado e cuja tensão de escoamento seja igual ao mínimo definido na alínea anterior:

CA-24, CA-32 e

CA-40 A.....  $\sigma'_e = \sigma_e$

CA-50 B.....  $\sigma'_e = 3.600 \text{ kgf/cm}^2$

CA-50 B.....  $\sigma'_e = 4.000 \text{ kgf/cm}^2$

CA-50 A, CA-60-A

e CA-60 B...  $\sigma'_e = 4.200 \text{ kgf/cm}^2$

c) para o concreto: a tensão mínima de ruptura do concreto à compressão  $\sigma_R$ , determinada de acôrdo com o item 89, da NB-1.

d) para a tensão de aderência entre a armadura e o concreto (valor médio no comprimento de ancoragem, na ruptura)  $\tau_R = (0,75 \sigma_T)$ .

$\eta$  = coeficiente de aderência das barras de aço de armadura (item 10 da EB-3/67).

$\sigma_T$  = tensão mínima de ruptura do concreto à tração simples (MB-212)

Na falta de determinação experimental.:

$\sigma_T = \sigma_R/10$  para  $\sigma_R \leq 180 \text{ kgf/cm}^2$ .

$\sigma_T = 0,06\sigma_R + 7 \text{ kgf/cm}^2$  para  $\sigma_R > 180 \text{ kgf/cm}^2$ .

### 3. Flexão simples ou composta, compressão axial e tração axial

O cálculo das peças de concreto armado solicitadas por esforços de flexão simples ou composta, compressão axial ou tração axial será feito em função da carga de ruptura, supondo-se válidas as seguintes hipóteses:

- a) que as seções mantenham planas durante a deformação da peça, e que portanto, na flexão simples ou composta, as deformações sejam proporcionais às distâncias à linha neutra não se tomando porém para  $\sigma_R$  valor superior a  $220 \text{ kgf/cm}^2$ ;
- b) que o encurtamento de ruptura do concreto  $\epsilon_R$  seja igual a  $0,35\%$ , para  $x \leq x_0$  (isto é,  $y \leq y_0$ ) e a  $0,20\%$  para  $x = 4/3 h$  (isto é,  $y_0 = h$ ), interpolando-se linearmente para os valores intermediários:

$$\epsilon_R = \left( \frac{0,35 - 0,2 y_0/h - 0,15 y/h}{1 - y_0/h} \right) \%$$

$x_0$  e  $y_0 = 0,75 x_0$  são os valores de  $x$  e  $y$  (definidos na alínea (d) que correspondem ao caso em que o momento da resultante das tensões de compressão no concreto, em relação ao centro de gravidade da armadura de tração, vale  $3/4$  do que se obteria no caso de se ter  $y = h$ , tomando-se a tensão  $\sigma_R$  sem multiplicá-la pelo coeficiente de redução indicado na alínea (e). Para as seções retangulares  $x_0 = 2/3 h$  e  $y_0 = 1/2 h$ ...

- c) que seja nula a resistência à tração do concreto;
- d) que as tensões no concreto na ocasião da ruptura sejam uniformemente distribuídas numa zona de compressão cuja altura  $y$ , contada a partir da borda comprimida, seja igual a  $3/4$  da maior distância dessa borda à linha neutra,  $x$ ,

e iguais à tensão mínima de ruptura à compressão  $\sigma_R$ , característica do concreto empregado, multiplicada pelo coeficiente indicado na alínea seguinte;

- e) o coeficiente mencionado na alínea anterior, pelo qual se multiplica  $\sigma_R$ , vale 1 para  $x \leq x_0$  (isto é, para  $y \leq y_0$ ) e  $0,75$  para  $x = 3/4 h$  (isto é,  $y = h$ ). Para os casos intermediários atribui-se-lhe valor tal que permaneça constante nesse intervalo o momento de resultante das tensões de compressão no concreto em relação ao centro de gravidade da armadura de tração (ou de armadura menos comprimida).
- f) que a tensão na armadura seja igual à que se obtém no diagrama tensão-deformação do aço empregado, correspondente à respectiva deformação, calculada segundo a alínea (a) deste item, combinada com a alínea (b), não se considerando, para a armadura de tração, no caso de aço laminado a quente, não encruado, valor superior a  $\sigma_e$ , e no caso de aço encruado, valor superior à tensão correspondente ao alongamento total de  $1\%$ ; e para a armadura de compressão, valor superior a  $\sigma'_e$ .

