

Garantia da Qualidade das Armaduras para Betão Armado

Claudia Moreira¹, João André¹, Ana Louro¹, João Falcão¹, Manuel Pipa¹

RESUMO

A utilização em Portugal das armaduras para betão armado (armaduras ordinárias) é regulada pelo Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado (REBAP) que especifica os tipos de armaduras (varões e redes electrossoldadas) e as suas principais características, estipulando ainda a obrigatoriedade da sua prévia Classificação pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). Adicionalmente, tendo em vista a adopção em Portugal dos princípios preconizados pela União Europeia, consignados na Directiva dos Produtos de Construção, têm sido publicados vários Decretos-Lei no âmbito da garantia da qualidade destes produtos.

Nesta comunicação descrevem-se as alterações introduzidas pelos novos documentos regulamentares e são apresentados os novos instrumentos e os requisitos a satisfazer que visam a garantia da qualidade das armaduras de aço para betão armado.

PALAVRAS-CHAVE

Qualidade

Certificação

Aço

Betão armado

¹ Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Estruturas, 1700-066 Lisboa, Portugal. cmoreira@lnec.pt

1. INTRODUÇÃO

A garantia da qualidade constitui um elemento essencial em qualquer indústria ou processo produtivo, já que estabelece um vínculo entre as intenções (definição de níveis da qualidade baseados em critérios de segurança, normas, regulamentos, etc.) e a sua materialização na realidade.

O termo qualidade vem do latim *qualitate*, e é utilizado em situações bem distintas, encontrando-se associado à conformidade com os requisitos, à adequação ao uso, e à aptidão para a finalidade ou à satisfação do cliente.

A qualidade de qualquer processo construtivo passa por uma boa definição das exigências conceptuais do projecto e pela sua transposição para a fase de execução, na selecção de processos e técnicas, na qualidade intrínseca dos materiais e dos componentes a incorporar na obra e na adequada qualificação dos diversos intervenientes. No que diz respeito aos produtos de aço, a definição mais adequada é a de “conformidade com as exigências”. Estas “exigências” são definidas pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), através de especificações técnicas em articulação com outros documentos normativos.

O controlo da qualidade dos produtos de aço utilizados para armaduras de betão armado, tem vindo a ser alvo de atenção pelas entidades competentes, tendo sido reestruturado no último ano.

No artigo que se segue, na sequência de outras comunicações publicadas sobre este tema [1, 2], são descritos os procedimentos de controlo da conformidade destes produtos com as respectivas especificações técnicas, tanto a montante como a juzante da sua comercialização.

2. ENQUADRAMENTO

A utilização em Portugal das armaduras de aço para betão armado é regulada pelo REBAP - Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado, Decreto-Lei nº 349-C/83, de 30 de Julho [3] que especifica os tipos de armaduras e as suas principais características mecânicas, estipulando ainda para as armaduras ordinárias a obrigatoriedade da sua prévia classificação pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). Relativamente às armaduras de pré-esforço, o facto de apresentarem uma grande variedade de tipos e características não permitiu, como seria desejável, o seu enquadramento em classes como no caso das armaduras ordinárias.

Com efeito, no REBAP são apenas indicadas as características das armaduras mais correntes em betão armado. A utilização de armaduras com outras características envolve, em geral, não só a definição de disposições construtivas especiais, como também a necessidade de especificar exigências relativamente a propriedades particulares ligadas à tecnologia do seu fabrico. Por estas razões, considerou-se preferível fazer depender a utilização dessas armaduras de uma homologação a conceder em cada caso pelo LNEC. Como tal, a homologação seria exigida no caso de armaduras que, pela sua geometria ou características do aço, não possam ser classificadas como de tipo corrente, como por exemplo o fio e o cordão de pré-esforço.

A partir de 1998 foram publicadas várias especificações LNEC, para cada um dos tipos de armaduras a classificar (incluindo armaduras de pré-esforço), que definem, para além das características mecânicas e tecnológicas, a geometria das nervuras, os ensaios a realizar para a sua qualificação e as respectivas condições de aceitação, e ainda as marcas de identificação de cada produto.

Com a entrada de Portugal na União Europeia, a legislação comunitária assume um papel cada vez mais relevante sendo particularmente importante para o sector da construção a Directiva 89/106/CEE [4], de 21 de Dezembro de 1988, relativa aos Produtos da Construção.

Esta Directiva (DPC), transposta para o direito nacional através do Decreto-Lei n.º113/93 de 10 de Abril [5] alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 4/2007, de 8 de Janeiro [6], estabelece como

objectivo a convergência das disposições legislativas, regulamentares e administrativas dos Estados Membros, no sentido de eliminar quaisquer entraves técnicos à livre circulação, à colocação no mercado, ou à utilização daquele tipo de produtos. Segundo a DPC, um produto da construção encontra-se apto a ser utilizado quando permite que a obra a que se destina satisfaça as seguintes exigências essenciais: resistência mecânica e estabilidade, segurança contra incêndio, higiene, saúde e ambiente, segurança na utilização, protecção contra o ruído e economia de energia e isolamento térmico.

A DPC estabelece um mecanismo através do qual é atribuída uma marcação CE aos produtos considerados aptos a serem usados, assinalando a sua conformidade com as especificações técnicas aplicáveis e a presunção da sua aptidão ao uso.

Sendo obrigatório que um produto posto à venda na UE respeite as Directivas que se lhe aplicam, um fabricante dispõe de três tipos de especificações técnicas que lhe permitem demonstrar a conformidade do produto com os requisitos essenciais estabelecidos:

- Normas nacionais correspondentes à transposição de normas europeias harmonizadas;
- Aprovações técnicas europeias (ETA) são apreciações técnicas favoráveis de aptidão ao uso dos produtos não normalizados, estabelecidas com base na satisfação das exigências essenciais das obras onde esses produtos sejam incorporados. Uma ETA pode ser concedida a um produto de construção desde que se verifique uma das seguintes condições:
 - Não exista Norma Europeia harmonizada aplicável a esse produto e a Comissão Europeia não tenha emitido nenhum mandato para a sua elaboração;
 - O produto se desvie significativamente das normas Europeias harmonizadas.
- Especificações técnicas nacionais reconhecidas a nível comunitário, desde que não existam normas harmonizadas.

