

# SPALLING NO CONCRETO

Orientado: André T. Yamashiro

Orientador: Prof.: Dr.: Armando Lopes Moreno Júnior

FEC

Faculdade de Engenharia Civil,  
Arquitetura e Urbanismo

CNPq



Palavras-Chave: Spalling – Incêndio.



50MPa 1:1,43:3,57:0,38 7 dias forno

## Introdução

As estruturas de concreto apresentam boa resistência quando submetidas a elevadas temperaturas (como em um incêndio) em virtude das características térmicas do material, no entanto a estrutura de concreto pode estar sujeita a um colapso por instabilidade da peça, isso porque o incêndio provoca a redução da resistência do concreto à tração e compressão, além da acentuada redução do módulo de deformação, o que faz com que a estrutura perca a sua rigidez.

O lascamento explosivo ou spalling ocorre na matriz do concreto onde se desenvolvem tensões de origem térmica, que influenciam na desintegração das regiões superficiais dos elementos estruturais (NAKANO (2005) apud PURKISS (1996)).

Na maioria das vezes, os lascamentos explosivos estão relacionados ao comportamento da pasta de cimento, devido à ação combinada da pressão nos poros e das tensões térmicas internas induzidas por gradientes internos, esse fato pode ocorrer nos concretos de alta resistência em função de sua matriz compacta (BUCHANAN (2000)).

## Discussões/ Conclusões

Foi observado grande aumento da resistência do concreto com a adição de sílica ativa. O traço denominado 1 difere do traço 0 (zero) pela adição de 10% de sílica ativa em relação ao cimento.

O que se observou foi um aumento de 35,4% na resistência do concreto com a adição da sílica atingindo o valor médio de 74,77 MPa aos 28 dias contra os 55,20 MPa do traço 0, da pesquisa anterior.

O mesmo ocorreu com o traço 2, o traço de um outro projeto de pesquisa já concluído pelo Laboratório de Estruturas da Unicamp encontrou o valor de 63MPa aos 28 dias, com a adição de 10% de sílica ativa se atingiu o valor de 83MPa, representando um aumento de 32%.

A incidência de spalling de qualquer intensidade entre os traços 0, 1 e 2 indicou que quanto maior a resistência do concreto maior a probabilidade de lascamentos explosivos, já que para os concretos de alta resistência a liberação da pressão interna de vapor durante o aquecimento é dificultada em função de sua matriz muito compacta. Quando as massas se encontram saturadas a pressão interna de vapor se eleva, ultrapassando a capacidade de liberação de vapores pelos poros e nestes casos, o spalling pode ocorrer nos primeiros 30 minutos em que a estrutura está em contato com o fogo, e isto porque a umidade livre influencia muito na pressão de vapor e o fator água/cimento (além da sílica ativa neste projeto) atua na permeabilidade do material (NAKANO (2005)).

Na comparação dos resultados dos ensaios para a idade de 7 e 28 dias do concreto chegou-se às seguintes conclusões: para o traço 1 houve aumento de 14% na resistência à tração dos 7 para os 28 dias, e de 30% na resistência à compressão; para o traço 2 houve aumento de 13% na resistência à tração e de 9% na resistência à compressão.

Apesar de aos 28 dias o concreto apresentar maior resistência, indicando uma matriz mais compacta o que impediria o transporte de gases e vapor pela estrutura do concreto gerando tensões que culminariam com o spalling, aos 7 dias existe a possibilidade de lascamentos prematuros, apesar da umidade livre poder trazer efeitos benéficos na resistência do concreto em altas temperaturas (NAKANO (2005) apud NOUMOWE et al (1996)). Tal fato teve grande incidência neste projeto, onde o spalling mais intenso ocorreu nos corpos de prova com idade de 7 dias, a intensidade do lascamento foi tão alta que inviabilizou a execução dos ensaios, e, aos 28 dias observou-se spalling menos intenso com pequenas porções do corpo de prova sendo removidas pela exposição à altas temperaturas.

Não se pode realizar comparações ou chegar a conclusões com relação às placas paralelepípedicas porque nenhuma delas sofreu spalling. O que se pode inferir com relação à mudança de coloração das placas e corpos de prova é que isso é devido a mudança de textura e composição, expansão e destruição dos cristais presentes na estrutura do concreto em elevadas temperaturas.

Também se observa a elevadíssima perda do módulo de deformação do concreto quando exposto às altas temperaturas. Juntamente com a redução de sua resistência à compressão e tração, a redução do módulo de deformação leva a estrutura a uma perda de rigidez, tornando a estrutura apta a um colapso por instabilidade da peça (NAKANO (2005)).

Observa-se também que o concreto de maior resistência é mais afetado quando exposto ao incêndio e tem uma maior perda em sua resistência à tração e compressão e também ao valor de módulo de deformação.

