

EFEITO DO USO DA FIBRA DE POLIPROPILENO EM CONCRETOS DE SERGIPE SOB ALTAS TEMPERATURAS

Euler Wagner Freitas Santos
euler.wagner@ifs.edu.br

Luiz Alberto Cardoso dos Santos
lacsantos@ifs.edu.br

Larissa Amaral Santos
larissa.santos.amaral@hotmail.com

Marcelo Matos Brandão Rocha Filho
marcelinhaaguair1@hotmail.com

Maxsuel Araújo dos Santos
maxsuel.araujo08@gmail.com

Ciro Lionel de Oliveira Felix
ciro.lionel@hotmail.com

Resumo – O concreto sofre uma grande perda de resistência mecânica à compressão em circunstâncias de um alto aquecimento, como no caso de incêndios em estruturas de concreto armado. Vários estudos mostram que o emprego de fibras sintéticas na massa de concreto atenua o efeito das pressões internas que surgem mediante altas temperaturas. A incorporação de fibras de polipropileno se destaca como atenuante do processo de lascamento explosivo (*spalling*) do concreto. Assim, o presente estudo visa analisar o comportamento do concreto estrutural com fibras de polipropileno quando exposto a elevadas temperaturas, adotando-se para isso concretos usualmente utilizados em estruturas no Estado de Sergipe. Para viabilidade e realização do estudo, adotou-se dois traços de concretos locais (classe C25 e C40), moldando-se corpos de prova com os parâmetros de dosagem correspondentes a essas classes de resistência, adicionando-se fibras de polipropileno em alguns deles. No estudo serão observados ainda o impacto das duas faixas de temperatura de exposição, na resistência e compacidade do concreto a partir dos ensaios de ultrassom e ruptura à compressão dos corpos de prova, em idades de secagem diferentes. Os resultados possibilitarão avaliar o efeito do comportamento do concreto após exposição ao calor, tanto em relação a mitigação do *spalling* devido a incorporação da fibra de polipropileno, como também no que diz respeito a influência da classe

de resistência, da temperatura de exposição ao fogo e do tempo de secagem no nível de dano provocado pelas altas temperaturas nos concretos estudados.

Palavras-Chave: lascamento do concreto; incêndio; estruturas.

INTRODUÇÃO

O concreto tem suas propriedades modificadas quando esse material é exposto ao calor (NEVILLE, 2016). Diversos estudos apontam que o concreto perde cerca de 25% de sua resistência mecânica à compressão quando aquecida a valores na ordem de 300°C (ROBERT *et al.*, 2014).

No concreto armado propriamente dito, Costa (2008) observou que este tornasse mais sensível com o aumento e duração do aquecimento, ocasionando a redução da aderência entre as barras de aço.

De acordo com Brites e Costa (2011), o fenômeno físico conhecido por *spalling* define-se como sendo o deslocamento de camadas ou pedaços de concreto da superfície de um elemento estrutural em exposição a temperaturas elevadas, proveniente do cenário de um incêndio.

Pensando em minimizar sequelas ocasionadas no concreto exposto ao incêndio, Phan (2002) observou em seus experimentos que uma alternativa seria a adição de fibras de polipropileno nas misturas do concreto.

Segundo Robert *et al.* (2014), as fibras de polipropileno começam a se fundir a 170°C, e, a 340°C, elas vaporizam-se, o que provoca o aumento da permeabilidade do material, permitindo a redução da pressão no interior dos poros e diminuído assim o risco de lascamento e pipocamento. Behnood e Ghandehari (2009) em seus estudos chegaram na conclusão que a adição de 2kg/m³ de fibra de polipropileno pode promover significantes propriedades mecânicas para o concreto de alta resistência durante aquecimento.

Dessa forma, dado o ineditismo de estudos com essa incorporação de fibras em concretos locais, a presente pesquisa tem o intuito de analisar os efeitos da fibra de polipropileno incorporada no concreto com traços convencionais de Sergipe, permitindo o entendimento do comportamento desse compósito mediante eventual situação de incêndios em estruturas de concreto armado locais e daí o conhecimento das condições necessárias para que haja eficácia de seu uso.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realização dos ensaios, foram concretados corpos de prova (CP's), de acordo com a ABNT NBR 5738:2016, com resistências (FCK) de 25MPa e 40MPa, correspondentes aos limites mínimo e máximo de resistências de concreto usais no Estado.

