

# Tese avalia resistência de estruturas de concreto em situação de incêndio

**Estudo concentra-se na observação de quanto do material se desprende em lascas**

CARMO GALLO NETTO

carmo@reitoria.unicamp.br

O comportamento do concreto em situação de incêndio orienta linha de pesquisa desenvolvida no Laboratório de Estruturas e Construção Civil, do Departamento de Estruturas da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC) da Unicamp, em projeto temático da Fapesp desenvolvido conjuntamente com as unidades de engenharia civil da USP de São Paulo e de São Carlos. As investigações são coordenadas na Universidade pelo professor Armando Lopes Moreno Junior. Ele orientou tese de doutorado de Adriana Aparecida Ambrosio de Souza, que desenvolveu método de ensaio para avaliar a tendência de desprendimento, de forma explosiva, de lascas de concreto quando em situação de incêndio. A pesquisadora avaliou a eficiência de seu método de ensaio em concretos com misturas usuais em nosso país e em concretos com resistências de até seis vezes maior que a normalmente utilizada.

Durante as situações de incêndio, são as reações da macroestrutura do material, como os lascamentos – chamados de *spalling* quando ocorrem de forma explosiva –, que podem contribuir para acelerar eventual ruína, seja devido à exposição da armadura ou diminuição da seção dos elementos estruturais.

O lascamento é um fenômeno que ainda não tem procedimentos normatizados para verificação em laboratório. Este fato motivou a autora da tese a desenvolver trabalho que resultou em proposta de um procedimento de ensaio que permite avaliar a tendência ao lascamento de misturas de concreto em situação de incêndio. Os resultados a levaram à conclusão de que esse fenômeno está relacionado principalmente ao tipo de agregado utilizado e à umidade do material. Mais que isso, ela concluiu que o procedimento proposto é eficaz na avaliação e determinação do tipo de dano causado no concreto submetido a altas temperaturas.

Os resultados comprovaram a possibilidade de explosão do concreto em situação de incêndio em que alguns materiais de alta resistência avaliados sofreram lascamentos explosivos quando aquecidos em acidente simulado em laboratório. A metodologia desenvolvida permite descartar a utilização de certas misturas, não adequadas às situações de incêndio, que percam resistência ou provoquem ferimentos a ocupantes ou bombeiros.

Em decorrência da proposta e paralelamente, a pesquisadora se propôs a desenvolver procedimento que pudesse ser transformado em norma brasileira. Os resultados obtidos levaram a elaboração da primeira versão do projeto de norma encaminhado à Associação Brasi-



Adriana Aparecida Ambrosio de Souza, autora da tese: procedimento pode ser transformado em norma técnica

leira de Normas Técnicas (ABNT), onde está em discussão para que se inicie um processo que poderá gerar, segundo Adriana, a adoção de um procedimento que certamente incorporará outras sugestões.

A autora esclarece que a normatização prescreverá procedimentos que garantam o comportamento dos vários tipos de concreto face às situações de fogo. Ela chama a atenção para o fato de que, em relação à segurança ao fogo, as Normas Técnicas NBR (Norma Brasileira Regulamentada) – da ABNT apresentam conceitos baseados em normas internacionais adaptadas às condições nacionais.

A pesquisadora estudou concretos usuais nas obras da região de Campinas, preparados nas dosagens oferecidas pelas usinas. Esses concretos apresentam variação do cimento, dos agregados e dos aditivos. Ela lembra que na região se usa basalto, pedra mais resistente que o calcário, e que neles a composição de carbonatos e silicatos têm composição variável e dependente da jazida de origem.

O estudo concentrou-se na observação de quanto do material se desprende em lascas, de forma explosiva ou não. Esse desprendimento, inclusive, possibilita a exposição ao fogo das barras de aço do elemento estrutural que podem sofrer ruptura prematuramente,

diminuindo o tempo necessário de evacuação dos ocupantes. Adriana esclarece que os danos no aço exposto se dão já a partir dos 500 graus, ao passo que no concreto ocorrem próximos aos mil graus.

O ensaio proposto, explica, possibilita o redimensionamento de mistura de concreto que apresenta o problema em laboratório, alterando quantidades de materiais ou acrescentando outros de forma a garantir segurança em situação de incêndio da estrutura ao prevenir o lascamento explosivo.

## Experimentos

Para as observações experimentais foram preparados prismas de concreto em dosagens usuais com dois tipos de brita (pedra) utilizadas no país. Uma vez curados e secos, os prismas são então devidamente fixados em uma janela do forno de aquecimento, que simula, eletronicamente, a elevação de temperatura em razão do tempo durante um incêndio (padrão). Ligado o forno, a temperatura atinge 600 graus em apenas 5 minutos e continua a crescer de maneira mais branda, até alcançar cerca de 1.250 graus em 120 minutos. O ensaio restringe-se aos primeiros 60 minutos.