Em Portugal, a actividade de certificação de aços para betão foi iniciada em 1992 pelo Instituto Português da Qualidade (IPQ), com a colaboração do LNEC, que a pedido voluntário dos produtores portugueses, passou a conceder a Licença para Uso da Marca “Produto Certificado”.

Actualmente em Portugal com a publicação, em 1999, do Decreto-Lei n.º 128/99 [7] (referente a aço para armaduras ordinárias), em 2007, do Decreto-Lei n.º 28/07 [8] (referente a aço para armaduras de pré-esforço) e do Decreto-Lei n.º 390/2007 [9] é obrigatória a certificação de todos os produtos de aço para utilização em armaduras para a construção em betão armado e pré-esforçado¹, complementando, também, desta forma, as disposições previstas no artigo 23.º do REBAP, relativas à obrigação de classificação ou homologação destes produtos.

Por via desta alteração legal, aos produtos já abrangidos por normas ou especificações LNEC, que não estando enquadrados no âmbito da classificação eram homologados, como as armaduras de pré-esforço, passaram apenas a ser certificados, i.e. passou a ser exigido unicamente uma Licença para Uso da Marca “Produto Certificado” concedida por um organismo acreditado pela entidade competente no domínio da acreditação (IPAC – Instituto Português de Acreditação) em conformidade com as metodologias do Sistema Português da Qualidade.

Relativamente aos produtos de aço para construção não existem normas harmonizadas (que implementam a marcação CE), nem aprovações técnicas europeias, pelo que: (i) as especificações LNEC passaram também a servir como documentos de referência para a elaboração dos procedimentos de certificação dos

¹ Entende-se por aço para utilização em armaduras para betão armado os produtos em aço destinados a serem utilizados como armaduras em betão armado que se apresentem na forma de varões, fios, cordões, barras, rolos ou bobinas, redes electrossoldadas, treliças e fitas ou bandas denteadas, independentemente do processo tecnológico utilizado na sua obtenção.

produtos de aço para construção, e (ii) os produtos que satisfaçam as disposições nacionais relativas à certificação obrigatória podem ser colocados no mercado, embora sem marcação CE.

Deste modo, para colocar no mercado armaduras ordinárias para betão armado é necessário obter o Documento de Classificação e a Licença para Uso da Marca “Produto Certificado”. Para comercializar os restantes produtos alvo de normas ou especificações LNEC, apenas é necessário obter a Licença para Uso da Marca “Produto Certificado”. Finalmente, os produtos não enquadrados no quadro normativo Português devem continuar a ser homologados pelo LNEC.

No ano de 2007, 35 fabricantes (5 nacionais e os restantes estrangeiros) certificaram, em Portugal, 71 produtos diferentes, número que subiu em 2008 para 41 fabricantes (8 nacionais e os restantes estrangeiros), correspondendo a 84 produtos certificados, ver a Figura 1. A maioria dos produtos certificados corresponde a armaduras ordinárias (82%).

Por fim, com a entrada em vigor da norma Portuguesa NP ENV 13670-1 [10] e com a publicação do Decreto-Lei 301/07 [11] tornou-se obrigatório para as estruturas objecto das classes de inspecção 2 e 3 estabelecidas na NP ENV 13670-1, a aceitação das armaduras de aço, também pelo utilizador, através da inspecção e dos ensaios de recepção previstos na NP ENV 13670-1, feitos em laboratórios acreditados, podendo a amostragem ser efectuada, no local da entrega destes produtos na obra, pelo produtor sob controlo do utilizador. Para as estruturas objecto da classe de inspecção 1, os ensaios de recepção apenas são obrigatórios quando estabelecidos nas especificações de projecto, podendo sempre ser solicitados pelo utilizador ou pelas entidades de supervisão (director técnico da obra ou entidade fiscalizadora), em caso de dúvida sobre a conformidade das armaduras com as disposições específicas da NP ENV 13670-1. Este controlo suplementar visa melhorar a qualidade dos produtos de aço aplicados em obra, funcionando como uma medida preventiva de modo a diminuir a probabilidade de um material com propriedades fora dos limites especificados seja aplicado.