Quando a distância do centro de gravidade de armadura de compressão à borda comprimida fôr igual ou menor que  $4/7$  de altura  $y$  da zona de compressão, dever-se-á portanto considerar que a tensão no aço dessa armadura seja igual a  $\sigma'_e$ .

Dispensa-se o cálculo com a forma exata do diagrama tensão deformação do aço da categoria B se se dividir a área da seção da armadura de tração calculada para o aço da categoria A de mesmo  $\sigma_e$ , pelos seguintes coeficientes ( $\epsilon_f$  é o alongamento previsto para o aço neste último cálculo):

$$1 \text{ se } \epsilon_f \leq 0,8 \sigma_e/E_f \text{ ou } \epsilon_f \geq 0,002 + \sigma_e/E_f$$
$$0,9 \text{ se } \epsilon_f = \sigma_e/E$$

interpolando-se linearmente nos casos intermediários.

No caso de compressão axial a carga de ruptura da peça, calculada de acordo com



êsse item, será portanto igual à soma de duas parcelas: a resistência do concreto, igual ao produto da área da seção transversal por  $0,75 \sigma_c$ , e a resistência da armadura longitudinal, igual à área de seção transversal dessa armadura multiplicada por  $\sigma'_c$ .

No caso de tração axial a carga de ruptura será igual à área da seção transversal da armadura longitudinal multiplicada por  $\sigma_c$  (v. também o item 17 dêste anexo).

#### 4. Disposições construtivas

A armadura transversal dos pilares cintados deverá ser firmemente ancorada no interior do núcleo, não sendo permitidas emendas por justaposição situadas na camada de cobrimento. Nos itens 34, 38, 39 da NB-1 deve-se substituir "aço 37-CA e 50-CA" por aço CA-24 e CA-32", "aço CA-T 40 e CA-T 50" por "aço CA-40, CA-50 e CA-60".

#### 5. Ganchos

Os ganchos das extremidades da armadura de tração poderão ser:

- a) semi-circulares, com ponta reta de comprimento não inferior a  $2\emptyset$ ;
- b) em ângulo de  $45^\circ$ , com ponta reta de comprimento não inferior a  $4\emptyset$ ;
- c) em ângulo reto, com ponta reta de comprimento não inferior a  $8\emptyset$ .

O raio de curvatura interno dos ganchos e estribos será pelo menos igual a  $1,25\emptyset$  para as barras de categoria CA-24;  $2,5\emptyset$  para as barras da categoria CA-32 e CA-40;  $3\emptyset$  para as barras da categoria CA-50; e  $3,5\emptyset$  para as barras da categoria CA-60.

Permite-se prescindir dos ganchos nas extremidades das barras da armadura de tração quando o diâmetro das barras não ultrapassar 6 mm para as categorias CA-40 e 12 mm para as categorias CA-50 e CA-60. Os ganchos podem também ser dispensados, respeitado o disposto nos itens 7, 8 e 9, em barras com diâmetros superiores a êsses limites, quando seu coeficiente de aderência, definido na EB-3/67, fôr igual ou superior a 1,5, desde que o adensamento do concreto na obra seja mecânico, por vibração.

As barras da armadura exclusivamente de compressão não deverão ter ganchos.

#### 6. Barras curvadas

A permanência na sua posição das barras curvadas nas zonas de tração deve ser garantida contra a tendência à retificação, quando fôr o caso, por meio de estribos convenientemente distribuídos. Devem-se evitar mudanças bruscas de direção, sendo preferível prolongar as barras até a zona de compressão. O raio de curvatura interno de uma barra curvada não deve ser menor que  $10\emptyset$  para a categoria CA-24;  $12\emptyset$  para as categorias CA-32 e CA-40;  $15\emptyset$  para a categoria CA-50; e  $18\emptyset$  para a categoria CA-60.

Se a tensão na armadura de tração, calculada para a carga de ruptura da peça, fôr inferior a  $\sigma_c$ , êsses raios de curvatura poderão ser reduzidos proporcionalmente mas nunca a valores menores que os exigidos para os ganchos.

Quando houver possibilidade de fendilhamento da peça no plano da barra curvada, ocasionado por tensões de tração normais a êsse plano, devem ser tomados cuidados especiais. Quando houver barras curvadas dispostas em mais de uma camada, deve-se evitar o esmagamento do concreto, ocasionado pela pressão exercida pelo conjunto de barras, aumentando o raio de curvatura para pelo menos o valor mínimo estabelecido neste item multiplicado pelo número de camadas coplanares.

