

In: SIMPÓSIO EPUSP SOBRE ESTRUTURAS DE CONCRETO, São Paulo,  
SP, 22-24 agosto 1989. Anais. v.2, p.691-703

ASPECTOS SOBRE O PROJETO DE NORMA DE ARGAMASSA ARMADA



João Bento de Hanai

EESC-USP

Mounir Khalil El Debs

EESC-USP

José Samuel Giongo

EESC-USP

0792035

|             |         |
|-------------|---------|
| SYSNO       | 0792035 |
| PROD        | 003512  |
| ACERVO EESC |         |

## ASPECTOS SOBRE O PROJETO DE NORMA DE ARGAMASSA ARMADA

João Bento de Hanai      Mounir Khalil El Debs      José Samuel Giongo  
Prof. Associado              Prof. Doutor              Assistente  
Escola de Engenharia de São Carlos  
Universidade de São Paulo

### 1. INTRODUÇÃO

Apesar da argamassa armada ter sido pesquisada e empregada no Brasil desde o início da década de 60, foi a partir do início da década de 80 que as aplicações deste material apresentaram um grande impulso com a instalação de unidades industriais para a produção de canais de drenagem, componentes para a construção de escolas, creches, etc..

Embora já se sentisse a necessidade de normalização do material, foi na realização do 10. Simpósio Nacional de Argamassa Armada, realizado na EPUSP em julho de 1986, em São Paulo, que se resolveu elaborar uma norma para a argamassa armada no Brasil.

Com esse objetivo, foi instalada em setembro de 1986, na Associação Brasileira de Normas Técnicas, no âmbito do CB-18 - Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados - e SCB 18:05 - Produção e Execução de Pastas, Argamassas e Concreto, a Comissão de Estudos de Argamassa Armada - CE 18:05.14.

Passados quase três anos, entra em apreciação e votação por parte dos sócios daquele comitê da ABNT, o primeiro fruto dessa Comissão que é o Projeto de Norma intitulado "Projeto e Execução de Argamassa Armada - Procedimento".

O sumário do projeto de norma contém os seguintes capítulos: 1 - Objetivo, 2 - Normas Complementares, 3 - Definições, 4 - Condições Gerais, 5 - Controle de Qualidade e Inspeção e 6 - Aceitação.

Neste artigo é apresentado sucintamente o trabalho desenvolvido pela Comissão, onde são destacados os pontos julgados mais importantes.

## 2.DIRETRIZES GERAIS

O conceito de argamassa armada apresentado no projeto de norma - "A argamassa armada podendo ser vista como tipo particular de concreto armado, deve ser objeto de todos os cuidados inerentes a essa tecnologia, além dos estabelecidos nesta norma" - sintetiza a forma com que o material está sendo considerado, ou seja, a argamassa armada é um tipo particular de concreto armado, e como tal deve ser considerado.

As principais particularidades da argamassa armada em relação ao concreto armado, são as seguintes:

- pequenas espessuras (máxima espessura convencional 40mm);
- pequenos valores de cobrimento da armadura (de 4 a 6mm);
- qualidade da argamassa (máximo fator água cimento 0,45, diâmetro máximo do agregado, em geral, 4,8mm);
- emprego de telas de aço soldadas, tecidas ou de metal expandido, com aberturas limitadas;
- maior controle de execução com relação às espessuras e ao cobrimento;

Desta forma, no projeto de norma estão estabelecidas as recomendações que são empregadas no concreto armado, adaptadas às particularidades da argamassa armada.

No projeto de norma está sendo enfatizado, mediante recomendações e indicações mais explícitas, o uso de telas soldadas e construções pré-moldadas, em razão da maior experiência brasileira nas aplicações da argamassa armada desta forma.

### 3. MATERIAIS

#### 3.1- Argamassa

Na composição da argamassa permite-se a utilização de cimento Portland comum, conforme a NBR 5732, cimento de alta resistência inicial, conforme a NBR 5733, cimento Portland de alto-forno, conforme a NBR 5735 e o cimento Portland pozolânico e conforme a NBR 5736.

Com relação ao agregado, aplica-se o disposto na NBR 6118 e na NBR 7211, no que se refere ao agregado miúdo dos concretos usuais. A dimensão máxima característica não deve ser superior a  $1/4$  da menor dimensão da peça e a  $1/2$  da menor abertura de telas de aço singelas ou da abertura resultante no caso de telas justapostas.

Os cuidados a se tomar com relação à água de amassamento são os indicados na NBR 6118.

Se forem usados aditivos, estes devem obedecer à NBR 9062, sendo rigorosamente proibidos os que contenham cloreto de cálcio ou quaisquer outras substâncias que possam favorecer a corrosão das armaduras.

As propriedades que a argamassa deve ter são as seguintes:

- a) massa específica não inferior a  $1.800 \text{ Kg/m}^3$ ;
- b) índice de absorção de água da argamassa no estado endurecido, quando determinado de acordo com a NBR 9778, não deve exceder a 8%;
- c) a resistência característica à compressão não deve ser inferior a 25MPa;
- d) diâmetro máximo do agregado, em geral, 4,8mm.