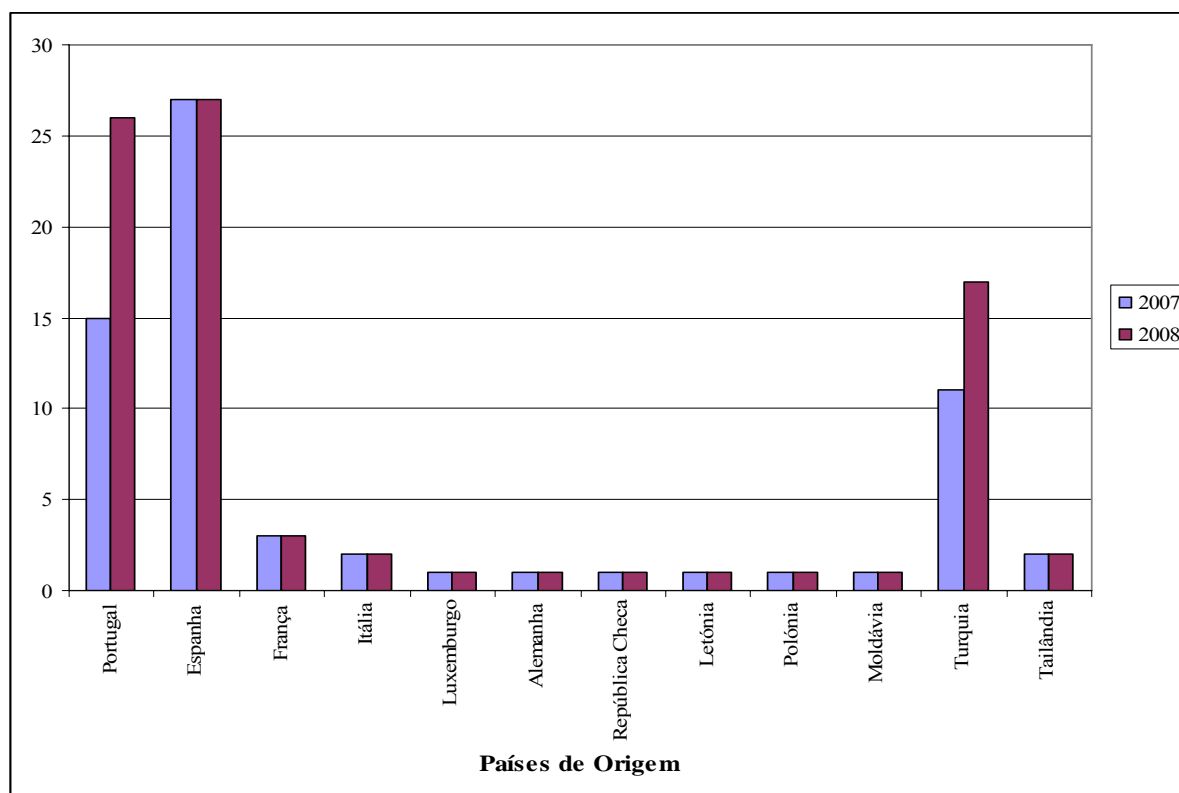


Figura 1. Produtos certificados em Portugal (2007/2008).

3. CONTROLO A MONTANTE

3.1 Classificação e Homologação

O Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado (REBAP/83) estipula a obrigatoriedade de Classificação das armaduras ordinárias para betão armado pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

Os Documentos de Classificação (DC) elaborados pelo LNEC ao abrigo do REBAP, além de comprovarem que os produtos estão em conformidade com as Especificações LNEC correspondentes (ver o Quadro 1), atribui-lhes uma “identidade”. Esta “identidade” é definida através da geometria das nervuras transversais (tipo de aço), gama de fabrico e através de códigos estabelecidos por engrossamento ou omissão destas nervuras que identificam o país de origem e o fabricante (ver o Quadro 2).

Salienta-se que não são objecto de DC as redes electrossoldadas de pequeno diâmetro (inferior ou igual a 4,5 mm), pois estes produtos são considerados como armaduras secundárias, cuja função é basicamente a de limitar a fendilhação do betão. Não são igualmente objecto de DC os produtos de aço para pré-esforço.

Quadro 1. Especificações LNEC para classificação de produtos de aço para armaduras de betão armado.

Especificação E 449	<i>“Varões de aço A400 NR para armaduras de betão armado. Características, ensaios e marcação”.</i>
Especificação E 450	<i>“Varões de aço A500 NR para armaduras de betão armado. Características, ensaios e marcação”.</i>
Especificação E 455	<i>“Varões de aço A400 NR de ductilidade especial para armaduras de betão armado. Características, ensaios e marcação”.</i>
Especificação E 456	<i>“Varões de aço A500 ER para armaduras de betão armado. Características, ensaios e marcação”.</i>
Especificação E 458	<i>“Redes electrossoldadas para armaduras de betão armado. Características, ensaios e marcação”.</i>
Especificação E 460	<i>“Varões de aço A500 NR de ductilidade especial para armaduras de betão armado. Características, ensaios e marcação”.</i>
Especificação E 478	<i>“Fios lisos de aço A500 EL. Campo de aplicação, características e ensaios”.</i>
Especificação E 480	<i>“Treliças electrossoldadas para armaduras de betão armado – Campo de aplicação, características e ensaios”.</i>

As Figuras 2 a 6 apresentam a geometria das nervuras transversais definidas nas Especificações LNEC.

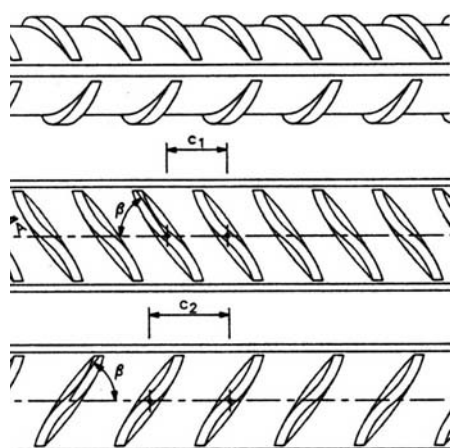


Figura 2. Geometria das nervuras do aço do tipo A400NR.

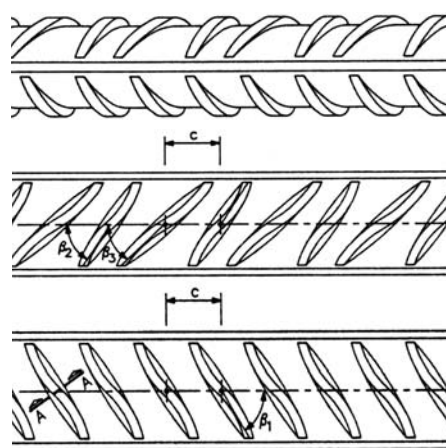


Figura 3. Geometria das nervuras do aço do tipo A500NR.