#### 7. Ancoragem

Admite-se que a tensão na armadura decresça ao longo do comprimento de ancoragem desde o seu valor máximo, calculado para a carga de ruptura da peça, no ponto inicial da ancoragem, até o valor zero, na extremidade da barra.

O ponto inicial da ancoragem de uma barra reta de armadura de tração de peça fletida será determinado com base numa translação diagrama de momentos, paralelamente ao eixo da viga e na direção mais desfavorável, igual à metade da altura útil, quando houver armadura transversal calculada para

resistir a todos os esforços de tração oriundos da força cortante, e igual à altura útil, em caso contrário. A barra deverá ser prolongada, além desse ponto, do comprimento  $l_a$  definido no item 8, se não houver gancho, ou  $l_a - 20 \varnothing$ , se houver gancho.

O esforço total a ancorar (calculado para a carga de ruptura da peça) para as barras prolongadas até os apoios de vigas simplesmente apoiadas ou até os apoios extremos de vigas contínuas, será considerado igual à metade da reação de apoio, quando houver armadura transversal calculada para resistir a todos os esforços. O comprimento de ancoragem necessário para resistir a esse esforço será contado a partir da face do apoio.

A ancoragem das barras curvadas calculadas para resistir aos esforços de tração oriundos de força cortante, será assegurada por um prolongamento dessas barras, calculado segundo o disposto no item 8, admitindo-se que a ancoragem tenha início na linha neutra, ou, como simplificação, no começo da curva que precede esse prolongamento.

### 8. Comprimento de ancoragem

O cálculo do comprimento de ancoragem das barras da armadura de tração será efetuado tomando-se como base a hipótese de que a resistência ao deslizamento da barra é igual à soma de duas parcelas:

- a) aderência, em todo o comprimento de ancoragem, admitindo-se que a tensão média de aderência, na ocasião da ruptura, é igual a  $\tau_R$ ;

- b) atrito, nas partes curvas, admitindo-se que o coeficiente de atrito entre o aço e o concreto é igual a 0,4.

O comprimento de ancoragem reta (sem ganchos) das barras da armadura de tração, é dado pela fórmula

$$l_a = \left( \frac{1}{4} \frac{\sigma_e}{\tau_R} \right) \varnothing = \frac{1}{3\eta} \frac{\sigma_e}{\sigma_T} \varnothing$$

Para concretos com  $\sigma_R \leq 180 \text{ kgf/cm}^2$  poder-se-á tomar

$$l_u = \frac{10}{3\eta} \frac{\sigma_e}{\sigma_R} \varnothing$$

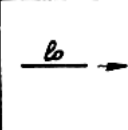
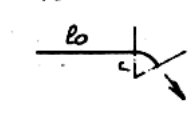
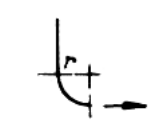


Se a tensão na armadura de tração, calculada para a carga de ruptura da peça, for inferior a  $\sigma_e$ , (como por exemplo nas barras prolongadas até o apoio, de vigas simplesmente apoiadas ou até os apoios extremos de vigas contínuas), o comprimento de ancoragem será reduzido proporcionalmente.

Na falta de cálculo mais rigoroso, os ganchos serão considerados como equivalentes a um comprimento de ancoragem reta igual a  $20 \varnothing$ .

Os comprimentos de ancoragem reta da armadura de compressão serão iguais a  $0,6 l_a$ , sendo  $l_a$  calculado com a fórmula anterior.

Os comprimentos de ancoragem curva serão calculados de acordo com as seguintes sendo  $l_a$  calculado com a fórmula anterior.

Os comprimentos de ancoragem curva serão calculados de acordo com as seguintes fórmulas, que resultam da aplicação das hipóteses (a) e (b) deste item:

Angulo de dobramento					
	0	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{3\pi}{4}$	$\pi$
Comprimento equivalente de ancoragem reta	$l_0$	$1,37 l_0 + 0,92 r$	$1,87 l_0 + 2,17 r$	$2,57 l_0 + 3,93 r$	$3,50 l_0 + 6,25 r$



$r$  = raio de curvatura do eixo da barra

$l_0$  = parte reta após a curva.

Se na extremidade da parte reta houver ainda um gancho, o cálculo do comprimento equivalente de ancoragem reta poderá ser feito acrescentando-se  $20 \varnothing$  a  $l_0$ .

