

MACROFIBRAS SINTÉTICAS PARA PISOS INDUSTRIAIS - ESPECIFICAÇÕES

O presente documento foi elaborado pelo Comitê Técnico de Fibras da ANAPRE - Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho e tem como objetivo orientar especificadores, construtores, executores de pisos e consumidores nas melhores práticas para a execução de pisos de concreto com fibras.

1. Definição

Macrofibras sintéticas são fibras utilizadas em estruturas de concreto, compostas por uma diversa gama de polímeros, e têm como objetivo aumentar a resistência residual pós-fissuração do concreto, tornando-o mais dúctil.

As fibras sintéticas tipo monofilamentos, multifilamentos ou fibriladas, que são utilizadas para controlar fissuras por retração plástica, não são abordadas neste documento.

2. Características

Para serem caracterizadas como macrofibras sintéticas, as fibras deverão apresentar as seguintes características:

2.1 Diâmetro equivalente (de): deverá ser superior a 0,3mm, com tolerância individual de $\pm 50\%$, não sendo tolerados desvios médios maiores que 5% ao valor de de declarado;

2.2 Comprimento unitário: da fibra deverá ser superior a 40mm, com tolerância individual de $\pm 5\%$, não sendo tolerados desvios médios superiores a 5% do comprimento declarado;

2.3 Módulo de elasticidade: deve ser maior que 2,0 GPa, sem limitação para o valor máximo;

2.4 Tipo do polímero: deve ser reconhecidamente álcali resistente, como o polipropileno, poliamida(nylon) e polietileno.

É obrigatório que o fornecedor das fibras declare o tipo de polímero utilizado na fabricação das mesmas. No caso de mesclas, a porcentagem de cada polímero também deve ser declarada;

2.5 Tratamento superficial: entende-se por tratamento superficial qualquer ação promovida na superfície da fibra com o objetivo de melhorar sua performance estrutural e sua facilidade de dispersão. Os tratamentos superficiais podem ser químicos, quando aditivos são incorporados à superfície da fibra; ou físicos, quando algum tipo de rugosidade é imposta à superfície da fibra com o objetivo de melhorar a ancoragem fibra-concreto. Caso a macrofibra sintética receba algum tipo de tratamento superficial, químico ou físico, o tipo e a quantidade deverão ser declarados pelo fornecedor. Dar-se-á o direito ao fornecedor de não declarar informações consideradas como segredo industrial.

2.6 Forma da fibra: não há restrições quanto à forma da fibra, desde que haja homogeneidade no fornecimento. Caso sejam empregadas mesclas com fibras de diferentes formatos, a proporção de cada uma deve ser especificada pelo fornecedor.

2.7 Propriedades térmicas: deverão ser declarados pelo fornecedor as temperaturas de transição vítrea e decomposição, ponto de amolecimento e ponto de ignição das fibras.

MACROFIBRAS SINTÉTICAS PARA PISOS INDUSTRIAIS - ESPECIFICAÇÕES

Quando as macrofibras sintéticas forem compostas por mesclas de fibras de diferentes polímeros, as propriedades térmicas apresentadas devem ser a do polímero que representa a condição mais desfavorável.

3.Desempenho

As macrofibras sintéticas deverão oferecer as seguintes características mínimas ao concreto:

3.1 Tenacidade - as macrofibras sintéticas deverão apresentar fator de tenacidade mínimo de 30% (Re,3) para suas dosagens comerciais, sendo que esse índice poderá ser medido através das normas JSCE-SF04 / 1984 ou ASTM C 1609 / 2006. Entende-se por “dosagens comerciais” aquelas compreendidas entre 2 e 6kg/m³ de concreto por serem as correntes no mercado;

3.2 Durabilidade - não há ensaios normatizados para determinar a resistência das macrofibras inseridas em matrizes cimentícias. Porém, é necessário que o fornecedor apresente laudo que demonstre que as macrofibras não apresentam perdas de massa e também de desempenho do material ao serem inseridas em meios alcalinos, conforme recomendação dos ensaios descritos no Anexo 1.

