

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	3
5 Resultados	4
Anexo A	7
Anexo B	9

1 OBJETIVO

Esta Norma fixa as condições exigíveis para a determinação da resistência à tração e do alongamento de chapas estruturais de aço-carbono.

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 peças com a forma e as dimensões apresentadas na Figura 1 e na Tabela, sendo a espessura a do próprio material a ser ensaiado.

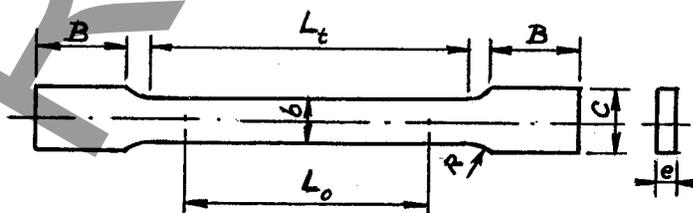


FIGURA 1 - Corpo de prova

TABELA - Dimensões dos corpos de prova

Dimensões	Corpo de prova normal		Corpo de prova reduzido
	Tipo placa Larg. 40 mm (mm)	Tipo chapa Larg. 12,5 mm (mm)	Larg. 6 mm (mm)
L_o - Comprimento inicial (base de medida) (a) (b)	$200 \pm 0,25$	$50 \pm 0,10$	$25 \pm 0,08$
b - Largura da parte útil (c) (d) (e)	40 $\begin{matrix} +3 \\ -6 \end{matrix}$	$12,5 \pm 0,25$	$6,25 \pm 0,05$
e - Espessura (f)	espessura do material		
R - Raio de concordância, mínimo	13	13	6
L_t - Comprimento total (b) (g)	450	200	100
L_c - Comprimento da parte útil, mínima	225	60	32
B - Comprimento da cabeça, mínimo (h)	75	50	32
C - Largura da cabeça, aprox. (d) (i)	50	20	10

- Notas:**
- a) Nos corpos de prova de 40 mm de largura, as marcas puncionadas para medição do alongamento após a ruptura devem ser feitas na face plana ou no bordo e dentro da parte útil. Tanto um conjunto de nove ou mais marcas espaçadas de 25 mm como um ou mais pares de marcas espaçadas de 200 mm podem ser usados.
- b) Quando não houver necessidade de medir o alongamento nos corpos de prova de 40 mm de largura, poderá ser utilizada uma base de medida (L_o) de $(50,0 \pm 0,10)$ mm, com todas as outras medidas inalteradas.

- c) Em cada um dos três tamanhos de corpo de prova, a largura dos extremos da parte útil não deve variar mais que 0,10 mm, 0,05 mm e 0,025 mm, respectivamente. Poderá haver um decréscimo gradual na largura, desde os extremos até o centro, mas a diferença entre a largura de cada extremo e a do centro não deverá ser maior que 0,40 mm, 0,10 mm e 0,08 mm, respectivamente.
- d) Nos três tamanhos de corpo de prova, poderão ser usadas larguras menores (b e C), quando necessário. Nesses casos, a largura da parte útil deverá ser tão grande quanto o material a ensaiar o permitir; a não ser quando declarado especificamente, as medições do alongamento não se aplicam a esses corpos de prova mais estreitos. Se a largura do material for menor que b, os lados deverão ser paralelos em toda a extensão do corpo de prova.
- e) O corpo de prova pode ser modificado fazendo-se os lados paralelos, sendo a largura e tolerâncias as mesmas especificadas na Tabela. Quando necessário, pode-se adotar corpos de prova mais estreitos, e nesse caso a largura deve ser a maior permitida pelo material. Se a largura for igual ou menor que 38 mm, o corpo de prova deverá ter os lados paralelos em toda a sua extensão.
- f) A dimensão e é a espessura do corpo de prova de acordo com a especificação do material. A espessura nominal mínima dos corpos de prova de 40 mm de largura deve ser de 5 mm. A espessura nominal máxima dos corpos de prova de 12,5 mm e 6 mm de largura deverá ser de 19 mm e 6 mm, respectivamente.
- g) Para facilitar a obtenção do carregamento axial dos corpos de prova de 6 mm de largura durante o ensaio, o comprimento total deve ser o maior possível.
- h) Recomenda-se que, quando possível, as cabeças dos corpos de prova sejam feitas com um comprimento suficiente para penetrarem uma distância mínima de dois terços ou mais do comprimento dos mordentes. Se a espessura dos corpos de prova de 12,5 mm de largura for maior que 10 mm, serão necessários mordentes maiores e conseqüentemente maior comprimento das cabeças para evitar deficiência de fixação.
- i) Nos três tamanhos de corpo de prova, os extremos devem ser simétricos com relação à linha de centro da parte útil, com erro inferior a 2,5 mm, 0,25 mm e 0,13 mm, respectivamente. Para o aço porém, um corpo de prova de 12,5 mm de largura, cujos extremos sejam simétricos com erro inferior a 1,0 mm, pode ser considerado satisfatório para os ensaios em geral, exceto os de arbítrio.

