

# ABNT NBR 7480/2007

## Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – especificação

### DEFINIÇÕES:

**Diâmetro nominal** – valor que representa o diâmetro equivalente da seção transversal típica da barra, expresso em milímetros.

**Massa linear nominal** – valor que representa a massa por unidade de comprimento da barra de diâmetro nominal específico, expresso em Kg/m.

**Área nominal** – valor que representa a área da seção transversal da barra de diâmetro nominal específico, expresso em mm<sup>2</sup>.

### 1. Classificação

De acordo com o valor característico da resistência de escoamento, as barras de aço são classificadas nas categorias CA-25, CA-50 e os fios de aço na categoria CA-60.

Diâmetro Nominal (DN) (mm)	Massa Nominal (kg/m)	Máxima variação permitida para Massa Nominal	CA-50				CA-25			
			Resistência Característica de Escoamento (fy) (MPA)	Limite de Resistência (fst) (MPA)	Alongamento mínimo em 10 $\emptyset$ *	Diâmetro do pino para dobramento a 180° (mm)	Resistência Característica de Escoamento (fy) (MPA)	Limite de Resistência (fst) (MPA)	Alongamento mínimo em 10 $\emptyset$ *	Diâmetro do pino para dobramento a 180° (mm)
6,3	0,245	± 7%	500	1,08 x fy	8%	3 x DN	250	1,20 x fy	18%	2 x DN
8,0	0,395	± 7%								
10,0	0,617	± 6%								
12,5	0,963	± 6%								
16,0	1,578	± 5%				6 x DN				4 x DN
20,0	2,466	± 5%								
25,0	3,853	± 4%								
32,0	6,313	± 4%								
40,0	9,865	± 4%								

Diâmetro Nominal (DN) (mm)	Massa Nominal (kg/m)	Máxima variação permitida para Massa Nominal	CA-60			
			Resistência Característica de Escoamento (fy) (MPA)	Limite de Resistência (fst) (MPA)	Alongamento mínimo em 10 $\emptyset$ *	Diâmetro do pino para dobramento a 180° (mm)
3,4	0,071	± 6%	600	1,05 x fy	5%	5 x DN
4,2	0,109	± 6%				
5,0	0,154	± 6%				
6,0	0,222	± 6%				
7,0	0,302	± 6%				
8,0	0,395	± 6%				
9,5	0,558	± 6%				

\* A NBR apresenta a expressão alongamento, mas, o termo correto é deformação (%)

## 2. Amostragem

A amostragem para realização de ensaios de verificação da aceitação de um lote de armaduras de aço para construção civil é composta por 3 (três) unidades, para amostras identificadas (rastreadas) ou por 6 (seis) unidades, para amostras não identificadas. Estas amostras devem ser extraídas das barras provenientes da fábrica, produzidas com 12 metros de comprimento.

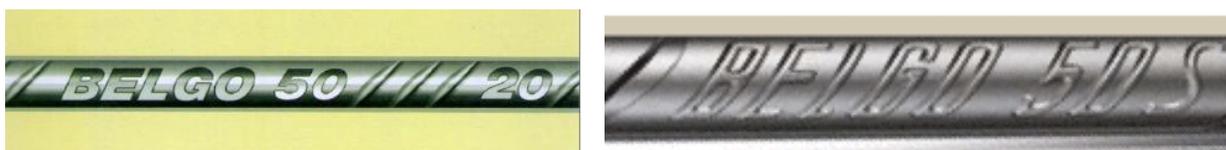
## 3. Identificação

As barras nervuradas e fios nervurados devem ser identificados através de marcas de laminação em relevo, indicando de forma legível o nome e/ou a marca do produtor, a categoria do material e o respectivo diâmetro nominal.

Além destes itens, o aço CA-50 pode ser comercializado com soldável, com a identificação adicional “S” (CA-50-S). O aço CA-50 soldável consiste, basicamente, do resfriamento controlado da barra, utilizando água, durante a laminação, da superfície do material, enquanto no processo de fabricação do CA- 50 não soldável é aplicado o processo de resfriamento ao ar. O Carbono equivalente, característica que define a soldabilidade de um aço do CA-50 soldável é aproximadamente 2/3 do Carbono equivalente (%CE\*) do CA-50 convencional.