4.Recomendação para especificação em projeto das macrofibras

O projetista deverá indicar claramente no projeto o valor do Re,3, especificando se este parâmetro corresponde ao valor médio ou valor característico e, neste caso, o nível de significância desejado.

Cabe ao fornecedor estipular o consumo de macrofibra de maneira a se garantir o desempenho mínimo (Re,3) especificado em projeto.

O fornecedor deverá comprovar através de resultados de ensaios o desempenho da macrofibra sintética a ser fornecida. Para tal, elege-se as normas JSCE SF4/1984 e ASTM C 1609/2006 como as recomendadas para se medir a tenacidade do concreto com macrofibras sintéticas.

O projeto poderá fazer referência a este documento citando: “De acordo com ANAPRE CF 003/2011 - MACROFIBRAS SINTÉTICAS PARA PISOS INDUSTRIAIS - ESPECIFICAÇÕES”.

MACROFIBRAS SINTÉTICAS PARA PISOS INDUSTRIAIS – ESPECIFICAÇÕES

Anexo I

ENSAIOS DE DURABILIDADE DE MACROFIBRAS SINTÉTICAS POLIMÉRICAS

1) Resistência química a álcalis: o procedimento de ensaio abaixo foi adaptado das seguintes normas:

- a) ICBO AC32/1999: International Conference of Building Officials: Acceptance Criteria for Concrete with Synthetic Fibers
- b) ASTM D 543/2006 Standard Practices for Evaluating the Resistance of Plastics to Chemical Reagents
- c) ASTM D2792/2010: Standard Test Method for Solvent and Fuel Resistance of Traffic Paint
- d) C 1666/C 1666M/2007: Standard Specification for Alkali Resistant (AR) Glass Fiber for GFRC and Fiber-Reinforced Concrete and Cement
- e) ASTM D6942/2008: Standard Test Method for Stability of Cellulose Fibers in Alkaline Environments
- f) ABNT NBR 14590: 2000: Pasta celulósica – Determinação da resistência a soluções de hidróxido de sódio.

1.1 Materiais e equipamentos necessários

- a) Amostra de fibras;
- b) Solução de hidróxido de sódio 1 mol/L (40g/L, pH 14);
- c) Recipiente de plástico (preferencialmente de polipropileno) de 350mL, com tampa. Evite o uso de potes de vidro;
- d) Funil analítico;
- e) Bagueta de vidro;
- f) Vidro relógio;
- g) Filtro de papel;
- h) Balança semi-analítica com precisão de 0,01g;
- i) Estufa com circulação de ar.

1.1 Materiais e equipamentos necessários

- a) Amostra de fibras;
- b) Solução de hidróxido de sódio 1 mol/L (40g/L, pH 14);
- c) Recipiente de plástico (preferencialmente de polipropileno) de 350mL, com tampa. Evite o uso de potes de vidro;
- d) Funil analítico;
- e) Bagueta de vidro;
- f) Vidro relógio;
- g) Filtro de papel;
- h) Balança semi-analítica com precisão de 0,01g;
- i) Estufa com circulação de ar.

1.2 Procedimento experimental

- a) Pesar, aproximadamente, 10,00g da fibra. Registrar a massa utilizada;
- b) Introduzi-la no recipiente e, em seguida, preenchê-lo com 300g da solução de hidróxido de sódio;
- c) Fechar o recipiente e estocá-lo na estufa a 60°C durante 30 dias;
- d) Depois de passado esse período, retirar a fibra da solução, com o auxílio da bagueta, do funil e do filtro de papel;
- e) Lave-a bem, sob água corrente, para retirar todo o excesso da solução que possa permanecer;

MACROFIBRAS SINTÉTICAS PARA PISOS INDUSTRIAIS - ESPECIFICAÇÕES

Anexo I

f) Com o auxílio de um vidro relógio, secar as amostras em estufa a 60°C durante 4 horas. Se detectado que a fibra não ficou totalmente seca, mantê-la na estufa por período suficiente para que toda a água de lavagem evapore;

g) Após secagem, registrar a massa das amostras.

