

O FENÔMENO DO LASCAMENTO (*SPALLING*) NO CONCRETO EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO

Gustavo John Roesner¹

Alexandre Vieira²

RESUMO

O concreto é um dos mais importantes e também completos materiais utilizados no setor da construção civil, tanto física como quimicamente, sobretudo quando exposto a altas temperaturas, como ocorre em uma situação de incêndio. Conquanto possua grande capacidade de isolar o calor proveniente da ação das chamas, evitando que a armadura interna seja facilmente atingida, mantendo suas propriedades mecânicas, ainda assim ele está suscetível a sofrer danos que podem interferir na sua resistência. Dentre todos, o lascamento (*spalling*) é um dos mais comuns, porém pouco compreendido dentro do universo da investigação de incêndio, sobretudo porque seu surgimento é tido como imprevisível ante a uma gama de fatores que interferem na sua ocorrência. Nesse diapasão, o presente trabalho científico objetiva traçar uma visão geral aos peritos e inspetores de incêndio, notadamente aqueles que atuam dentro do ciclo operacional do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, do que consiste o referido fenômeno e, mais especificamente, quais os mecanismos, seus tipos e fatores influenciadores. O método utilizado neste trabalho foi a pesquisa bibliográfica, através da apreciação de dissertações, teses e artigos científicos sobre o tema. Ao final, concluiu tratar-se o *spalling* de um fenômeno de desagregação de partículas do concreto, cuja análise pode fornecer informações relevantes para a investigação de incêndio, como a taxa de aquecimento, temperatura atingida e locais com maior concentração de queima.

Palavras-chave: Concreto. Incêndio. Altas temperaturas. Lascamento. *Spalling*.

1 INTRODUÇÃO

O concreto é um material amplamente utilizado na engenharia para construção de diversos tipos de estruturas, desde obras simples, como casas de alvenaria, até as mais complexas, a exemplo das usinas hidroelétricas.

Indiscutivelmente, é um dos mais importantes e também complexos materiais utilizados no setor da construção civil, tanto física como quimicamente, sobretudo quando exposto a altas temperaturas, como ocorre em uma situação de incêndio. Conquanto o concreto seja um mau condutor térmico e possua grande capacidade de isolar o calor

¹ 2º Tenente do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC). Perito em Incêndio e Explosão pelo CBMSC. Graduado em Direito pelo Complexo de Ensino Superior de Santa Catarina (CESUSC). Especialista em Gestão de Eventos Críticos pelo CBMSC. Email: roesner@cbm.sc.gov.br

² Tenente Coronel do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC). Perito em Incêndio e Explosão pelo CBMSC. Graduado em Engenharia Civil pela Universidade do Extremo Sul Catarinense. Especialista em Gestão de Eventos Críticos pela Universidade do Sul de Santa Catarina. E-mail: alexandreivieira@cbm.sc.gov.br

proveniente da ação das chamas, evitando que a armadura interna seja facilmente atingida, bem como suporte a ação da água proveniente do combate ativo do incêndio e o seu consequente resfriamento, mantendo por determinado tempo suas propriedades mecânicas, ainda assim ele está suscetível a sofrer danos que podem interferir na sua resistência.

Com efeito, a ação do calor sobre o concreto causará interferência nas propriedades estruturais do referido material. No universo das propriedades microestruturais, “a exposição ao calor elevado conduz a uma série de reações química e físicas nos materiais que acabam modificando suas propriedades físico-mecânicas”. Já com relação às propriedades macroestruturais, pode-se destacar as “deformações excessivas, *spalling*, que provocam fissuras, perda de secção resistente, redução da resistência à tração e à compressão, e também a redução do módulo de elasticidade do concreto, além da possibilidade de exposição da armadura” (COSTA, FIGUEIREDO, SILVA, ANDRADE, 2017).

Dentre todos esses efeitos, o lascamento (*spalling*) é pouco compreendido dentro do universo da investigação de incêndio, sobretudo porque seu surgimento é tido como imprevisível ante a uma gama de fatores que interferem na sua ocorrência. Nesse diapasão, o presente trabalho científico objetiva traçar uma visão geral aos peritos e inspetores de incêndio, notadamente aqueles que atuam dentro do ciclo operacional do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, do que consiste o referido fenômeno e, mais especificamente, quais os mecanismos, seus tipos e fatores influenciadores.