A composição química típica de um aço soldável é formada por C (0,35%), Mn (1,50%), Si (0,50%), P (0,050%) e S (0,050%). Assim, apresentam Carbono Equivalente (CE) de cerca de 0,55%.

Toda a produção de aços é feita utilizando-se aços de baixo carbono, com plena garantia de atendimento do teor de Carbono equivalente máximo exigido por norma. A obtenção de alta resistência mecânica em um aço baixo carbono, como no caso do CA-60, é possível via deformação a frio: trefilação ou laminação a frio.



**Figura 1** – Identificação das armaduras normal e soldável.

---

\* %CE = %C + %Mn/6 + (%Cr + %V + %Mo)/5 + (%Cu + %Ni)/15

#### 4. Defeitos

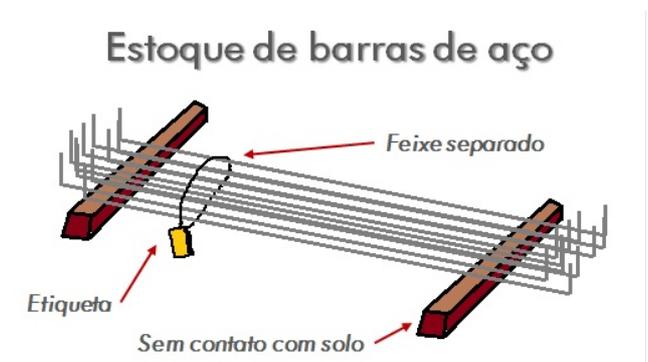
As barras e os fios de aço destinados a armaduras de concreto armado devem ser isentos de defeitos prejudiciais, tais como: esfoliação (escamas), corrosão, manchas de óleo, redução de seção e fissuras transversais. Uma oxidação do produto pode ser admitida quando for superficial, sem comprometimento de sua conformação geométrica. O acondicionamento adequado é fundamental para evitar a degradação das armaduras. Assim, deve-se evitar manter o aço exposto a intempéries (salitre, chuva, contato com solo, etc.) e adversidades ambientais (urbano, marinho, industrial e rural).

Em caso de dúvida quanto à gravidade dos defeitos observados, **o material deve ser submetido a ensaios para a comprovação de suas propriedades.**

Observações:	
Identificação	Defeitos

#### - Armazenamento correto de barras e fios de aço em obra

- Armazene sem contato direto com o solo, utilize caibros ou pontaletes;
- Caso precise estocar a céu aberto, pelo menos cubra o aço com lona plástica durante longos períodos de chuvas ou longos períodos de estocagem;
- Procure separar as barras por feixes e agrupadas por bitolas/diâmetro, ou até por elemento estrutural onde serão utilizadas, aumentando a produtividade do canteiro;
- Catalogue o material utilizando etiquetas em locais visíveis;
- Evite que o material tenha contato direto com o solo durante o manuseio, garantindo que não haja impregnação de sujeira na superfície e diminuindo a aderência com o concreto;
- Por último, e muito importante, armazene longe de instalações elétricas.



## 5. Emendas

O comprimento em que as armaduras de aço são tradicionalmente produzidas é de 12m.

Para efetuar emendas é possível:

- Emenda por Transpasse, com arame recozido ou solda;
- Emenda de topo por caldeamento ou eletrodo;

