

Procedimento

Norma de uso exclusivo da CETESB  
Reprodução proibida

**SUMÁRIO**

	Página
1 Objetivo .....	1
2 Aparelhagem .....	1
3 Corpos de prova .....	1
4 Execução do ensaio .....	1
5 Resultados .....	3
Anexo A.....	7
Anexo B.....	9

**1 OBJETIVO**

Esta Norma fixa as condições exigíveis para a determinação da resistência à tração de barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado.

**2 APARELHAGEM**

A aparelhagem necessária é constituída de:

- a) máquina universal de ensaios (tipo INSTRON);
- b) extensômetro;
- c) micrômetro.

**3 CORPOS DE PROVA**

**3.1** Os corpos de prova são segmentos de barra ou fio de aço, na forma bruta; de comprimento suficiente para conter a parte útil mais as extensões necessárias à pega dos mordentes da máquina de ensaio. (Na prática, recomenda-se utilizar segmentos com aproximadamente 600 mm de comprimento).

**3.2** Não é permitido o uso de corpo de prova usinado.

**4 EXECUÇÃO DO ENSAIO**

**4.1** Determinar a área da seção reta ( $S_0$ ) da parte útil do corpo de prova.

**Nota:** No caso de corpos de prova cuja seção transversal reta não seja perfeita mente circular ou não seja constante (p. ex: ferro de construção com nervuras ou mexas), a área respectiva poderá ser determinada através de pesa

gem do corpo de prova e cálculo com auxílio da massa específica, mediante a fórmula:

$$S_o = \frac{m}{\rho \cdot L_t}$$

onde:

$S_o$  = área média da seção inicial do corpo de prova, em  $mm^2$

$m$  = massa do corpo de prova, em kg

$\rho$  = massa específica do aço ( $7,85 \times 10^{-6}$   $kg/mm^3$ )

$L_t$  = comprimento total do corpo de prova, em mm

**4.2** Determinar o comprimento inicial (base de medida,  $L_o$ ), pintando as marcas de referência ou gravando-as por leve puncionamento ou por riscos de ponta seca, de modo que a distância entre marcas seja igual a 10 (dez) diâmetros nominais.

**4.3** Preparar a máquina de tração para o ensaio (ver Anexo B).

**Notas:** a) Recomendam-se as seguintes velocidades de ensaio:

- velocidade do travessão,  $V_T = 0,3$  cm/min;

- velocidade da carta,  $V_C = 3,0$  cm/min.

b) De acordo com as características do ensaio, pode-se trabalhar com velocidades superiores às acima especificadas, desde que satisfaçam às condições abaixo:

a) velocidade de alongamento,  $V_a \leq 10$  %/min;

b) velocidade de tensionamento,  $V_t \leq 10$  MPa/s.

**4.4** Fixar o corpo de prova nos mordentes da máquina de ensaio, centrando-o perfeitamente, de modo que a carga seja aplicada o mais axialmente possível.

**4.5** Colocar o extensômetro no corpo de prova e ajustá-lo para uma ampliação de 50:1 (cada milímetro de alongamento do corpo de prova corresponderá a 50 mm no diâgrama).

**4.6** Tracionar o corpo de prova com a velocidade de tensionamento especificada. Ao atingir o limite de escoamento, retirar o extensômetro. Continuar a tração até ocorrer a ruptura do corpo de prova, registrando o diagrama tensão (carga) x deformação.

**4.7** Desligar a máquina e retirar os pedaços do corpo de prova.

**4.8** Recompôr cuidadosamente o corpo de prova, unindo as superfícies da fratura e restabelecendo o alinhamento original; medir o comprimento final ( $L_f$ ) entre as marcas de referência, com erro inferior a 0,1 mm.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Limite de escoamento

Calcula-se o limite de escoamento, com a aproximação de 1 MPa, pela fórmula:

$$\sigma_e = \frac{F_e}{S_o}$$

onde:

$\sigma_e = \sigma_{es}$  = limite de escoamento superior, em MPa\*

$F_e$  = carga correspondente ao limite de escoamento, em N

$S_o$  = área média da seção reta inicial da parte útil do corpo de prova, em mm<sup>2</sup>