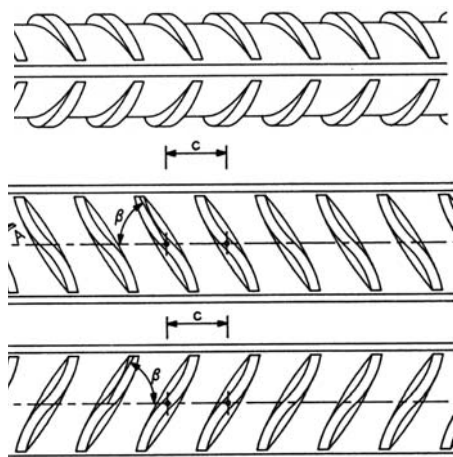


Figura 4. Geometria das nervuras do aço do tipo A400NR SD.

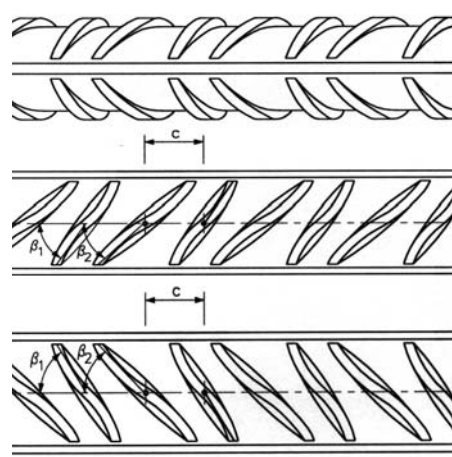


Figura 5. Geometria das nervuras do aço do tipo A500NR SD.



Figura 6. Geometria das nervuras do aço do tipo A500ER.

A identificação do país de origem e do fabricante é definida, como referido anteriormente, através de códigos estabelecidos por engrossamento ou omissão das nervuras transversais, ver a Figura 7 e o Quadro 2.

Seguindo uma lógica de desburocratização e de maximização da eficácia do processo de colocação no mercado de um produto de aço para a construção em betão armado, desde o início de 2008 a classificação dos materiais e a concessão da certificação são feitas em simultâneo. Ou seja, a classificação é atribuída com base nos ensaios realizados para concessão da certificação.

Por último, procedeu-se recentemente a uma revisão das especificações LNEC, à excepção das referentes aos produtos de aço para pré-esforço. Deste processo resultam as seguintes alterações:

- Os produtos de aço com menos de 5 mm de diâmetro não podem ser utilizados como armaduras principais de elementos estruturais. Neste sentido, foi criada a especificação E 479 relativa a redes electrossoldadas de pequeno diâmetro;
- Foi criada a especificação E 480 relativa a treliças electrossoldadas para armaduras de betão armado.

Destacam-se ainda as alterações procedidas nas especificações relativas a armaduras nervuradas:

- As partes 1 e 2 da norma internacional ISO 15630 [12-13] passam a ser as normas de ensaio de referência para os vários produtos;
- A verificação de que os produtos produzidos em rolos continuam após endireitamento, a cumprir as exigências da especificação aplicável é da responsabilidade da entidade que efectua o endireitamento dos rolos. Esta entidade deverá implementar um procedimento interno que inclua a realização de ensaios sobre amostras do produto endireitado, de modo a confirmar que este satisfaz todos os requisitos desta Especificação. Este processo pode ser realizado em articulação com o produtor dos rolos, o qual poderá indicar as condições preferenciais de endireitamento;
- Foi introduzido o diâmetro de 14 mm;
- Foram actualizados, de acordo com a EN 10080:2005 [14], os valores máximos especificados para a composição química dos varões;
- Foram uniformizadas as exigências relativamente à geometria das nervuras;
- Os varões poderão apresentar outro tipo de perfil, desde que seja semelhante ao indicado na especificação aplicável, permitindo uma identificação inequívoca do tipo de aço. Em zonas delimitadas dos varões poderá ser admitida uma alteração local da morfologia das nervuras. Esta alteração pode corresponder à introdução de uma sigla em relevo, em que ocorra a substituição das nervuras. No entanto, está excluída a possibilidade de introdução de um tipo alternativo de marcação;

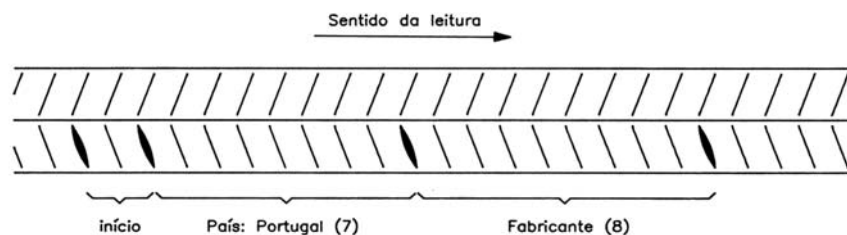


Figura 7. Exemplo de código de marcas de identificação dos varões nervurados.

Quadro 2. Identificação de acordo com o país de origem do produto.

<i>Países</i>	<i>Nº de nervuras normais</i>
Áustria, Alemanha e Suíça	1
Bélgica, Holanda e Luxemburgo	2
França	3
Itália	4
Reino Unido, Irlanda e Islândia	5
Dinamarca, Suécia, Noruega e Finlândia	6
Espanha e Portugal	7
Grécia, República Checa e Turquia	8
Outros Países	9

- Na situação acima referida poderá ser necessário demonstrar experimentalmente por ensaios adicionais, considerados adequados, que as características mecânicas e de aderência dos varões satisfazem as exigências da especificação aplicável;
- Por último, foi introduzida uma identificação do produto fabricado em rolo, que será efectuada através de um código que consiste no engrossamento de uma nervura transversal na série de nervuras oposta à da identificação do fabricante e do país de origem.

Com esta revisão, o LNEC coloca à disposição do meio técnico nacional documentos normativos actualizados sob a forma de especificações LNEC que incorporam o estado da arte no que toca a produtos de aço para armaduras para betão armado.