Adriana explica que existem curvas padrões de aquecimento construídas em função do tempo

e da temperatura que simulam incêndios em edifícios ou mesmo em túneis. Com base nelas é possível estabelecer o tempo de aquecimento que permite alcançar a temperatura desejada. Nessas condições, ela avaliou 72 amostras de concreto.

Uma vez naturalmente frias, as amostras são então submetidas à avaliação visual do lascamento e da fissuração. No trabalho, foi tentada uma quantificação do fenômeno por grau de fissuração e de perda de massa. A mensuração, segundo a pesquisadora, deve gerar muita discussão no meio técnico científico, antes que se proponha uma padronização e é alvo, atualmente, de intensa discussão pelo grupo de pesquisadores da Unicamp.

Apesar de os danos causados pelo aquecimento no concreto não terem determinação quantitativa, Adriana afirma: “Fizemos a classificação das ocorrências observadas e estamos propondo um procedimento que possa conduzir a uma normatização técnica”. Ou seja, para verificar se um concreto tem a tendência ao lascamento, ele poderá vir a ser submetido a testes de laboratório que permitam determinar o seu comportamento em função da classificação desenvolvida e, se for o caso, propor alterações na mistura com vistas à redução de danos.

A pesquisadora explica que a normatização apresentaria uma

classificação de danos em relação a fissuras ou lascamentos em função da resistência de cada mistura avaliada. Com isso, se poderá propor, em vista da resistência desejada, o que deve ser feito para diminuir o dano provocado pelo fogo.

Adriana esclarece que no Brasil não existem padrões estabelecidos para esses fins, o que não permite comparar resultados. Segundo ela, essa normatização na realidade não existe em nenhum país. Em relação aos trabalhos que estão sendo desenvolvidos, alguns pesquisadores fizeram análises de laboratório que não se tornaram procedimentos; outros estão tentando melhorar suas propostas para conseguir a normatização.

Adriana lembra que essa linha de pesquisa é recente no Brasil e por isso há ainda muito a desenvolver e estudar – ela foi uma das pioneiras nesses estudos já na iniciação científica, há cerca de dez anos. “O que já pesquisamos em relação a concreto é muito pouco, porque tudo que se muda na sua formulação influencia em suas características. Por exemplo, a alteração do teor de água com vistas à obtenção de um concreto mais poroso influi no comportamento em relação ao fogo. Na preparação do concreto usa-se cimento, agregado, água, areia, e aditivos vários nas mais diferentes dosagens para atender às mais diversas finalidades”, acrescenta. Hoje não se produzem mais concretos sem aditivos e os utilizados para aumentar a resistência têm, por exemplo, influência no comportamento em relação ao aquecimento. Todos os fatores intervinientes têm que ser levados em consideração nos estudos, o que não é fácil, considera a pesquisadora.

Em razão das sugestões apresentadas durante a defesa da tese e seguindo tendência atual, Adriana está montando um projeto para o pós-doutorado com vistas à utilização de materiais reciclados ou do meio ambiente misturados ao agregado para aplicá-los na construção. “Vamos começar a verificar o comportamento desses materiais em relação ao fogo. Podemos fazer misturas em várias proporções com o agregado e até trocá-lo totalmente”, revela.

Entre os vários materiais alternativos, podem ser utilizados cacos de cerâmicas, tijolos, telhas, porcelana e borracha de pneus. Ela lembra que hoje existem no mercado bancos de resíduos, pois os materiais descartáveis em um processo não são mais jogados e tudo é comercializado.

Por fim, o professor Armando Moreno constata que “nos últimos 50 anos, temos visto o crescente interesse internacional dos pesquisadores na investigação do comportamento do concreto em situação de incêndio. Em nosso país, o interesse é recente. Recente também é a normatização sobre o tema. O avanço se dá em termos de normatização e simulação numérica, mas ainda muito deve ser feito em termos de simulação em laboratório. Talvez, o grande empecilho seja o elevado custo destes equipamentos, tanto é que ainda não existem no Brasil grandes fornos para avaliação de elementos estruturais em situação de incêndio”.

## Publicação

Tese: “Processo de ensaio para verificação em laboratório da tendência ao lascamento do concreto em situação de incêndio”

Autora: Adriana Aparecida Ambrosio de Souza

Orientador: Armando Lopes Moreno Junior

Unidade: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC)

Financiamento: Fapesp