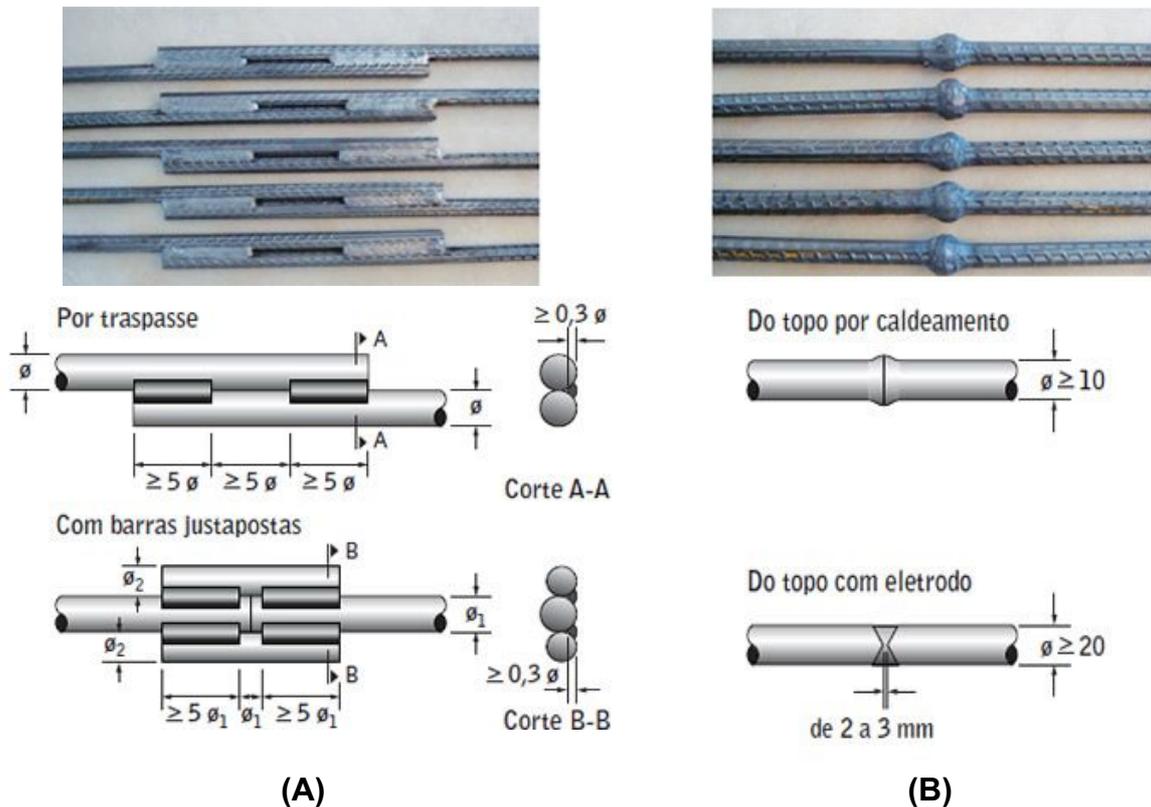
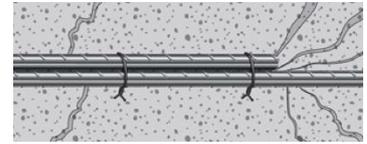


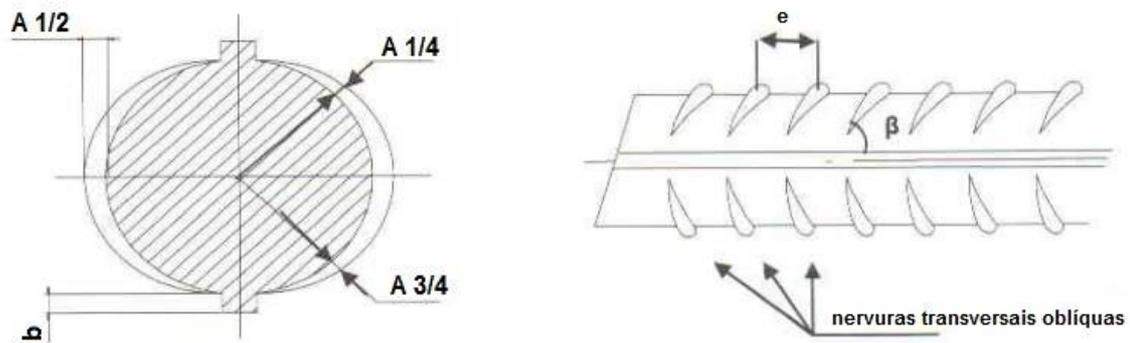
Figura 2 – Emenda de armaduras por solda por traspasse (A) e caldeamento (B).

- Emenda Mecânica (“solda” mecânica);



Figura 3 – Emenda de armaduras por “solda” mecânica.

## 6. Características geométricas



$b$  = altura da nervura longitudinal.