Com relação aos aspectos metodológicos, a abordagem do presente artigo científico será qualitativa, voltada à compreensão da problemática exposta, de forma aprofundada, sem se preocupar com a representatividade numérica, mas sim com o conhecimento doutrinário correlato ao assunto discutido. Além disso, visará traçar uma visão geral sobre o fenômeno do lascamento no concreto quando submetido a uma situação de incêndio; tendo, portanto, natureza aplicada. Quanto aos objetivos, terá viés descritivo, visto que descreverá como ocorre o lascamento, seus tipos, bem como os mecanismos e fatores influenciadores, com base no que já foi construído pela literatura, proporcionando aos que atuam como peritos ou inspetores de incêndio uma visão mais ampla das marcas do incêndio. No concernente aos procedimentos e técnicas, envolverá levantamento bibliográfico, o qual é realizado através do registro disponível e decorre de pesquisas pretéritas em diversos tipos de documentos, como livros, dissertações, artigos, etc. Para a realização de tal procedimento, foram utilizados no presente artigo as seguintes bases de dados: bibliotecas do Centro de Ensino Bombeiro Militar de Santa Catarina – CEBMSC, da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI, Portal de Periódicos CAPES, além dos trabalhos

científicos disponibilizados na internet, dentre outras (CERVO, BERVIAN, SILVA, 2007; VILAÇA, 2010).

2 LASCAMENTO DO CONCRETO (*SPALLING*)

2.1 CONCEITO

O lascamento do concreto, conhecido pelo termo em inglês *spalling*, trata-se de um fenômeno físico de desagregação do material, caracterizado pelo desprendimento – violento, gradual ou progressivo – das camadas ou elementos próximos à superfície, sujeitos à ação de altas temperaturas ou de gradientes térmicos elevados.

O concreto é um material heterogêneo, composto por diversos elementos (água, aglomerante, agregado miúdo e graúdo, aditivos, etc.), sendo que o lascamento da sua camada externa resulta essencialmente de dois processos no seu interior: termo-mecânico e termo-hidráulico (NINCE, 2006). O primeiro está relacionado com as tensões provocadas pelas deformações térmicas dos compostos. Já o segundo com a pressão decorrente da evaporação da água interna nos poros do concreto.

Em uma situação de incêndio, a água localizada no interior do concreto sofre alterações físicas e passa para o estado gasoso, resultando em um aumento na pressão e, por conseguinte, uma tentativa de fuga dos gases aquecidos para o meio exterior. Caso não haja a fuga do vapor da água e a resistência do concreto for insuficiente para suportar a tensão, haverá a ruptura da camada superficial, isto é, o *spalling* (SOUZA, SILVA FILHO, SILVA, PEREIRA, 2012)

2.2 MECANISMOS

Na literatura é possível encontrar três mecanismos para explicar a ocorrência do *spalling* no concreto. Devido: a) à pressão de vapor nos poros do concreto; b) tensões térmicas; e c) tensões térmicas associadas à tensão de vapor nos poros, a seguir abordadas.

2.2.1 Pressão de vapor nos poros do concreto

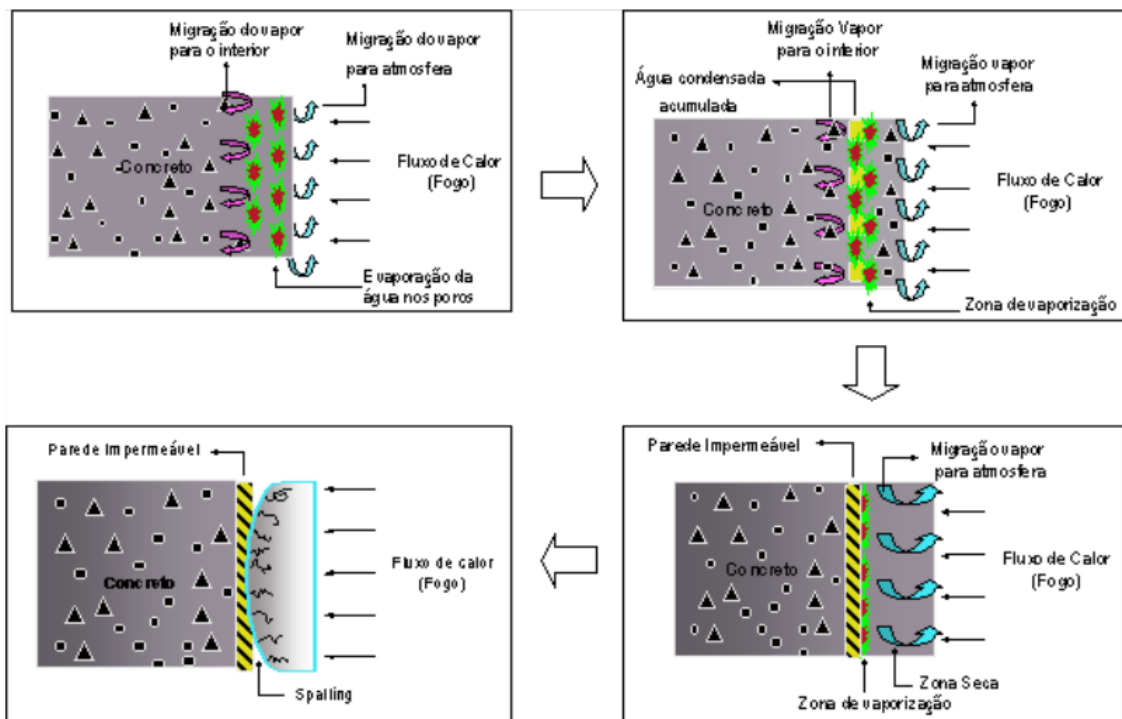
O mecanismo de *spalling* por pressão de vapor nos poros do concreto, pode ser descrito pelo modelo de entupimento, conhecido como o termo em inglês “*moisture clog*”. A elevação da temperatura do ambiente e, por conseguinte, do concreto, proveniente do calor