Os parâmetros para projeto são:

- a) a resistência característica à compressão da argamassa deve atender às classes indicadas na NBR 8953;
- b) na falta de determinação experimental, pode-se adotar:
  - resistência característica à tração conforme o disposto na NBR 6118;
  - módulo de deformação longitudinal à compressão igual a 80% do valor calculado conforme o disposto na NBR 6118, para cálculo do módulo tangente;
  - coeficiente de Poisson relativo às deformações igual 0,20;
  - coeficiente de dilatação térmica para variações normais de temperatura igual a  $10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

Na dosagem experimental da argamassa, a relação água/cimento máxima admitida é de 0,45. A trabalhabilidade deve ser compatível com as dimensões da peça a ser moldada, tipo e distribuição das armaduras e processos de adensamento a serem utilizadas.

### 3.2- Armaduras

O diâmetro dos fios de aço que compõem as telas não deve ser inferior a 0,56mm nem superior a 3,00mm. No caso de telas expandidas, a espessura das lâminas não deve ser inferior a 0,30mm e nem superior a 1,60mm. A maior dimensão das malhas das telas de aço não deve ser superior a:

- a) 50mm no caso de telas de aço soldadas;
- b) 25mm no caso de telas de aço tecidas;
- c) 38mm no caso de telas de aço expandidas;

Os parâmetros para projeto são os seguintes:

- a) o diagrama tensão deformação do aço é o disposto na NBR 6118;
- b) o módulo de deformação longitudinal das telas de aço soldadas é adotado igual ao do aço que os compõem.

#### 4- EXECUÇÃO

No caso das fôrmas, aplica-se no geral o indicado nas normas NBR 6118 e na NBR 9062 .

A tolerância no controle das espessuras é de  $\pm 3\text{mm}$ , mas não superior a 10% da espessura, e no cobrimento da armadura é de  $\pm 2\text{mm}$ .

Cuidados especiais são indicados na preparação da armadura, manuseio, transporte, armazenamento e posicionamento na fôrma.

No preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura aplica-se o indicado nas normas citadas.

#### 5. PROJETO ESTRUTURAL

##### 5.1- Ações e segurança

A concepção das formas estruturais deve atender à utilização mais plena possível das propriedades da argamassa armada, compatibilizando os esforços solicitantes na estrutura com a resistência e a rigidez das peças, como que deve ocorrer com qualquer outro material.

As ações e a segurança devem ser verificados com o disposto na NBR 8681 e na NBR 6118.

Para avaliação do peso próprio, admite-se o peso específico de  $24 \text{ KN/m}^3$ .

Os estados limites últimos e de utilização a serem considerados são os definidos na NBR 6118.

Na verificação da resistência, os coeficientes de ponderação da argamassa e do aço são os prescritos na NBR 6118- ( $\gamma_c = 1,4$  e  $\gamma_s = 1,15$ ).

As solicitações são multiplicadas por coeficientes de ponderação, que varia conforme as combinações de ações e o estado limite que está sendo verificado. Para o estado limite de utilização este coeficiente vale, em geral, 1,0 e para o estado limite último vale, em geral, 1,4.

## 5.2- Estado Limite último

É tratada, no projeto de norma, a verificação do estado limite último correspondente à ruína por ruptura e por deformação plástica excessiva. Tanto para as solicitações normais (compressão, tração, flexão), como para as solicitações tangenciais (cisalhamento e torção), os modelos de cálculo são os mesmos indicados pela NBR 6118. Fornece-se também algumas indicações para simplificação de cálculo em razão da armadura na argamassa armada estar em vários níveis.

## 5.3- Estado Limite de Utilização

São tratados os estados limites de formação de fissuras, estado limite de fissuração inaceitável e estado limite de deformações excessivas.

O cálculo no estado limite de formação de fissuras é feito com base nas seguintes hipóteses:

- a) a deformação de ruptura à tração da argamassa é igual a  $f_{tk} / E_{ct}$ , sendo  $E$  o módulo de deformação longitudinal à tração da argamassa. Na falta de dados precisos permite-se adotar  $E_{ct} = E_c / 2,7$ ;

b) na flexão, o diagrama de tensões de compressão na argamassa é triangular (regime elástico); a tensão na zona tracionada é uniforme e igual a  $f_{tk}$ , multiplicando-se a deformação de ruptura da alínea a) por 1,5;

c) as seções transversais planas permanecem planas.

Deve ser sempre levado em conta o feito da retração. Como simplificação, nas situações correntes, esse efeito pode ser considerado supondo-se a tensão de tração igual a  $0,75 f_{tk}$  e desprezando-se a armadura.