De acordo com RILEM (2007), 90 dias é a idade mínima para conseguir avaliar bem a influência dos quesitos maturidade, umidade e grau de hidratação do concreto quando exposto a altas temperaturas. Assim, além de 90 dias como mínimo, irá adotar-se também a idade de 120 dias como referência, para avaliar em um período de tempo de secagem maior. E nessas idades, o concreto será submetido a faixas de temperatura de 150°C a 200°C e 300°C a 400°C, visando verificar as transformações físico-químicas que ocorrem no material, onde na primeira faixa já evidencia o início da perda de resistência do concreto, e na segunda tanto

ocorrem perdas mais notáveis de resistência, como também se desencadeia o *spalling*.

MATERIAL E MÉTODOS

Quanto as fibras de polipropileno, a proporção adotada foi de 2kg/m³, dosagem recomendada por outros estudos com essa fibra. A dosagem do concreto foi realizada com base em traços de concretos de uma concreteira atuante no Estado de Sergipe.

Tratamento e amostragem

O quadro mostra a quantidade de corpos de prova e a divisão com relação a cada classe de resistência, taxa de aquecimento e idade dos corpos de prova.

Quadro 1. Esquematização dos corpos de prova.

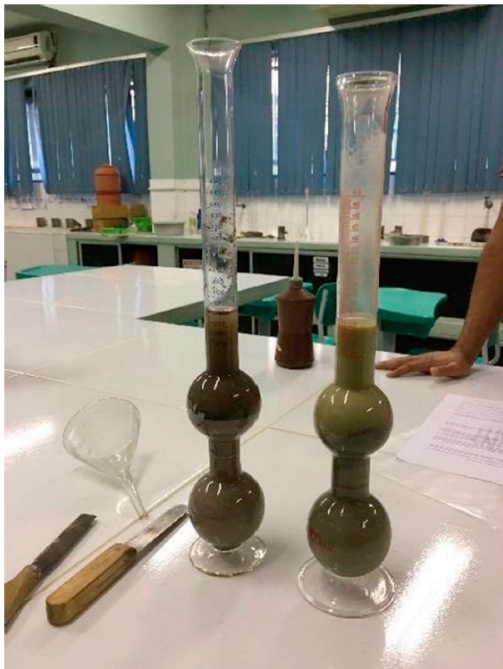
FCK (MPa)	Tempo (dias)	Aquecimento (°C)	N° de CP's	
			sem fibra	com fibra
25	90	sem aquecer	2	-
		150 a 200	2	2
		300 a 400	2	2
	120	sem aquecer	2	-
		150 a 200	2	2
		300 a 400	2	2
40	90	sem aquecer	2	-
		150 a 200	2	2
		300 a 400	2	2
	120	sem aquecer	2	-
		150 a 200	2	2
		300 a 400	2	2
Total de CP's			24	16
			40	

Fonte: O autor.

Diante da quantidade de CP's e dos traços, calculou-se o quantitativo de insumos para execução da moldagem deles. Anteriormente, na separação dos materiais foi necessário realizar procedimentos para corrigir a quantidade de água no traço devido a umidade das areias. Então executou-se o ensaio do Frasco de Chapman (ABNT NBR 9775:2011) nos agregados miúdos (ver figura 1). Nesse momento também colocou-se a brita na estufa para secagem.

Logo após pode-se separar os materiais, realizar a molgagem e o ensaio de *Slump Test*, normatizado pela ABNT NBR NM 67:1998. As figuras 2 e 3 apresentam imagens dos dois últimos procedimentos mencionados.

Figura 1. Ensaio com o Frasco de Chapman.



Fonte: O autor.

Figura 2. Moldagem dos corpos de prova.



Fonte: O autor.

Figura 3. Ensaio de Slump Test.