No caso de barras curvadas calculadas para resistir aos esforços de tração devidos para resistir aos esforços de tração devidos à força cortante, a ancoragem poderá ser assegurada por um trecho reto dessa barra, paralelo ao eixo da viga, com comprimento calculado pela fórmula:

$$l_0 = \frac{l_a - 0,92 r}{1,37}$$

Se houver gancho, êsse comprimento será diminuído de  $20 \varnothing$ .

Estando a barra curvada ancorada na zona de compressão, dispensa-se o trecho reto quando  $\varnothing \leq \sqrt[3]{l}$ , sendo  $\varnothing$  expresso em cm e  $l$  o vão da peça em metros, desde que haja gancho na extremidade dessa barra.

#### 9. Armadura de costura

Em todo comprimento de ancoragem de armadura de tração deverá ser disposta uma armadura de costura, transversal à barra. Essa armadura de costura poderá ser constituída pelos ramos dos estribos adjacentes à barra. Havendo ganchos poder-se-á reduzir à metade essa armadura de costura.

#### 10. Emendas por justaposição

Nas emendas por justaposição o seu comprimento será no mínimo igual ao comprimento de ancoragem reta definido no item 8, colocando-se armadura de costura, segundo o disposto no item 9, se se tratar de armadura de tração.

#### 11. Emendas com solda

As emendas com solda de barras encruadas serão feitas com cuidados especiais, de modo a evitar-se aquecimento prejudicial e sujeitas a contróle rigoroso por ensaios em laboratório idôneo. Será proibido, para essas barras, o emprêgo de maçarico para forma-

ção dos chanfros. A eficiência do processo e a qualidade da solda devem ser comprovadas experimentalmente, para barras de qualquer categoria.

#### 12. Dobramento da armadura

As barras de aço encruado só poderão ser desdobradas a frio. As barras laminadas a quente, não encruadas, deverão também de preferência ser dobradas a frio, só se permitindo o dobramento a quente em circunstâncias especiais, e evitando-se aquecimento prejudicial.

#### 13. Aço para a armadura

Sòmente as barras de aço que satisfaçam à especificação brasileira EB-3/67 são consideradas na norma NB-1.

#### 14. Tensões admissíveis

As tensões admissíveis, quando calculadas no estágio II, para as cargas de serviço, serão iguais a:

- a) para a armadura de tração:  $\sigma_s = \sigma_{s0} / 1,65$
- b) para a aderência entre a armadura e o concreto:  $\tau_a = \tau_R / 2$ .

#### 15. Fissuração

Admite-se que a fissuração não é nociva quando pelo menos 85% das fissuras apresentarem, ao nível da armadura de tração, aberturas não maiores que os seguintes valores:

- a) nas estruturas protegidas (como as peças no interior de edifícios ou com revestimentos protetores) ..... 0,3 mm
- b) nas estruturas expostas, em meios não agressivos ..... 0,2 mm
- c) nas estruturas expostas, em meios agressivos (além das medidas especiais a que se refere o item 42 da NB-1, e que em certos casos poderão incluir a condição de não-fissuração) ..... 0,1 mm.

Considerar-se-ão satisfeitas as exigências dêste item, relativas à limitação da abertura das fissuras, quando o diâmetro da armadura de tração satisfizer a qualquer uma das seguintes condições:

$$\vartheta \leq \frac{\eta K_1}{\sigma_j} \mu_o$$

ou

$$\vartheta \leq \frac{\eta K_2}{\sigma_j (4,5 \mu_e + 0,4)} \mu_e$$

sendo

$\mu_o = S_j b_o h =$  Taxa da armadura de tração referida à área útil da seção das vigas retangulares ou da alma das vigas T;

$\mu_e = S_j S_e =$  taxa da armadura de tração à "área de envolvimento" dessa armadura;

$S_e =$  "área de envolvimento" de armadura de tração (seção transversal de um tirante fictício de concreto que se estenda até a borda tracionada e até as faces laterais da zona de tração, e que tenha o mesmo centro de gravidade que a armadura de tração);

$\sigma_j =$  tensão na armadura de tração, calculada no estágio II, devendo-se previamente multiplicar por 1,2 as cargas móveis (acrescidas de impacto, quando fôr o caso), o impacto lateral, a força longitudinal, a força centrífuga, e, nas pontas, o vento.