- Notas:**
- O limite superior de escoamento é o valor da tensão convencional no ponto onde se inicia o escoamento ou valor da tensão convencional no primeiro máximo obtido durante o escoamento (ver Figura 1,  $\sigma_{es}$ ). Salvo referência especial, a denominação (limite de escoamento) refere-se ao limite superior de escoamento.
  - Para materiais que não apresentam patamar no diagrama tensão - alongamento (carga-alongamento) é conveniente a determinação de um limite convencional de escoamento. Para isto marca-se sobre o eixo das deformações (ver Figura 2) o ponto correspondente à percentagem especificada "x" de alongamento não elástico (normalmente 0,2%); traça-se por este ponto uma reta paralela ao trecho retilíneo da curva (região elástica); determina-se a interseção dessa reta com a curva registrada. A projeção desse ponto no eixo das tensões (cargas) determina o limite convencional de escoamento que produz a percentagem especificada de alongamento não elástico.
  - O limite inferior de escoamento é o menor valor da tensão convencional durante o escoamento, não se computando o efeito transitório inicial que se possa produzir (ver Figura 1,  $\sigma_{ei}$ ).

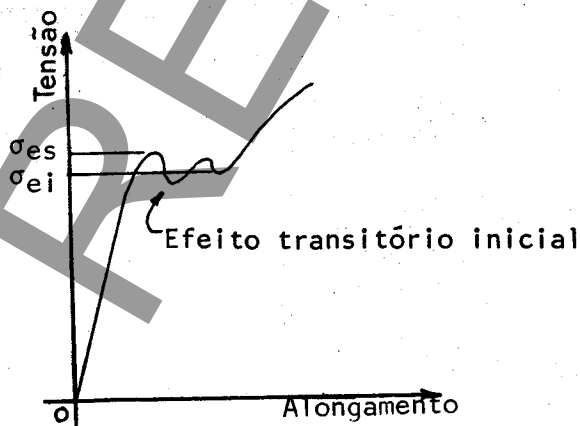


FIGURA 1

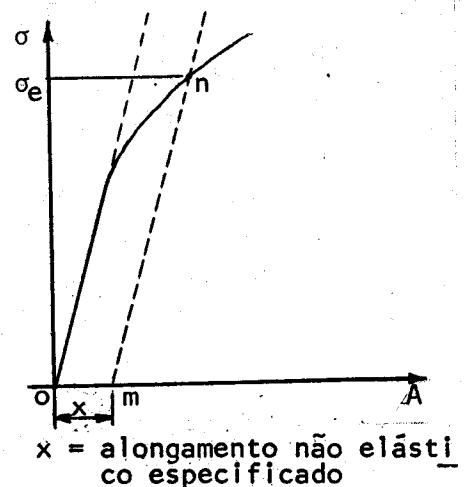


FIGURA 2

\* 1 MPa = 1 MN/m<sup>2</sup> = 1N/mm<sup>2</sup>

### 5.2 Limite de resistência à tração

Calcula-se o limite de resistência à tração, com a aproximação de 1 MPa, pela fórmula:

$$\sigma_t = \frac{F_m}{S_o}$$

onde:

$\sigma_t$  = limite de resistência à tração, em MPa

$F_m$  = carga máxima suportada pelo corpo de prova, em N

$S_o$  = área média da seção reta inicial da parte útil do corpo de prova, em mm<sup>2</sup>

### 5.3 Alongamento percentual após ruptura

Calcula-se o alongamento percentual após ruptura (com a aproximação de 0,1% quando menor que 10%; ou de 1% quando maior que 10%) pela fórmula:

$$A = \left( \frac{L_f - L_o}{L_o} \times 100 \right) \%$$

onde:

A = alongamento percentual após ruptura

$L_f$  = comprimento final, após ruptura, em mm

$L_o$  = comprimento inicial (base de medida), em mm

### 5.4 Módulo de elasticidade

5.4.1 Calcula-se o módulo de elasticidade, com a aproximação de 1 MPa, pela fórmula:

$$E = \frac{\sigma_c}{\epsilon}$$

onde:

E = módulo de elasticidade, em MPa

$\sigma_c$  = tensão convencional em determinado instante da fase elástica do ensaio, em MPa