Deste modo, é fácil estabelecer equivalências entre os tipos de aço definidos nas especificações LNEC com os definidos no Eurocódigo 1992-1-1 [15]: o aço A500 ER corresponde a um aço de ductilidade A, os aços 400/500 NR correspondem a aços de ductilidade B e, finalmente, os aços 400/500 NR SD correspondem a aços de ductilidade C.

Como referido anteriormente, no âmbito do REBAP foi estipulado que os produtos de aço não classificáveis seriam homologados. Incluem-se neste grupo o fio, o cordão e o varão de aço para pré-esforço, e as redes electrossoldadas de pequeno diâmetro. Estes produtos têm as suas características definidas nas seguintes especificações LNEC:

- Especificação E 452 - “Fios de aço para pré-esforço. Características e ensaios”;
- Especificação E 453 - “Cordões de aço para pré-esforço. Características e ensaios”;
- Especificação E 459 - “Varões de aço para pré-esforço. Características e ensaios”;
- Especificação E 479 - “Redes electrossoldadas de pequeno diâmetro. Campo de aplicação, características e ensaios”.

Com a entrada em vigor do Decreto-Lei 28/2007, no caso das armaduras de pré-esforço, e do Decreto-Lei 390/2007, no caso das redes electrossoldadas de pequeno diâmetro, passou a ser obrigatória a certificação destes produtos, sendo exigido unicamente a concessão de uma Licença para o Uso da Marca Produto Certificado para estes produtos puderem ser comercializados.

No entanto, produtos de carácter inovador, não abrangidos por normas europeias, harmonizadas ou não, ou normas portuguesas ou outra especificação oficial, necessitam de homologação pelo LNEC antes de serem colocados no mercado.

3.3 Certificação

Em Portugal, na ausência de normas europeias harmonizadas aplicáveis citadas no JOUE - Jornal Oficial da União Europeia, a certificação de produtos de aço utilizados como armaduras de betão armado é concretizada através da atribuição da Licença ao Uso da Marca “Produto Certificado” por uma entidade independente acreditada para o efeito pelo IPAC.

Contudo, o procedimento utilizado actualmente em Portugal para a certificação de armaduras para betão armado não difere muito daquele previsto na marcação CE, já que as normas harmonizadas EN 10080 e prEN 10138[16] especificam sistemas de avaliação da conformidade para a marcação CE do tipo 1+, o sistema mais exigente. Assim existem as figuras do controlo interno, do controlo externo e certificado de conformidade do produto. As principais diferenças incidem sobretudo na amostragem a submeter a ensaio (número de provetes, vazamentos e diâmetros envolvidos) para os controlos de concessão e de acompanhamento e também no próprio tipo de ensaios a realizar. Neste último domínio é de assinalar não estar previsto na norma EN 10080 o recurso a ensaios cíclicos alternados, o que constitui uma regressão relativamente ao nível de exigência actualmente requerido no modelo de Marca “Produto Certificado”. Como tal, não é indiscutível que em Portugal sejam anulados e substituídos os procedimentos de certificação nacionais com a entrada em vigor da marcação CE.

A atribuição desta Licença é feita de acordo com procedimentos elaborados com base em normas europeias e prevê, fundamentalmente, duas formas de controlo do produto: (i) a execução de ensaios realizados, em paralelo, pelo fabricante e por um laboratório externo acreditado (ii) e a análise do controlo interno da produção do fabricante.

O processo de certificação engloba, as seguintes fases: (i) Concessão e (ii) Acompanhamento.

Visto considerar-se demasiado exaustiva a descrição do processo de certificação de todos os produtos abrangidos pelo Decreto-Lei nº. 390/2007, irá ser apenas descrito o processo relativo aos varões de aço para betão armado que, representam uma parte significativa dos produtos certificados no nosso país.

A fase de concessão é iniciada quando o fabricante solicita, à entidade certificadora, a certificação do seu produto. Esta entidade realiza então uma auditoria em que, para além serem verificadas as condições de fabrico e de controlo interno da produção², é realizada uma recolha de amostras. Sendo a unidade de inspecção o vazamento, são então recolhidas um determinado número de amostras de um número predefinido de vazamentos. As amostras são recolhidas em duplicado (provetes contíguos) para serem ensaiadas pelo fabricante e por um laboratório externo acreditado (ensaios de concessão).

Cada amostra contém os provetes necessários para a realização dos ensaios descritos no Quadro 3.

Os ensaios de concessão visam caracterizar o produto e atestar a sua conformidade com as especificações LNEC aplicáveis.

Os resultados dos ensaios realizados num laboratório externo acreditado são analisados e comparados com os resultados obtidos pelo fabricante, com objectivo de verificar a conformidade do produto e despistar erros sistemáticos que possam ocorrer nos ensaios de controlo interno da produção, realizados pelo fabricante.

O LNEC emite um parecer técnico, sob a forma de Nota Técnica, no qual se (i) apresentam os resultados obtidos nesta análise, (ii) identificam as principais anomalias do produto, (iii) apresentam as diferenças nos resultados obtidos nos ensaios realizados pelas duas entidades e (iv) propõem as medidas preventivas e/ou correctivas a implementar.

² O controlo interno deve basear-se no seguinte: todos os elementos, requisitos e disposições adoptados pelo fabricante serão sistematicamente documentados sob a forma de normas e procedimentos escritos. Essa documentação do sistema de controlo da produção deve assegurar uma compreensão comum das garantias de qualidade e permitir verificar a obtenção das características exigidas do produto e a funcionalidade efectiva do sistema de controlo da produção.

A entidade certificadora, com base na nota técnica e nos resultados da auditoria por si realizada, decide então a concessão, ou não, da Licença para o Uso da Marca “Produto Certificado”. Caso seja atribuída a licença, o fabricante entrará na fase de acompanhamento, caso contrário, é agendada uma nova colheita de amostras e o processo repete-se.