Fonte: O autor.

Depois de 24 horas os corpos de prova foram desmoldados e submetidos a cura úmida por imersão durante 7 dias (ver figura 4). Após esse período, os CP's foram colocados em secagem nas condições de temperatura ambiente, como mostra a figura 5, até alcançar as idades citadas anteriormente no quadro 1.

Figura 4. Cura dos corpos de prova.



Fonte: O autor.

Figura 5. Secagem dos corpos de prova.



Fonte: O autor.

Ao atingir as idades anteriormente citadas, serão procedidos os ensaios de ultrassom (ABNT NBR 8802:2019) para obtenção da velocidade de propagação da onda ultrassônica, precedendo-se os aquecimentos em forno industrial. Após os aquecimentos, os CP's serão novamente submetidos aos ensaios de ultrassom, e, por último, serão rompidos à compressão axial para obtenção da resistência à compressão, segundo ensaio regido pela ABNT NBR 5739:2018.

Análise estatística

Com a pandemia e o conseqüente distanciamento social, que culminou na prorrogação dos prazos de entrega de relatórios e de término de execução dos projetos, a realização da concretagem, moldagem e cura dos corpos de prova tiveram que ser adiadas.

Essas etapas, previstas para o mês de março no cronograma inicial, ocorreram apenas no final do mês de julho, uma vez que, entre outros fatores, requerem uso dos laboratórios e do acompanhamento dos técnicos do setor. Assim, por ser recomendável pelo RILEM (2007), o mínimo de 90 dias para o concreto atender os quesitos de maturidade, umidade e grau de

hidratação, as próximas etapas, que envolvem obtenção de resultados de experimentos, ainda serão realizadas. Esses estágios do estudo, que consistem nos ensaios de ultrassom, aquecimento e rompimento dos corpos de prova, deverão ocorrer após as idades de secagem de 90 e 120 dias, ou seja, nos finais dos meses de outubro e novembro.

A partir dos dados obtidos com esses ensaios, serão analisadas as seguintes informações: avaliação da resistência dos corpos de prova, através do ensaio de compressão axial; avaliação qualitativa da integridade do concreto (ou nível de deterioração/dano) através da determinação da velocidade de propagação de pulsos ultrassônicos e da avaliação visual do efeito da presença da fibra de polipropileno na mitigação do deslocamento do concreto.

Importante salientar que há no estudo concretos com e sem fibras de polipropileno, e ainda que alguns corpos de prova serão rompidos na temperatura ambiente, e outros rompidos em determinadas taxas de aquecimento, além das duas idades distintas para realização dos ensaios e duas classes de resistência (conforme quadro 1).

Serão comparados os CP's de referência (sem fibras e rompidos em temperatura ambiente) com os CP's aquecidos (com e sem fibras) para verificar a eficácia e influência das fibras de polipropileno no comportamento do concreto. Serão calculadas ainda as médias dos valores obtidos para cada classe de resistência e taxa de aquecimento, nas idades em estudo (90 dias e 120 dias), visando possibilitar análises comparativas, entre os concretos de mesma classe de resistência, com e sem fibra, submetidos a taxas de aquecimento e tempo de secagem distintos; e ainda avaliar os mesmos parâmetros, mas tendo como principal variável as classes de resistência adotadas.

Pretende-se, em função dos resultados, avaliar mediante indicadores estatísticos, tais como desvio padrão e variância, eventuais resultados inconsistentes de medições nos corpos de prova, bem como a aplicação de coeficientes, como de regressão linear, para tratar o comportamento de curvas que relacionam as variáveis em estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como observado por Silva (2016) e Rodrigues e Montardo (2002), espera-se que a fibra cause uma interferência positiva em relação a atenuar os efeitos da propagação de trincas com a conseqüente possibilidade de deslocamento explosivo do concreto. De acordo com Dias (2019), é esperado que após o aquecimento, a presença da fibra diminua as fissuras e os deslocamentos com relação aos que não possuem fibras. Espera-se ratificar que quanto maior a temperatura a que o concreto é exposto, maior é a perda de resistência.