$\epsilon$  = alongamento específico (ou adimensional)  $\left( \frac{L_c - L_o}{L_o} \right)$ , correspondente a  $\sigma_c$  (número abstrato)

5.4.2 O módulo de elasticidade pode também ser determinado por meio da expressão:

$$E = \frac{\sigma_c}{\epsilon} = \frac{F_c \cdot h}{S_o \cdot \delta}$$

onde:

E = módulo de elasticidade, em MPa

F<sub>c</sub> = carga convencional em determinado instante da fase elástica do ensaio, em N

h = braço do extensômetro, em mm

S<sub>o</sub> = área média da seção reta inicial do corpo de prova, em mm<sup>2</sup>

δ = deformação à carga F<sub>c</sub>, em mm

Exemplo: Os valores de F<sub>c</sub> iguais a 14 900 N e 119 000 N permitem determinar no diagrama carga-alongamento, os alongamentos de 0,012 5 mm e 0,100 mm, respectivamente. Para um extensômetro com braço de 50 mm e um corpo de prova com S<sub>o</sub> = 282,62 mm<sup>2</sup>, obtêm-se pela média aritmética:

$$\begin{aligned} E &= \frac{1}{2} \left( \frac{14\,900 \times 50}{282,62 \times 0,0125} + \frac{119\,000 \times 50}{282,62 \times 0,1} \right) \\ &= \frac{1}{2} (210\,884 + 210\,530) = 210\,707 \text{ N/mm}^2 = 210\,707 \text{ MPa} \end{aligned}$$

5.5 O relatório de ensaio deve ser executado conforme o modelo do Anexo A.

/Anexo A

1ª VIA - CLIENTE (BRANCA)  
 2ª VIA - DOSSIÊ DNAT (VERDE)  
 3ª VIA - DOSSIÊ PEDIDO (ROSA)  
 4ª VIA - UNID. SOLIC. (AMARELA)

RELATÓRIO DNAT Nº \_\_\_\_\_ /

## RESULTADO DE ENSAIO DE

**CETESB**

Ensaio conforme Norma: \_\_\_\_\_

Especificação Material: \_\_\_\_\_

INTERESSADO: \_\_\_\_\_

PROCEDÊNCIA: \_\_\_\_\_

REF.: \_\_\_\_\_

Corpo de Prova Nº	Dimensões			Ensaio de Tração				Ensaio Dobramento				
	Larg. (mm)	Esp. (mm)	Ø (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Carga de Escoam. (kN)	Limite de Escoam. (MPa)	Carga Máxima (kN)	Limite de Resistência (MPa)	Alongamento em mm (%)	Local da Ruptura	Face	Raiz

CETESB/M.770 - Parte I  
 ANEXO A - RELATÓRIO DE ENSAIO

Observações: \_\_\_\_\_

Notas:  
 1 kgf = 9,80665 N  
 1 Pa = 1 N/m<sup>2</sup>

/ANEXO B

ANEXO B - PREPARAÇÃO DA MÁQUINA DE TRACÇÃO PARAENSAIOB-1 FUNDO DE ESCALA

A escala deve ser compatível com a intensidade da carga de ruptura do material. Por exemplo; se forem dados:

a) material: aço CA-50;

b)  $S_o = 113,09 \text{ mm}^2$

obtem-se:

$$\sigma_e = f_{yk} = 500 \text{ MPa (ver ABNT EB-3)}$$

$$\sigma_t = f_{st} = 1,10 f_{yk} = 1,10 \sigma_e$$

$$F_m = \sigma_t \cdot S_o = 1,10 \sigma_e S_o = 1,1 \times 500 \times 113,09 = 62\,199,5 \text{ N} \approx 62,2 \text{ kN}$$

Adota-se, portanto, a escala de 0 a 100 kN

B-2 CÁLCULOS PRELIMINARESB-2.1 Deformação na fase elástica

Calcula-se a deformação na fase elástica pela fórmula:

$$x = \frac{x_1 - V_T}{V_C}$$

onde:

$x$  = deformação do corpo de prova, em mm;

$x_1$  = deformação na carta, em mm;

$V_T$  = velocidade do travessão da máquina, em cm/min;

$V_C$  = velocidade na carta, em cm/min.