Após a concessão da certificação, os fabricantes entram, como foi referido anteriormente, na fase de acompanhamento. Este acompanhamento é semestral, no caso dos varões de aço, redes electrossoldadas, treliças e redes electrossoldadas de pequeno diâmetro, e trimestral, no caso dos fios e cordões para pré-esforço.

Assim, voltando ao exemplo dos varões de aço para betão armado, é realizada semestralmente uma auditoria em que, para além ser verificada a manutenção ou melhoria das condições de fabrico e de controlo interno da produção, é realizada uma nova recolha de amostras em duplicado para serem ensaiadas pelo fabricante e por um laboratório externo acreditado (ensaio de acompanhamento).

A amostragem e os ensaios realizados na fase de acompanhamento são os descritos no Quadro 4. Nesta fase, o parecer técnico do LNEC é baseado, não só na avaliação dos resultados obtidos nos ensaios de acompanhamento, mas também na análise do controlo interno da produção realizada pelo fabricante.

O controlo interno da produção é efectuado, realizando um certo número de ensaios com uma incidência pré-definida de acordo com o material em causa. Trimestralmente, são calculados parâmetros estatísticos (média, desvio padrão e os valores característicos mínimo e máximo) dos resultados obtidos e, no caso dos varões de aço, são semestralmente analisados pelo LNEC.

Com base na análise destes dois elementos, o LNEC elabora uma nota técnica. Esta nota técnica pode ter três conclusões diferentes. Pode confirmar a conformidade do produto e assim, a continuidade da Licença para o Uso da Marca “Produto Certificado”. Pode sugerir que, devido a anomalias detectadas no produto ou na realização dos ensaios, seja reforçado o controlo de acompanhamento (este reforço é realizado duplicando a amostragem de acompanhamento numa próxima auditoria). Finalmente pode ainda, e no caso de já terem sido realizados controlos reforçados, sem melhoria considerável da produção e/ou sem evidências de melhoria da proficiência para execução dos ensaios, ser sugerida a suspensão da Licença para o Uso da Marca “Produto Certificado”.

Quadro 3. Amostragem e ensaios realizados na concessão da certificação a varões de aço para betão armado.

Produto	CONCESSÃO							
	Amostragem		Nº total de ensaios					
	Diâmetros	Vazamentos	Tracção	Dobragem/Dobragem-desdobragem	Medição de nervuras	Det. Composição química	Cíclicos alternados	Fadiga
A400NR	3	2	6 x 10	6 x 10	6 x 10	6 x 1	-	-
A500NR	3	2	6 x 10	6 x 10	6 x 10	6 x 1	-	-
A500ER	2	2	4 x 10	4 x 10	4 x 10	4 x 1	-	-
A400NR SD	3	3	9 x 10	9 x 10	9 x 10	9 x 1	9 x 1	9 x 1
A500NR SD	3	3	9 x 10	9 x 10	9 x 10	9 x 1	9 x 1	9 x 1

Quadro 4. Amostragem e ensaios realizados no acompanhamento da certificação a varões de aço para betão armado.

Produto	ACOMPANHAMENTO							
	Amostragem		Nº total de ensaios					
	Diâmetros	Vazamentos	Tracção	Dobragem/Dobragem-desdobragem	Medição de nervuras	Det. Composição química	Cíclicos alternados	Fadiga
A400NR	1	1	1 x 10	1 x 10	1 x 10	1 x 1	-	-
A500NR	1	1	1 x 10	1 x 10	1 x 10	1 x 1	-	-
A500ER	1	1	1 x 10	1 x 10	1 x 10	1 x 1	-	-
A400NR SD	2	1	2 x 10	2 x 10	2 x 10	2 x 1	2 x 1	2 x 1
A500NR SD	2	1	2 x 10	2 x 10	2 x 10	2 x 1	2 x 1	2 x 1

4. CONTROLO A JUSANTE

O controlo a montante, i.e. a certificação, diz mais respeito ao produtor e ao fabricante no sentido em que constitui um elemento que permite atestar perante o mercado a eficácia do controlo interno da qualidade dos produtos implementado. O cliente que compre um produto certificado tem a garantia que o processo de fabrico foi auditado por uma entidade externa independente, e que estatisticamente a produção cumpre o especificado em normas ou outros documentos técnicos. No entanto, a obrigatoriedade da certificação dos produtos de aço para betão armado e pré-esforçado retirou o carácter diferenciador que este instrumento possuía enquanto voluntário.

Adicionalmente ao controlo a montante, é necessário o controlo dos produtos a jusante por vários motivos:

- Todas as estruturas devem cumprir, com um grau apropriado de fiabilidade³, requisitos essenciais de resistência e funcionalidade. A filosofia actual de dimensionamento de estruturas consiste em assegurar os requisitos essenciais através da verificação de vários Estados Limites, expressos por via de modelos simples que incluem variáveis (acções, propriedades materiais, propriedades geométricas) definidas por valores característicos⁴, sendo-lhes aplicados factores de segurança para ter em conta, no caso dos materiais, entre outros factores, a possibilidade de um desvio desfavorável (interpretado como uma variação aleatória) das propriedades do material em relação aos valores característicos. No caso do aço para armaduras ordinárias e de pré-esforço o coeficiente de segurança equivale 1,15. Este valor foi definido no Eurocódigo 1992-1-1 a partir de, um coeficiente de variação da resistência do aço igual a 4% e um índice de fiabilidade igual a 3,8. Deste modo, se o aço a aplicar em obra apresentar uma dispersão superior a 4%, é possível manter a mesma probabilidade de rotura da estrutura, se forem adoptadas uma das seguintes medidas: (i) diminuir as outras fontes de incerteza, (ii) aumentar o coeficiente de segurança aplicado ao material, ou (iii) diminuir o tempo de vida útil da estrutura.
- Não é possível garantir que o produto certificado colocado em obra cumpre as exigências mínimas, já que os requisitos especificados para o controlo interno e externo nos procedimentos de certificação aplicam-se a uma amostragem aleatória da produção e não a toda a produção. Na circunstância de isso não suceder, o que é possível dado que os valores característicos representam um percentil, normas como a EN 10080 e o Eurocódigo 1992-1-1 definem que a média dos valores individuais deve exceder o valor característico mais um parâmetro positivo que depende da propriedade, e limitam o desvio por defeito dos valores individuais em relação ao valor característico.