$A_{1/2}$  = altura da nervura a  $\frac{1}{2}$  do seu comprimento.

$A_{1/4}$  = altura da nervura a  $\frac{1}{4}$  do seu comprimento.

$A_{3/4}$  = altura da nervura a  $\frac{3}{4}$  do seu comprimento.

$\beta$  = ângulo entre o eixo da nervura oblíqua e o eixo da barra.

$e$  = espaçamento entre nervuras.

**Figura 4** – Características Geométricas armaduras de aço.

As barras e fios de aço destinados a armadura para concreto armado devem apresentar homogeneidade quanto às suas características geométricas. As barras nervuradas tipo CA-50 devem atender a alguns requisitos:

- Os eixos das nervuras transversais oblíquas devem formar, com a direção do eixo da barra, um ângulo  $\beta$  entre  $45^\circ$  e  $75^\circ$ .
- As barras devem ter pelo menos duas nervuras longitudinais, contínuas e diametralmente opostas, que impeçam o giro da barra dentro do concreto.
- Para  $DN \geq 10$  mm, a altura média das nervuras transversais oblíquas deve ser igual ou superior a 4 % do DN. Para  $DN < 10$  mm, essa altura deve ser igual ou superior a 2 % do DN.
- O espaçamento médio entre as nervuras transversais oblíquas deve estar entre 50 e 80% do DN.
- O espaçamento médio entre as nervuras transversais oblíquas das barras do tipo CA-50, deve ser determinado dividindo-se o comprimento ocupado por 10 espaços contínuos do corpo-de-prova por 10. Na determinação do espaçamento médio devem ser tomadas medidas de crista a crista da primeira à 11ª nervura.
- A altura média das nervuras transversais oblíquas deve ser determinada escolhendo-se 10 nervuras não sucessivas de cada lado do corpo-de-prova. Em cada nervura devem ser executadas três medidas, sendo uma no meio da nervura e as outras duas a um quarto e três quartos do comprimento da nervura.

## 7. Ensaio de tração

O ensaio de tração deve ser realizado de acordo com as normas ABNT NBR ISO 6892 e ISO 15630-1. O comprimento inicial é igual a 10 diâmetros nominais, não sendo permitido o uso de corpo de prova usinado.

O ensaio deve ser realizado à temperatura ambiente, entre 10°C e 35°C, salvo se especificado fora desses limites. Ensaios sob condições controladas podem ser executados à temperatura de 23°C ± 5°C.

A menos que seja especificada na norma do produto, a velocidade do ensaio deve estar em conformidade com as condições apresentadas na Tabela 1, dependendo da natureza do material.

**Tabela 1 – Velocidade de tensionamento**

Módulo de Elasticidade (E) esperado do Material (GPa)	Velocidade de Tensionamento (N/mm <sup>2</sup> .s)	
	Mín.	Máx.
E < 150 GPa	2	10
E ≥ 150 GPa	6	30

**Alongamento percentual após ruptura** - alongamento permanente do comprimento de medida original após a ruptura, expresso como uma porcentagem do comprimento de medida original. Segue abaixo um quadro resumo contendo informações e relações matemáticas importantes aos ensaios e determinações que serão feitas a seguir.

$$\rho_{Aço} = 7,85 \frac{kg}{dm^3}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \quad V = s \cdot h \quad s = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$\varepsilon (\%) = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100 \quad R = \frac{F}{s} \left[ MPa = \frac{N}{mm^2} \right]$$

Onde: “ $\rho_{Aço}$ ” é a densidade do aço; “ $\rho$ ” é a massa específica; “ $m$ ” é massa em [Kg]; “ $V$ ” é volume em [dm<sup>3</sup>]; “ $s$ ” é a área da seção transversal da barra de aço; “ $h$ ” é a altura da barra em ensaio; “ $d$ ” é o diâmetro da seção transversal da barra; “ $\varepsilon$ ” é a deformação; “ $L_f$ ” é o comprimento final da barra; “ $L_0$ ” é o comprimento inicial da barra; “ $R$ ” é a resistência mecânica; “ $F$ ” é a força aplicada.

