1.1. ÂMBITO

Refere-se esta especificação técnica ao Aço em varão para betão armado.
A designação "Aço em varão para betão armado" inclui todos os tipos de varões usados no fabrico de armaduras para betão armado corrente. Esta especificação não se refere a armaduras para betão pré-fabricado.

1.2. ESPECIFICAÇÕES GERAIS

O aço em varão para betão armado deve obedecer às condições técnicas gerais relativas a materiais e elementos de construção e ainda aos seguintes documentos específicos que lhes são aplicáveis:

NP-105: Metais. Ensaio de tracção. Lisboa, 1965;

NP-173: Metais. Ensaios mecânicos: ensaios de dobragem; deformação plástica. IPQ, 1996;

NP-332: Aço laminado. Varão para Betão. Dimensões. Lisboa, 1964;

EN 10800: Aços para Betão Armado. Métodos de produção, características, métodos de ensaio e critérios de verificação de conformidade;

NP EN 10 002-1: Metais. Ensaios mecânicos: ensaios de tracção; resistência à tracção. IPQ, 1990;

NF A 35-027: Armatures pour Béton armé. Armatures industrielles pour le béton. Dezembro 1995.

E-449: Varões de Aço A 400 NR para armaduras de Betão armado. Características, ensaios e marcação. Lisboa, 1998.

E-450: Varões de Aço A 500 NR para armaduras de Betão armado. Características, ensaios e marcação. Lisboa, 1998.

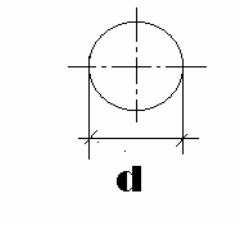
E-455: Varões de Aço A 400 NR de ductibilidade especial para armaduras de betão armado. Características, ensaios e marcação. Lisboa, 1999.

E-456: Varões de Aço A 500 ER para armaduras de Betão armado. Características, ensaios e marcação. Lisboa, 2000.

DL 441/99 de 2.11. (Altera o DL 128/99, de 21 de abril, que exige a obrigatoriedade de certificação dos varões de aço para Betão armado).

1.3. DIMENSÕES

Entende-se por varão para betão, o aço laminado de secção circular para betão armado e de dimensões de acordo com o quadro de medidas abaixo indicadas.
(Liga de 99% de ferro + carbono contendo outros elementos, Mn, Cr, Si, e impurezas: S, P)



Diâmetro d (mm)	Secção (cm^2)	Perímetro (cm)	Massa(*) por metro (kg/m)
6	0,283	1,89	0,222
8	0,503	2,51	0,395
10	0,785	3,14	0,617
12	1,13	3,77	0,888
16	2,01	5,03	1,58
20	3,14	6,28	2,47
25	4,91	7,85	3,85
32	8,04	10,1	6,31
40	12,6	12,6	9,87

(*) As massas indicadas correspondem à massa volúmica 7.85 kg/dm^3

A designação compreende o nome do produto ou o símbolo ϕ que o representa seguido do valor em milímetros correspondente ao diâmetro nominal e do nome da norma (NP-332).

Os comprimentos correntes devem estar compreendidos entre 3m e 14m.

Tolerâncias: devem ser estabelecidas por acordo com o fornecedor.
Esta especificação refere-se aos diâmetros dos aços que deverão constar dos desenhos de execução.

1.4. EXIGÊNCIAS DE ASPECTO

Segundo a legislação, o aço em varão para betão deve apresentar uma textura homogénea de

grão fino, não quebradiço e isento de zincagem, pintura, alcatroagem, argila, óleo, ferrugem solta, gordura, terra ou quaisquer outras matérias estranhas, que possam prejudicar o aço ou o betão, ou mesmo a aderência entre ambos.

1.5. TIPOS CORRENTES DE ARMADURAS ORDINÁRIAS

Designação	Processo de fabrico	Configuração da superfície	característica de aderência	Características mecânicas						
				Tracção(1)			Dobrage m(1)			
				Tensão de cedência f_{syk} (3) (Mpa)	Tensão de rotura f_{suk} (Mpa)	Extensão após rotura ε_{suk}(4) (%)	Dobragem simples (5)	Dobragem- desdobragem (6) conforme o diâmetro dos varões ϕ (mm)			
								$12<\phi\leq18$	$18<\phi\leq25$	$25<\phi\leq32$	$32<\phi\leq40$
A 235 NL	Laminado a quente	Lisa	Normal	235	360	24	2 ϕ	–	–	–	–
A 235 NR		Rugosa	Alta				2 ϕ (7)	5 ϕ	7 ϕ	8 ϕ	10 ϕ
A 400 NR	Laminado a quente	Rugosa	Alta	400	460	14	3 ϕ (7)	6 ϕ	8 ϕ	10 ϕ	12 ϕ
A 400 ER	Endurecido a frio	Rugosa	Alta	400	460	12	3 ϕ (7)	6 ϕ	8 ϕ	10 ϕ	12 ϕ
A 400 EL	Endurecido a frio com torção	Lisa	Normal				4 ϕ	–	–	–	–
A 500 NR	Laminado a quente	Rugosa	Alta	500	550	12	4 ϕ (7)	8 ϕ	10 ϕ	12 ϕ	14 ϕ
A 500 ER	Endurecido a frio	Rugosa	Alta	500	550	10	4 ϕ (7)	8 ϕ	10 ϕ	12 ϕ	14 ϕ
A 500 EL(8)		Lisa	Normal				4 ϕ	–	–	–	–

Notas:

(1) Ensaio segundo a Norma Portuguesa NP-105. Para os aços endurecidos, estas características devem ser determinadas após envelhecimento artificial (30 minutos a 250ºC e arrefecimento à temperatura ambiente).