$K_1 = 360.000$  kgf/cm,  $240.000$  kgf/cm e  $120.000$  kgf/cm, respectivamente nas hipóteses das alíneas (a), (b) e (c) deste item;

$K_2 = K_1/5,7$ .

— Quando  $\mu_o < 0,01$ , tornar-se-á  $\mu_o = 0,01$

— No caso de armadura constituída por barras de diâmetros diferentes, torna-se-á em lugar de  $z$  a expressão  $\frac{4S_j}{u_t}$

— Nas peças solicitadas por flexão simples calculada em função da carga de ruptura (estádio III) poder-se-á tornar em lugar da tensão  $\sigma_j$  calculada no estágio II, a tensão  $\sigma_e/1,65$  nas hipóteses das alíneas (a) e (b) deste item, e  $\sigma_j/2$  na hipóteses da alínea (c) (item 42 da NB-1).

## 16. Fadiga

Nas peças solicitadas por cargas móveis e armadas com barras ou fios das categorias

CA-40, 50 ou 60, a amplitude máxima das variações de tensões na armadura, oriundas dessas cargas, não deverá ser maior que os seguintes valores:

a) barras retas ou barras curvadas cujos eixos tenham raios de curvatura não menores que os indicados no primeiro parágrafo do item 6 deste Anexo:

$$2.200 \text{ kgf/cm}^2$$

b) estribos ou barras curvadas cujos eixos tenham raio de curvatura inferiores aos acima referidos:

$$1.700 \text{ kgf/cm}^2$$

O cálculo das variações de tensões será feito no estágio II com  $n = 7,5$ , ou com  $n = 15$ , considerando-se, neste último caso, apenas a metade das tensões de compressão que possam ocorrer na armadura em virtude de alternância do sentido dos momentos flectores.

Só se consideram, para a verificação da resistência à fadiga a que se refere este item, as variações de tensões devidas às cargas móveis e, quando fôr o caso, à força centrífuga, sendo as cargas móveis, acrescidas do impacto, multiplicadas pelo coeficiente de majoração 1,2. Não se consideram as variações de tensões devidas ao impacto lateral, frenagem, variações de temperatura, retração, deformação lenta e a outras cargas acidentais ou influências.

O coeficiente  $\Psi$  deverá ser tomado igual a 1 para as pontes ferroviárias, pontes rolantes industriais e pontes rodoviárias com tráfego preponderante de veículos de carga pesados, e a 0,75 para as demais pontes.

Consideram-se atendidas as exigências deste item, no caso de peças solicitadas à flexão simples, quando, no cálculo baseado na ruptura (estádio III) se multiplicarem as áreas das seções de armadura de tração calculadas por

$$\frac{M_1 - M_2}{M_1} \frac{\sigma_e}{\sigma_1} \quad \text{ou} \quad \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \frac{\sigma_e}{\sigma_1}$$

não se tomando para essas expressões valor menor que a unidade.



$M_1$ ,  $M_2$ , e  $Q_1$ ,  $Q_2$  são os valores algébricos dos momentos fletores e fôrças cortantes de maior e menor valor absoluto, respectivamente, que ocorrem na seção transversal estudada. Quando houver alternância de esforços tomar-se-ão nessas expressões  $\frac{1}{2}M_2$  em lugar de  $M_2$ , e  $Q_2 = 0$ .

$$\sigma_1 = \frac{3.600}{\psi} \text{ kgf/cm}^2 \text{ para o caso da alínea}$$

(a) deste item, e

$$\sigma_1 = \frac{2.800}{\psi} \text{ kgf/cm}^2 \text{ para o caso da alínea}$$

#### 17. Coeficientes de segurança

No caso de peças calculadas em função da carga de ruptura (estádio III) os coeficientes de segurança, para peças solicitadas à flexão simples ou composta, à compressão

axial é à tração axial (item 3 dêste Anexo) serão os seguintes:

$v = 1,65$  para tôdas as cargas permanentes, para as cargas acidentais definidas na NB-5 e para os esforços devidos à retração à variação de temperatura; à deformação lenta, ao deslocamento de fundações e ao empuxo de terra ou água;

$v = 2,00$  para as cargas móveis e demais cargas acidentais, considerando-se ainda, quando fôr o caso, o coeficiente de impacto vertical.

Nos casos previstos no item 42 da NB-1 e nos tirantes êsses coeficientes de segurança serão multiplicados por 1,2, e nos casos previstos no item 57 da NB-1, por 1,3.

+ + +