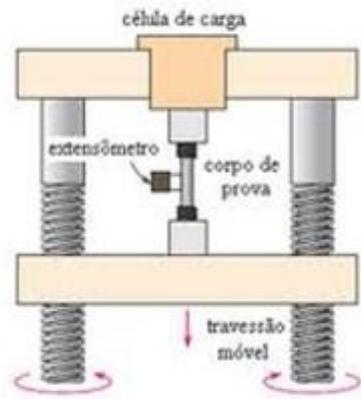


Figura 5 - Aparentagem do ensaio de tração

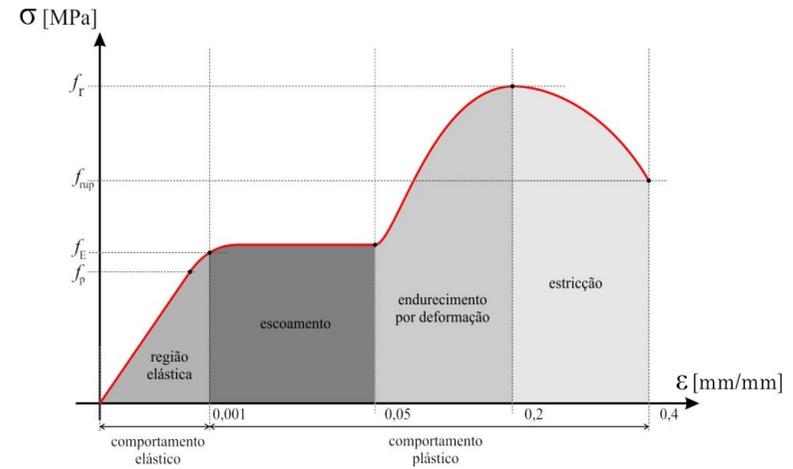


Figura 6 - Diagrama tensão x deformação típico.

### Materiais metálicos – Ensaio de tração à temperatura ambiente / NBR ISO 6892

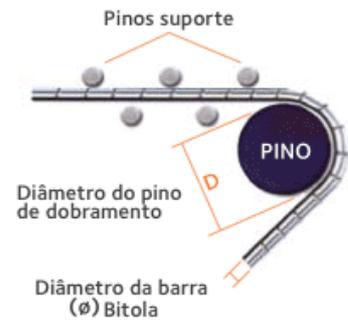
CP	Categoria de classe	Diâmetro nominal (mm)	Configurações geométricas - nervuras				Massa (g)	Comprimento (mm)	Massa linear (kg/m)	Seção efetiva (mm <sup>2</sup> )	Diâmetro real (mm)
			Altura (mm)			Espaçamento (mm)					
			1/4	1/2	3/4						
<b>Média</b>		---				---	---				
<b>Limite NBR 6892</b>		---				---	---			---	
CP	Categoria de classe	Seção efetiva (mm <sup>2</sup> )	Carga e Tensão de Escoamento (f <sub>y</sub> )		Carga e Tensão Limite de Resistência à Tração, LRT (f <sub>st</sub> )		Carga e Tensão de Ruptura (f <sub>rup</sub> )		Deformação em 10 diâmetros nominais, após ruptura (ΔL/L <sub>0</sub> )		
			N	MPa	N	MPa	N	MPa	L <sub>0</sub> (mm)	L <sub>f</sub> (mm)	%
<b>Média</b>		---							---	---	
<b>Limite NBR 6892</b>		---						---	---	---	

## 8. Ensaio de dobramento

Este ensaio deve ser realizado de acordo com a ABNT NBR 7438, com a ressalva de que os apoios para a realização deste ensaio devem permitir o livre movimento dos corpos-de-prova.

### Dobramento do aço

Categoria do aço	Uso no laboratório (NBR 7480/07)		Uso na obra (NBR 6118/03)	
	Diâmetro do pino		Diâmetro do pino	
	Bitola < 20 mm	Bitola ≥ 20 mm	Bitola < 20 mm	Bitola ≥ 20 mm
CA 50	3 x $\emptyset$	6 x $\emptyset$	5 x $\emptyset$	8 x $\emptyset$



Obs.: 1)  $\emptyset$  = bitola.