OBS.: Esse ensaio necessita ser realizado com três amostras do mesmo material para obtenção de um resultado médio.

1.3 Critério de aceitação

A massa média obtida após o ensaio deve ser superior a 98,0% da massa inicial, ou seja, admiti-se perda de massa de até 2,00%. Além disso, deve-se analisar a superfície da amostra, checando se houve algum tipo de degradação devido ao ataque dos agentes agressivos.

1.4 Observações gerais

Deve-se respeitar a relação de massas de fibra e de solução de hidróxido de sódio indicada no procedimento experimental (1:30).

Esse ensaio é bastante acelerado quando comparado às condições normais de utilização da fibra (considera-se o pH da pasta de cimento próximo de 12,5 - 13,0).

A literatura internacional a respeito da durabilidade de diferentes polímeros em meio alcalino aponta o polipropileno e o polietileno como exemplos de materiais alcali resistentes. O poliéster (PET) sofre hidrólise quando submetido ao meio alcalino e por isso degrada-se quando submetido a este meio.

2) Determinação da tenacidade

Conforme citado no TR 65, pode-se avaliar a tenacidade conferida pelas fibras que foram utilizadas no ensaio de resistência à álcalis.

2.1 Materiais e equipamentos necessários

a) Amostra de fibra utilizada no ensaio de resistência a álcalis e amostra de fibra conforme recebimento;

b) Materiais e equipamentos para produção de concreto de fck de 30MPa;

c) Equipamento para ensaio de determinação da tenacidade, segundo JSCE-SF4-1984 ou ASTM C1609-2006.

OBS.: A amostra de fibra deve ser suficiente para produzir 8 corpos-de-prova de concreto de 15x15x50cm na dosagem indicada pelo fabricante para se obter $R_{e,3} > 30\%$. Então, o ensaio de resistência à álcalis, descrito no item 1, deve ser realizado com massa de fibra adequada, respeitando-se a relação 1:30 (massa de fibra: massa de solução de hidróxido de sódio).

2.2 Procedimento experimental

a) Moldar dois conjuntos de 8 corpos-de-prova de concreto reforçado com fibras. No primeiro conjunto, utilizar as fibras conforme recebidas (amostra de referência). No segundo conjunto, utilizar as fibras utilizadas no ensaio de resistência à álcalis;

b) Realizar cura adequada (câmara úmida ou imersão em solução saturada de hidróxido de cálcio) até o dia anterior à realização do ensaio;

c) Ensaiar, aos 28 dias, os corpos-de-prova segundo JSCE-SF4-1984 ou ASTM C1609-2006 (preferencialmente pelo segundo método, por ser utilizado sistema fechado de controle de deformação);

MACROFIBRAS SINTÉTICAS PARA PISOS INDUSTRIAIS - ESPECIFICAÇÕES

Anexo I

d) Determinar o fator de tenacidade de cada corpo-de-prova e determinar o resultado médio para cada conjunto.

2.4 Referências bibliográficas

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. ASTM C1609. Standard test method for flexural performance of fiber-reinforced concrete (using beam with third-point loading). Philadelphia, 2006. 8 p.;

CONCRETE SOCIETY. Guidance on the use of macro-synthetic-fiber-reinforced concrete. Technical report 65, The Concrete Society, Camberley, 2007, 76p.;

ICBO EVALUATION SERVICE. Acceptance criteria for concrete with synthetic fibers. ICBO Evaluation Service, Inc., California, 1999;

THE JAPAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. JSCE-SF4. Method of tests for flexural strength and flexural toughness of steel fiber reinforced concrete. Concrete library of JSCE. Part III-2 Method of tests for steel fiber reinforced concrete. n. 3, p. 58-61, 1984.

CEMENT AND CONCRETE RESEARCH - Degradation of recycled PET fibers in Portland cement-based materials. Elsevier, 2004.

WASTE MANAGEMENT - Factors affecting degradation of polyethylene terephthalate (PET) during pre-flotation conditioning. Elsevier, 2009