B-2.2 Velocidade de alongamento

Calcula-se a velocidade de alongamento pela fórmula:

$$V_a = \frac{x}{L_c \cdot \Delta t} \times 100$$

onde:

- $V_a$  = velocidade de alongamento, em %/min  
 $x$  = deformação do corpo de prova, em mm  
 $L_c$  = comprimento útil do corpo de prova, em mm  
 $\Delta t$  = tempo decorrido entre o início do ensaio e o ponto de escoamento, em min

### B-2.3 Velocidade de tensionamento

B-2.3.1 Calcula-se o fator de elasticidade aparente do sistema de ensaio pela fórmula:

$$K = \frac{x}{F_e}$$

onde:

- $K$  = fator de elasticidade em mm/N  
 $x$  = deformação do corpo de prova, em mm  
 $F_e$  = carga de escoamento, em N

B-2.3.1 Calcula-se a relação entre o comprimento útil e a seção reta inicial do corpo de prova pela fórmula:

$$R = \frac{L_c}{S_o}$$

onde:

- $R$  = relação, em mm/mm<sup>2</sup>  
 $L_c$  = comprimento útil do corpo de prova, em mm  
 $S_o$  = área média da seção reta inicial do corpo de prova, em mm<sup>2</sup>

B-2.3.2 Determina-se a velocidade de tensionamento por meio do nomograma válido para o aço ( $E = 210\ 000$  MPa), apresentado na Norma ABNT MB-4/77), utilizando como argumentos os valores previamente determinados de  $K$ ,  $R$  e  $V_a$ .

### B-3 VERIFICAÇÃO DAS VELOCIDADES

Considera-se a máquina preparada para o ensaio quando satisfeitas as condições:

- velocidade de alongamento,  $V_a \leq 10\%/min.$ ;
- velocidade de tensionamento,  $V_t \leq 10$  MPa/s.



## Procedimento

Norma de uso exclusivo da CETESB  
Reprodução proibidaSUMÁRIO

	Página
1. Objetivo .....	1
2. Aparelhagem .....	1
3. Corpos de Prova .....	1
4. Execução do ensaio .....	1
5. Resultados .....	2

1 OBJETIVO

Esta Norma fixa as condições exigíveis para a verificação da resistência ao dobra  
mento de barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado.

2 APARELHAGEM

A aparelhagem necessária é constituída de:

- máquina universal de ensaios (tipo INSTRON) ou prensa hidráulica;
- dispositivo de dobramento, formado por base com perfil em U e cutelo ou pino (de diâmetro especificado na Tabela).

3 CORPOS DE PROVA

Os corpos de prova são segmentos de barra ou fio de aço, na forma bruta, de compri  
mento conveniente, normalmente compreendido entre 200 e 500 mm.

4 EXECUÇÃO DO ENSAIO

4.1 Colocar o corpo de prova sobre os apoios do dispositivo, centrando-o perfeita  
mente e deixando livres suas extremidades.

4.2 Acionar a prensa, efetuando o dobramento lento e progressivo do corpo de prova  
até o ângulo de 180°, de forma que a duração total da deformação seja de pelo menos  
10 s.

4.3 Uma vez atendida a especificação, dar por concluído o ensaio.

4.4 Caso antes do término do ensaio se dê a ruptura do corpo de prova ou fissura de sua superfície externa, considerar concluído o ensaio no momento em que esse fato se tenha produzido.

TABELA - DIÂMETRO DO PINO PARA ENSAIO DE DOBRAMENTO A 180°

Categoria do aço	Diâmetro do pino, em mm	
	$\phi < 20$	$\phi \geq 20$
CA-25	2 $\phi$	4 $\phi$
CA-32	2 $\phi$	4 $\phi$
CA-40	3 $\phi$	5 $\phi$
CA-50	4 $\phi$	6 $\phi$
CA-60	5 $\phi$	-

Nota: As barras de bitola  $\phi > 32$  das categorias CA-40 e CA-50 se rão dobradas sobre pinos de 8  $\phi$  (em mm).

## 5 RESULTADOS

5.1 Considera-se satisfatório o material que, após o dobramento a 180°, não apresente ruptura, trincas ou fissuras.

5.2 O relatório de ensaio deve ser executado conforme o modelo do Anexo A da Parte 1.