2) Para estribos de bitolas  $\leq 10$  mm, tanto para CA 25 como para CA 50 ou CA 60, o diâmetro do pino para uso na obra poderá ser de 3 x  $\emptyset$ .

3) Normas ABNT NBR 7480:2007 (Tab. B 2) e ABNT NBR 6118:2003 (Tab. 9.1 e Tab. 9.2).

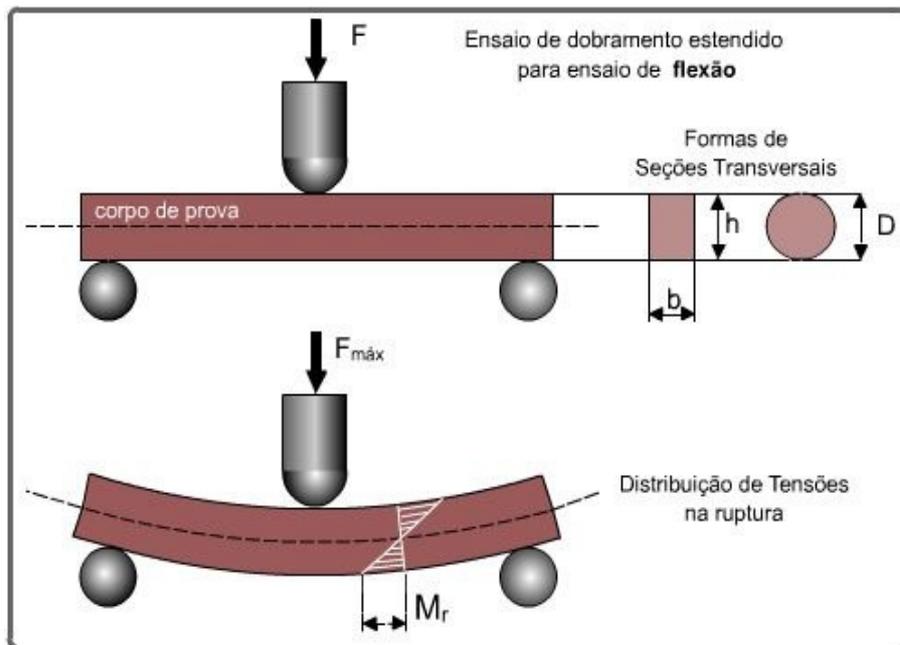


Figura 7 - Ensaio de dobramento

### Materiais metálicos – Ensaio de dobramento semiguiado/NBR 6153

CP	Categoria de Classe	Diâmetro Nominal da Barra (mm)	Diâmetro do pino (mm)	Ângulo de dobra (graus)	Observações

# OUTROS ENSAIOS MECÂNICOS

## 9. Ensaio de Tenacidade (Impacto)

O ensaio dinâmico de fratura por impacto é um dos mais utilizados para o estudo da fratura frágil (ou dúctil) dos materiais, principalmente para teste de aceitação de materiais usados em baixa temperatura, de acordo com a norma ISO 148-1.

As amostras são padronizadas e possuem um entalhe que produz um estado triaxial de tensões quando submetido a uma flexão por impacto produzida por um martelo pendular, que não se distribuem de modo uniforme por todo o corpo de prova, não fornecendo, assim, um valor quantitativo da tenacidade de um material. A energia absorvida é reportada por unidade de espessura (J/m) ou de área (J/m<sup>2</sup>).

Existem dois tipos padronizados de ensaios de impacto: Izod e Charpy que se diferenciam, apenas pela forma de colocação na amostra que será submetida ao ensaio.