Se atribui a incidência de spalling nesse projeto à utilização da sílica ativa, já que o projeto anterior utilizou-se do mesmo traço, a exceção da presença da sílica, e não se atingiu o spalling dos corpos de prova cilíndricos mesmo com o forno tendo o seu rendimento em 100%. Vale lembrar que neste projeto as placas foram ensaiadas presas a um suporte que substituiu a porta do forno, sendo necessário desligar um conjunto de resistores do forno e consequentemente reduzindo o seu rendimento. Portanto mesmo com o forno não seguindo do modo que se desejava a curva ISO834, tendo taxas de elevação inferiores à indicada pela curva, atingiu-se o spalling.

## Metodologia.

Para cada estudo das variáveis foram executados 7 corpos de provas, destes 7, 4 foram submetidos ao ensaio de compressão, e ainda destes 4, 3 foram submetidos ao ensaio de módulo de deformação, os 3 restantes foram submetidos ao ensaio de tração.

Também foram executadas 4 placas prismáticas (formato de paralelepípedos) para o estudo de cada variável.

São variáveis: 2 traços de concreto, 2 taxas de temperatura (sendo que uma é a taxa de temperatura ambiente, constituindo o grupo de controle da parte experimental deste projeto, e a temperatura de 700°C), 2 idades (7 dias e 28 dias), e, para as placas, ensaios com a placas imersas em água fornecida pelo sistema de abastecimento público durante 48 horas e ensaios com as placas em condições ambiente de umidade.

Para cada betonada foram moldados 30 corpos de prova cilíndricos (2 deles serviram de reserva para eventuais problemas de moldagem) e 8 placas paralelepípedicas. Assim, 15 corpos de prova correspondem a idade de 7 dias e o restante a idade de 28 dias.

Dos 15 corpos de prova (onde 1 deles é uma reserva para problemas de moldagem), 7 foram levados ao forno e atingiram a temperatura pico de 700°C segundo a curva ISO834, desses 7 corpos de prova, 4 foram levados ao ensaio de compressão e desses 4, 3 foram ensaiados para o módulo de deformação do concreto, os outros 3 foram ensaiados à tração. Realizou-se o mesmo para os outros 7 corpos de prova a temperatura ambiente (padrão de comparação).

Das 4 placas, 2 foram deixadas imersas por 48 horas e 2 ficaram sob umidade ambiente. As 4 placas foram levadas ao forno na temperatura pico de 700°C, curva ISO834 e o fenômeno do spalling foi observado.

As placas foram ensaiadas encaixadas num suporte do forno, no intuito de simular uma face submetida ao incêndio e a outra face em uma temperatura menor. Para tanto foi necessário remover a tampa convencional do forno e desligar a parte elétrica que comandava os seus respectivos resistores, por consequência o rendimento do forno caiu e a temperatura que permitia as operações com o forno foi de no máximo 700°C

## Resultados

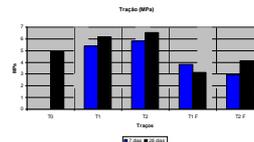


Gráfico 1: Comparação entre os valores de tração aos 7 e 28 dias para os traços 0, 1 e 2, em temperatura ambiente e a 700°C, indicado por "F".

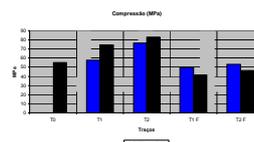


Gráfico 2: Comparação entre os valores de compressão aos 7 e 28 dias para os traços 0, 1 e 2, em temperatura ambiente e a 700°C, indicado por "F".

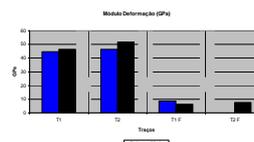


Gráfico 3: Comparação entre os valores de módulo de tração aos 7 e 28 dias para os traços 1 e 2, em temperatura ambiente e a 700°C, indicado por "F".

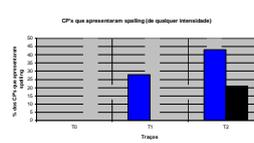


Gráfico 4: Comparação aos 7 e 28 dias para os traços 0, 1 e 2, dos corpos de prova que sofreram spalling parcial (lascamentos de partes do corpo de prova) e spalling total (lascamento inteiro que inviabilizou o ensaio, podendo ocorrer a destruição total do corpo de prova).

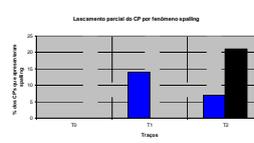


Gráfico 5: Comparação aos 7 e 28 dias para os traços 0, 1 e 2, dos corpos de prova que sofreram spalling parcial (lascamentos de partes do corpo de prova).

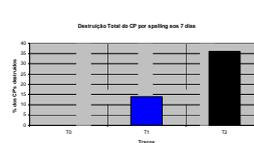


Gráfico 6: Comparação dos traços 0, 1 e 2 aos 7 dias para os corpos de prova que sofreram spalling total (lascamento intenso que inviabilizou o ensaio, podendo ocorrer a destruição total do corpo de prova). Note que não ocorreu esse tipo de spalling aos 28 dias para nenhum caso.