4 EXECUÇÃO DO ENSAIO

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

4.2 Determinar o comprimento inicial (base de medida, L_0), pintando as marcas de referência ou gravando-as por leve puncionamento ou por riscos de ponta seca.

4.3 Preparar a máquina de tração para 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 recomendadas na alínea a, desde que satisficam as seguintes condições:

- velocidade de alongamento, $V_a \leq 10$ %/min;
- 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 diagrama).

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 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 mm².

* 1 MPa = 1 MN/m² = 1 N/mm²

- 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 2, σ_{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 3) 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 2, σ_{ei}).

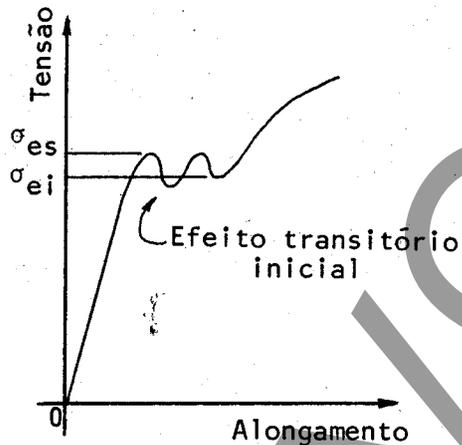
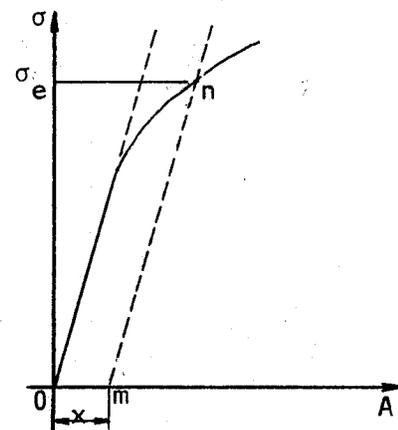


FIGURA 2



x = Alongamento não elástico especificado

FIGURA 3

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

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

**ANEXO B - PREPARAÇÃO DA MÁQUINA DE TRACÇÃO PARA
ENSAIO**

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

obtêm-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 PRELIMINARES

B.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

Δt = 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-2.3.2 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/mm²

L_c = comprimento útil do corpo de prova, em mm

S_o = área média da seção reta inicial do corpo de prova, em mm²

B-2.3.3 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:

- a) velocidade de alongamento, $V_a \leq 10\%/min$
- b) velocidade de tensionamento, $V_t \leq 10$ MPa/s

ProcedimentoNorma de uso exclusivo da CETESB
Reprodução proibida1 OBJETIVO

Esta Norma fixa as condições exigíveis para a verificação da resistência ao dobramento de chapas estruturais de aço-carbono.

2 APARELHAGEM

A aparelhagem necessária é constituída de:

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

3 CORPOS DE PROVA

3.1 Os corpos de prova são pedaços retangulares de chapa, com espessura normalmente igual à do próprio material, compreendido entre 200 e 500 mm.

3.2 Quando a espessura do material for maior que a largura do corpo de prova, deve-se usar uma das faces para atender à respectiva condição expressa em 3.1.

4 EXECUÇÃO DO ENSAIO

4.1 Colocar o corpo de prova sobre os apoios do dispositivo de dobramento centrando-o perfeitamente e deixando livres suas extremidades.

4.2 Acionar a prensa, efetuando o dobramento lento e progressivo do corpo de prova, até o ângulo determinado pela especificação do material, 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.

5 RESULTADOS

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

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