Estes dois factos levam a que se adoptem medidas preventivas durante a recepção em obra dos materiais de construção, como a introdução da figura de ensaios de aceitação [10, 17], de modo a diminuir a probabilidade de um material com propriedades fora dos limites especificados seja aplicado.

Neste sentido foi publicada em 2007 pelo IPQ – Instituto Português da Qualidade, a norma Portuguesa NP ENV 13670-1. Esta pré-norma, que se insere num quadro normativo mais vasto representado na Figura 8, estabelece o nível de execução requerido quando se ligam materiais tais como betão fresco, armaduras, etc. numa estrutura que atinge o nível de resistência mecânica e estabilidade pretendido.

O Documento Nacional de Aplicação (DNA) da NP ENV 13670-1 especifica que enquanto aos varões de aço para betão armado e pré-esforçado não for aposta a marcação CE, estes produtos devem satisfazer o Regulamento de Betão Armado e Pré-esforçado (REBAP).

Esta pré-norma estabelece na sua secção 11 três classes de inspecção (classe de inspecção 1, 2 e 3), e os seus requisitos. Pretende-se com a inspecção assegurar que as obras são executadas em

³ Fiabilidade: capacidade de uma dada estrutura, em determinadas condições, cumprir os requisitos essenciais para os quais foi projectada, durante um período de tempo de referência.

⁴ Denomina-se valor característico da propriedade de um material o valor estatístico ao qual existe 95% de probabilidade de os valores nominais serem superiores.

conformidade com a NP ENV 13670-1 e com as disposições das especificações de projecto⁵. O Quadro 5 apresenta o guia para a selecção das classes de inspecção.

Com a publicação do Decreto-Lei 301/07 tornou-se obrigatório para as estruturas objecto das classes de inspecção 2 e 3 estabelecidas na NP ENV 13670-1, a aceitação das armaduras de aço, também pelo utilizador, através da inspecção e dos ensaios de recepção previstos na NP ENV 13670-1, feitos em laboratórios acreditados, podendo a amostragem ser efectuada, no local da entrega destes produtos na obra, pelo produtor sob controlo do utilizador.

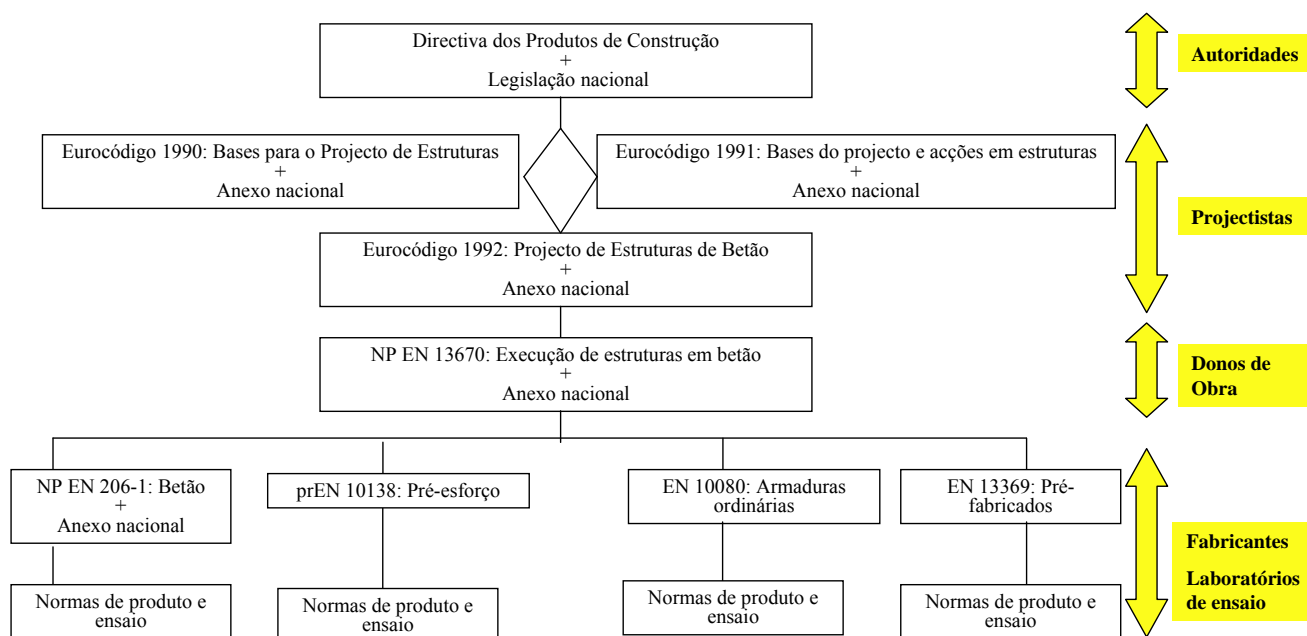


Figura 8. Panorama normativo de estruturas de betão armado e pré-esforçado.

Para as estruturas objecto da classe de inspecção 1, os ensaios de recepção apenas são obrigatórios quando estabelecidos nas especificações de projecto, podendo sempre ser solicitados pelo utilizador ou pelas entidades de supervisão (director técnico da obra ou entidade fiscalizadora), em caso de dúvida sobre a conformidade das armaduras com as disposições específicas da NP ENV 13670-1.

Quadro 5. Guia para a selecção das classes de inspecção.