Na realização do ultrassom espera-se observar também que até a temperatura de 300°C os corpos de prova não apresentem níveis de danos suficientes para provocar elevadas reduções da velocidade do pulso ultrassônico (DIAS, 2019). Após o ensaio de ultrassom, os corpos de prova irão ser submetidos ao ensaio de resistência mecânica à compressão. No ensaio de resistência mecânica à compressão poderá ser percebida a perda de resistência dos corpos de prova após o aquecimento. Na faixa de temperatura próxima de 400°C é esperada uma perda superior a 30% dessa resistência (SILVA, 2016).

CONCLUSÕES

Mediante os resultados do projeto, espera-se ratificar o observado em concretos já estudados em outras regiões, quanto ao efeito positivo da utilização das fibras de polipropileno em concretos empregados no estado de Sergipe, para atenuar o efeito danoso da exposição a altas temperaturas.

Pretende-se ainda contribuir para aprofundar estudos em andamento sobre concretos locais em situação de incêndios, no que diz respeito aos efeitos de elevadas temperaturas na integridade das estruturas em concreto armado.

Por fim, tem-se a intenção de contribuir para avaliar o efeito da idade de aquecimento no comportamento do concreto sob altas temperaturas, tendo em vista a necessidade

de melhor representar os concretos reais empregados em estruturas de concreto armado.

Subsidiar futuros projetos que tratem sob concretos em altas temperaturas, é também objeto do presente estudo.

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 5738: **Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** Rio de Janeiro, 2016.

ABNT. NBR 5739: **Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2018.

ABNT. NBR 8802: **Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica.** Rio de Janeiro, 2019.

ABNT. NBR 9775: **Agregado miúdo – Determinação do teor de umidade superficial por meio do frasco de Chapman – Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 2011.

ABNT. NBR NM 67: **Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 1998.

BEHNOOD, A.; GHANDEHARI, M. **Comparison of compressive and splitting tensile strength of high-strength concrete with and without polypropylene fibers heated to high temperatures.** Fire Safety Journal, 44(8), p. 1015-1022, 2009.

BRITEZ, C. A.; COSTA, C. N. **Ações do Fogo nas Estruturas de Concreto.** In: Geraldo Isaia. (Org.). *Concreto: Ciência e Tecnologia.* 1 ed. São Paulo: Ibracon, 2011, cap. 29, p. 1029-1068.

COSTA, C. N. **Dimensionamento de elementos de concreto armado em situação de incêndio.** Tese de doutorado, USP, São Paulo, SP, Brasil, 2008.

DIAS, D. M. **Concreto reforçado com fibras poliméricas submetido a temperaturas elevadas**. 207 f. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFES, Vitória, 2019.

NEVILLE, A.M. **Propriedades do Concreto**. 5a ed., Porto Alegre, Bookman, 2016.

PHAN, L.T. High-strength concrete at high temperature: an overview. In: **Building and fire research laboratory**. Gaithersburg: National Institute of Standard and Technology, 2002. Disponível em: < <https://www.nist.gov/el/firesearch-division-73300>>. Acesso em: set. 2020.

ROBERT, G.; COLINA, H.; DEBICKI, G. “A durabilidade do concreto mediante ao fogo.” In: OLIVIER, J.-P. et al. (Eds.). **Durabilidade do Concreto - Bases científicas para formulação de concretos duráveis de acordo com o ambiente**. 1a ed., chapter 12, São Paulo, Brasil, IBRACON, 2014. Belo Horizonte, 2002

RODRIGUES, P. P.; Montardo, J. P. **A influência da adição de fibras de polipropileno nas propriedades dos concretos para pisos e pavimentos**. 44º Congresso Brasileiro de Concreto Belo Horizonte, 2002.

RILEM. **Materials and Structures. Parte 1-Introduction:**”Recommendation of RILEM TC 200- HTC: mechanical concrete properties at high temperatures—modelling and applications”. v. 40, pp.855–864, 2007.

SILVA, V. P. **Projeto de Estruturas de Concreto em Situação de Incêndio**. 2a ed. São Paulo, Brasil, Blucher, 2016.