(2) Os valores indicados no quadro designam o diâmetro dos mandris, sendo ϕ o diâmetro dos varões.

(3) Ou tensão limite convencional de proporcionalidade a 0.2% fs0.2k.

(4) Comprimento de referência igual a 5ϕ.

(5) Ensaio segundo a Norma Portuguesa NP-173, com ângulo de dobragem de 180º.

(6) Dobragem a 90º segundo a Norma Portuguesa NP-173, seguida de aquecimento durante 30 min. A 100º, arrefecimento à temperatura ambiente e posterior desdobragem de 20º.

(7) Somente exigido para varões com diâmetro igual ou menor que 12 mm.

(8) Somente sob a forma de redes electrossoldadas.

Os varões referidos no quadro anterior são designados por varões de tipo corrente e, para que determinados varões possam ser considerados como tal, necessitam, com excepção do A235 NL, da prévia "classificação" efectuada pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil, que constará de um documento onde, em função das características apresentadas pelos varões em causa, é indicado o tipo a que ele pertence.

1.6. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

1.6.1. Massa volúmica do aço:
O aço deve possuir uma massa volúmica de 7850 kg/m^3.

1.6.2. Coeficiente de dilatação térmica:
No intervalo entre – 20º e 200º C o coeficiente de dilatação térmica deve ser igual a 10^{-5} /º C.

1.7. CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS

As características aqui referidas constam do regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado (REBAP) em vigor, aprovado pelo DL nº 349-C/83, de 30 de Julho.
As dimensões dos varões relativas ao projecto correspondente a este Caderno de Encargos, diâmetros e secções nominais, são as referidas nos desenhos de execução.

1.7.1. Classes de resistência:

	f_{yk} (Mpa)	f_{tk} (Mpa)
A235	235	360
A400	400	460
A500	500	550

Sendo:
fyk – valor característico da tensão de cedência ou da tensão limite convencional de proporcionalidade a 0.2% (KN/mm2).
ftk – valor característico da resistência à tracção.
Nota: (ft/fy)k >1.05 – relação entre a resistência à tracção e a tensão de cedência.

1.7.2. Módulo de Elasticidade:
O módulo de elasticidade do aço tem como valor: Es =200 KN/mm^2.

1.7.3. Classes de ductilidade:

	ε_{uk}	$(f_t/f_y)_k$
Alta (H)	>5%	>1.08
Normal (N	>2.5%	>1.05

Os varões de alta aderência com ϕ <6 mm não devem ser considerados de alta ductilidade.

1.7.4. Resistência à fadiga:

A resistência à fadiga do aço é verificada submetendo o provete a 2 milhões de ciclos de tensão de valor igual a 60% da tensão de rotura, com uma amplitude de 180 Mpa.

Os produtos devem ter uma resistência à fadiga adequada e viável em termos de projecto.

1.7.5. Soldabilidade:

Varão soldável:

Teores em enxofre e fósforo $\leq$ 0.03%.

Equivalente de carbono satisfaça os limites especificados

(A500 Ceq $\leq$ 0.52)

$$Ceq = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15}$$

Os documentos de homologação do LNEC apresentam as condições a respeitar.

1.7.6. Características de superfície:

Varões lisos: baixa aderência

Varões nervurados: alta aderência

0.039<fR<0.056

fR – valor da área relativa das nervuras (altura da nervura, espaçamento, inclinação e área projectada).

1.8. TRANSPORTE E ARMAZENAMENTO

O material para armaduras, geralmente transportado em camionetas, deve ter livre acesso até junto do local de armazenamento e os varões devem aí chegar em posição paralela à posição que vão ocupar depois de armazenados.

A descarga deve fazer-se mecanicamente (por exemplo por meio de ponte rolante) e ser realizada de forma a permitir o armazenamento do material, já separado pela sua natureza, ”nuance”, tipo, comprimento e diâmetro.

O armazenamento do material para armaduras deve obedecer às três condições gerais: bom armazenamento (assegurar a conservação do material armazenado), permitir a sua fácil identificação e dar possibilidade de um eficaz manuseamento dos vários produtos tanto na sua entrada como na sua saída do armazém.

A conservação dos varões deve ser cuidada, tendo principalmente em atenção a possibilidade de deterioração por perda das características de aderência e, neste sentido, deve evitar-se o contacto com substâncias tais como massa consistente, óleo, tintas ou terra; a existência de uma camada de ferrugem não aderente è também altamente nociva.

Os varões devem estar classificados e indexados em relação ao tipo de aço, ao diâmetro, ao comprimento e ainda à datas de fabrico e entrada no armazém. As pontas de varão, quando em comprimento insuficiente para serem identificadas, devem ser convenientemente etiquetadas.

Refere-se que o manuseamento, o transporte, que envolva rotações dos varões em plano horizontal é geralmente inconveniente, tendo os varões que ser deslocados na direcção paralela aos seus eixos.

Os varões devem poder ser manuseados a meia altura do corpo, sem que os operários necessitem de se dobrar.

À saída do armazém, os varões devem ser cuidadosamente inspeccionados, principalmente no caso de condições agressivas ou de armazenamento por longos períodos.

A colocação dos varões e a sua saída do armazém deve situar-se o mais perto possível da zona onde se vai processar a fase seguinte de fabrico.