Item	Classe de inspecção 1	Classe de inspecção 2	Classe de inspecção 3
Tipo de construção	– Edifícios ≤ 2 andares	– Pontes correntes – Edifícios > 2 andares	– Pontes especiais – Edifícios de grande altura – Grandes barragens – Reservatórios
Tipo de elementos estruturais	– Lajes e vigas em betão armado com vãos < 10 m – Pilares e paredes simples – Estruturas de fundações simples	– Lajes e vigas em betão armado com vãos > 10 m – Pilares e paredes esbeltas – Maciços de	– Elementos fortemente comprimidos – Fundações delicadas e complicadas

⁵ As especificações de projecto fazem parte dos documentos elaborados pelo projectista, nas quais devem constar a descrição de todos os produtos a utilizar e quaisquer requisitos para a sua aplicação, em particular as classes de inspecção a considerar, a definição do responsável pela inspecção, os ensaios de recepção de produtos sem Marcação CE ou certificação por entidade independente.

Tipo de materiais em obra:		encabeçamento de estacas	
Betão conforme a EN 206:			
Classe de resistência	Até C25/30 inclusive	Qualquer	Qualquer
Classe de exposição	X0; XC1, XC2, XA1, XF1	Qualquer	Qualquer
Armaduras	Passivas	Passivas e de pré-esforço	Passivas e de pré-esforço

Como tal deve ser seguido o seguinte procedimento para que um produto de aço para a construção em betão armado seja colocado em obra:

- Com a guia de remessa de cada fornecimento entregue na obra, devem ser apresentados ao dono de obra ou a quem o represente: o certificado do produtor ou o relatório dos ensaios feitos pelo produtor correspondente ao aço fornecido, o documento de classificação dos aços pelo LNEC (se aplicável) e, a licença para o uso da marca produto certificado;
- Para efeito dos ensaios de recepção das armaduras de aço, a realizar em laboratório acreditado, devem ser constituídos lotes⁶ dos quais são retiradas amostras para a realização dos ensaios obrigatórios (tracção, geometria das nervuras, corte das soldaduras). Os resultados obtidos devem satisfazer os valores prescritos nas especificações LNEC aplicáveis.

O número mínimo de amostras a colher em cada lote e as dimensões deste são as seguintes:

- Para as armaduras de aço ordinárias: 1 amostra por cada 50 toneladas;
- Para as armaduras de aço de pré-esforço: 1 amostra por cada 25 toneladas.

As propriedades das armaduras de aço a verificar na recepção por meio de ensaios sobre provetes cortados de cada amostra, e o número destes provetes, são os indicados no Quadro 6.

Quadro 6. Ensaios de recepção.

Propriedades/características	Número de provetes a ensaiar em cada amostra de				
	Armaduras ordinárias		Armaduras de pré-esforço		
	Varões	Redes electrosoldadas	Fios	Cordões	Varões
Mecânicas (incluindo ductilidade)	2	1 em cada direcção	2	2	2
Aderência (geometria das nervuras)	1	1 em cada direcção	—	—	—
Resistência ao corte da soldadura	—	1	—	—	—

Se para determinada propriedade se obtiver um valor não conforme, a amostragem deve ser repetida com o dobro das amostras. Caso se repita algum resultado não conforme, o lote deve ser rejeitado.

Quando as especificações de projecto exigirem ensaios de recepção de outras propriedades (por exemplo, fadiga ou relaxação), deve ser estabelecido nessas especificações o método de ensaio, o plano de amostragem e os critérios de aceitação.

REFERÊNCIAS

[1] LOURO, A.S.; PIPA, M.; POMPEU SANTOS, S. - Qualidade dos aços para betão em Portugal. Normalização e Certificação. In Congresso Nacional da Engenharia de Estruturas - ESTRUTURAS 2002. Lisboa: LNEC, 2002.

⁶ Lote é a divisão do fornecimento constituída por, simultaneamente, provir do mesmo produtor e ser do mesmo tipo de aço (e no caso de aço de pré-esforço, do mesmo diâmetro).

- [2] LOURO, A.S.; FALCÃO, J.T.; PIPA, M. - Qualidade dos aços para betão em Portugal. Perspectivas futuras. In Encontro Nacional Sobre Qualidade e Inovação na Construção - QIC 2006. Lisboa: LNEC, 2006.
- [3] REBAP – Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado, Decreto-Lei n° 349-C/83, de 30 de Julho.
- [4] Directiva do Conselho 89/106/CEE [2], de 21 de Dezembro de 1988, relativa aos Produtos da Construção.
- [5] Decreto-Lei n.º113/93 de 10 de Abril.
- [6] Decreto-Lei n.º 4/2007, de 8 de Janeiro.
- [7] Decreto-Lei n.º 128/99, de 21 de Abril.
- [8] Decreto-Lei n.º 28/07 de 12 de Fevereiro.
- [9] Decreto-Lei n.º 390/2007 de 10 de Dezembro.
- [10] NP ENV 13670-1 – Execução de estruturas em betão Parte 1: Regras gerais, Julho 2007.
- [11] Decreto-Lei 301/07 de 23 de Agosto.
- [12] EN ISO 15630-1:2002 – Steel for the reinforcement and prestressing of concrete- Test Methods- Part 1: Reinforcing bars, wire rod and wires (ISO 15630-1:2002).
- [13] EN ISO 15630-2:2002 – Steel for the reinforcement and prestressing of concrete - Test methods - Part 2: Welded fabric (ISO 15630-2:2002).
- [14] EN 10080:2005: E – Steel for the reinforcement of concrete – Weldable reinforcing steel – General, Maio 2005.
- [15] NP EN 1992 - 1-1: 2005 – Eurocódigo 2: Projecto de estruturas de betão – Parte 1- 1: Regras gerais e regras para edifícios.
- [16] Draft prEN10138 – Prestressing steels - Part 1: General requirements, Setembro 2005.
- [17] “Documento 0 para la revisión de la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)”, Março 2007, Ministerio de Fomento.