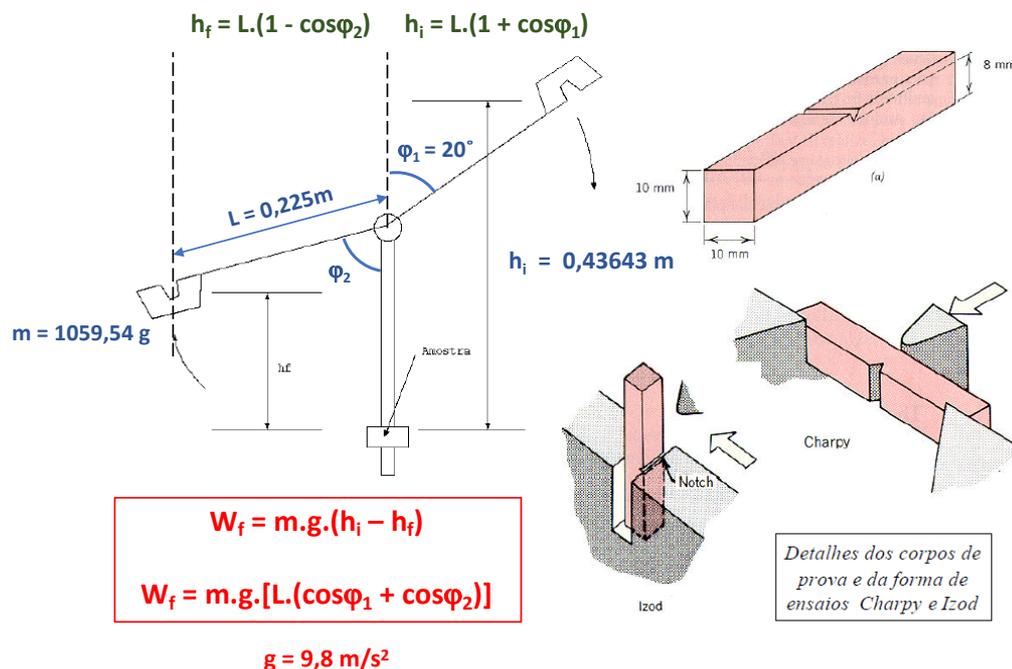


Figura 8 – Configurações de Ensaios de Resistência ao choque mais utilizados

### Ensaio de Tenacidade (Impacto)

CP	Material	Massa do pêndulo (kg)	Altura Inicial, $h_i$ (m)	Ângulo $\phi_2$	Altura Final, $h_f$ (m)	Energia (J)	Espessura (m)	Energia absorvida (J/m)
		1,05954	0,43643					
		1,05954	0,43643					

## 10. Ensaio de Dureza

O ensaio de dureza é muito aplicado para comparar materiais ou mesmo para especificar um material. É possível, por meio de tabelas, obter uma correlação aproximada entre os métodos de determinação de dureza Brinell, Rockwell e Vickers e os valores de limite de resistência à tração.

Dureza não é uma propriedade absoluta. Só tem sentido falar em dureza quando se comparam materiais, isto é, só existe um material duro se houver outro mole.

O ensaio consiste na aplicação de uma carga conhecida através de um penetrador de geometria conhecida e na medição da área da impressão produzida na superfície do corpo de prova. É um ensaio de grande importância tecnológica (controle de qualidade), por ser simples, rápido e barato.

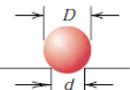
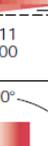
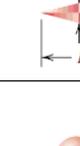
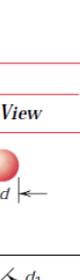
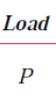
Test	Indenter	Shape of Indentation		Load	Formula for Hardness Number <sup>a</sup>
		Side View	Top View		
Brinell	10-mm sphere of steel or tungsten carbide			P	$HB = \frac{2P}{\pi D[D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$
Vickers microhardness	Diamond pyramid			P	$HV = 1.854P/l^2$
Knoop microhardness	Diamond pyramid			P	$HK = 14.2P/l^2$
Rockwell and Superficial Rockwell	<ul style="list-style-type: none"> <li>⎧ Diamond cone</li> <li>⎧ 1/16, 1/8, 1/4, 1/2 in. diameter steel spheres</li> </ul>	 	 	<ul style="list-style-type: none"> <li>60 kg } Rockwell</li> <li>100 kg }</li> <li>150 kg }</li> <li>15 kg } Superficial Rockwell</li> <li>30 kg }</li> <li>45 kg }</li> </ul>	

Figura 9 – Principais Escalas de Dureza.

### Ensaio de Dureza

CP	Material	Escala de Ensaio	Carga, P (kgf)	Diâmetro da esfera, D (mm)	Diâmetro da indentação, d (mm)	Número de Dureza
		Brinell		5		
		Brinell		5		