Estas hipóteses são as mesmas indicadas pela NBR 6118/78. Nota-se então que não está sendo considerado nenhum aumento na resistência à tração do material referente à primeira fissura.

Para o estado limite de fissuração inaceitável, são fornecidos os seguintes limites para aberturas características das fissuras:

- 0,10mm no caso de peças em ambientes expostos;
- 0,15mm no caso de peças em ambientes protegidos.

É fornecida expressão para avaliar a abertura característica das fissuras apenas para armadura constituída de telas de aço soldadas com fios paralelos ao eixo de peça, que é a seguinte:

$$w_k = 1,658 \cdot s \cdot \epsilon_s$$

onde:

$$s = s_1 \quad \text{se} \quad s_1 \geq e$$

$$s = 1,8 \cdot s_1 \quad \text{se} \quad 1,8 s_1 \leq e$$

$$s = e \quad \text{se} \quad 1,8 s_1 > e \quad \text{e} \quad s_1 < e$$

$$s_1 = 1,5 \left( c + \frac{\phi}{2} \right) + 0,16 \frac{\phi}{\rho_r}$$

- $s$  = espaçamento entre fissuras  
 $s_1$  = espaçamento de referência entre fissuras  
 $c$  = espaçamento entre os fios da tela transversais ao eixo da peça

$$E_s = \frac{1}{E_s} \cdot \left( \sigma_s - \frac{1}{2} \cdot \frac{f_{tk}}{\rho_r} \right) = \text{deformação média da armadura mais tracionada da seção.}$$

$E_s$  = módulo de deformação longitudinal do aço

$\sigma_s$  = tensão em serviço da armadura

$f_{tk}$  = resistência característica à tração

$\rho_r = \frac{A_s}{A_c}$  = taxa geométrica da armadura de acordo com a NBR 6118

$\phi$  = diâmetro do fio da tela na direção do eixo da peça

$c$  = cobrimento da armadura.

Para o estado limite de deformações excessivas, seguem-se em linhas gerais as indicações para o concreto armado, conforme mostram os valores indicados para as curvaturas  $1/r$  para o cálculo dos deslocamentos, transcritos na tabela 1.

TABELA 1 - Valores das curvaturas (1/r)

| Tipos de ações                                                                      | Curta duração                        | Longa duração                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Região com pequena probabilidade de formação de fissuras<br>( $M_{\max} \leq M_r$ ) | $\frac{M}{0,85 \cdot E_c \cdot I_h}$ | $\frac{M \cdot \phi_{cc}}{0,85 \cdot E_c \cdot I_h}$ |
| Região com grande probabilidade de formação de fissuras<br>( $M_{\max} > M_r$ )     | $\frac{M}{0,85 \cdot E_c \cdot I_r}$ | $\frac{M \cdot \phi_{cc}}{0,85 \cdot E_c \cdot I_r}$ |

Onde:

$E_c$  = módulo de deformação longitudinal;

$I_h$  = momento de inércia da seção homogeneizada, que simplifcadamente pode ser considerado igual a  $I_c$ ;

$I_c$  = momento de inércia da seção geométrica;

$I_r$  = momento de inércia da seção fissurada, que simplifcadamente pode ser considerado igual a  $I_{II}$ ;

$I_{II}$  = momento de inércia da seção no estágio II;

$\phi_{cc}$  = coeficiente que considera o efeito da influência da argamassa;

$M_{\max}$  = momento máximo;

$M_r$  = momento de fissuração.

702

É permitido considerar a variação de rigidez ao longo de uma peça fletida mediante o momento de inércia equivalente, fornecido pela fórmula de Branson (ACI).

#### 5.4- Disposições construtivas

Apresentam-se a seguir as principais particularidades da argamassa armada em relação ao concreto referentes as disposições construtivas.

- espessura mínima: 12mm;
- armadura mínima de telas: uma tela de aço para espessuras menores que 20mm e duas para espessuras maiores que 20mm;
- taxa mínima de armadura de telas igual a 0,3%;
- cobrimento da armadura: 4mm no caso de peças em ambiente protegido e 6mm para peças em ambiente medianamente agressivo.

#### 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a entrada em vigor da norma de argamassa armada espera-se que haja uma maior penetração das aplicações do material do mercado, pois atualmente existem ainda algumas restrições ao emprego do material devido a falta da normalização.

Os valores e critérios estabelecidos pela futura norma deverão ser aferidos e adequados, com base em observações das obras ao longo do tempo.

## 7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Associação Brasileira de Normas Técnicas e aos demais membros da comissão. A Comissão CE 18:05.14-001 é composta por: J.B. Hanai (presidente); J.S.Giongo (secretário); M.R.El Debs; A.C. Vasconcelos, A.W. Ballarin (secretário ad-hoc); A.G. Chamelete; P.E.F. Campos; H.C. Rodrigues Filho; L. Cremasco; L. Ferreira e Silva; H.A. de Azevedo, W.A. Nimir; M.V.C. Agnesini; A.R. Migliore Júnior.