das chamas do incêndio, induz ao aumento da pressão do vapor d'água nos poros do referido material, forçando a sua migração para a atmosfera e para as camadas interiores do elemento, regiões mais frias, onde é condensado (KLEIN JÚNIOR, 2011, p. 78).

A água, oriunda da condensação, “forma uma camada quase saturada logo após a frente de desidratação, agindo como uma parede impermeável para os gases que migram para o interior do concreto” (SILVA, 2013, p. 66).

Após a exposição do concreto ao calor proveniente do incêndio, este apresentará três zonas distintas: uma zona superficial seca e desidratada, uma zona intermediária secando e desidratando e a outra mais interna quase-saturada. Nince (2006, p. 22) explica que o fenômeno ocorre pois “a parede impermeável impede a migração de vapor para a região mais fria do concreto - o que gera uma concentração de gases próxima à parede (*moisture clog*) – deixando só uma saída para todo o vapor produzido, a atmosfera”. A Figura 01 ilustra o fenômeno descrito.

Figura 01 – Passos que levam ao lascamento do concreto



Fonte: Consolazio; Mcvay; Rish (1997), *apud* Nince (2006)

A permeabilidade do material e também a respectiva taxa de aquecimento, a qual está relacionada com a velocidade e intensidade com que o incêndio ocorre, são fatores que também interferem no fenômeno.

Com efeito, “se a taxa de aquecimento e/ou nível de saturação for suficientemente baixo e a permeabilidade suficientemente alta, a água vaporizada no poro será capaz de escapar sob um gradiente de pressão baixo”. Todavia, “se a taxa de aquecimento e/ou o nível de saturação for suficientemente alto e a permeabilidade suficientemente baixa, a velocidade de migração do vapor será inferior à sua formação”, assim a pressão aumenta de forma considerável nesta zona (parede impermeável/zona secando e desidratando), gerando uma transferência de massa forçada de vapor e ar superaquecido, provocando o lascamento (NINCE, 2006, p. 22).

2.2.2 Tensões térmicas

Este mecanismo de *spalling* está associado ao surgimento de gradientes térmicos na estrutura do concreto. Em virtude do aquecimento rápido do material, são formadas tensões de compressão próximas à superfície aquecida, decorrentes das restrições de dilatação térmica, bem como tensões de tração na parte interior do concreto, a qual possui temperatura mais baixa. Normalmente, estas tensões são bi ou tridimensionais (NINCE, 2006).

A ocorrência deste mecanismo, de forma isolada, é pouco provável que possa ocorrer, pois são raras as situações nas quais os elementos de concreto possuem níveis de carregamento suficientes para atingir as tensões limites (KLEIN JÚNIOR, 2011; NINCE, 2006; SILVA, 2013). Todavia, não é impossível e, quando ocorrem, tendem a ser do tipo explosivo em cerâmicas e concreto seco sob taxas de aquecimento suficientemente elevadas (KLEIN JÚNIOR, 2011).

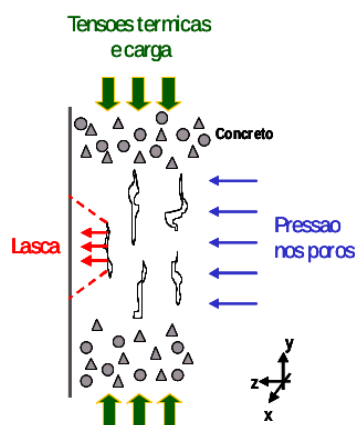
2.2.3 Tensões térmicas associadas à tensão de vapor nos poros

Este mecanismo decorre da combinação das duas ações vistas anteriormente, isto é, da pressão de vapor nos poros do concreto e das tensões térmicas. Esta ação provoca o surgimento de fissuras paralelas à superfície, quando a soma destas tensões (resultante) ultrapassar a resistência à tração do concreto. Isto é acompanhado pela liberação repentina de energia e também da ruptura da superfície aquecida, de forma violenta (NINCE, 2006, p. 25).

As fissuras que surgem no concreto neste mecanismo durante uma situação de incêndio derivam de alguns fatores, como: a) taxa de aquecimento elevada, b) decomposição dos compostos hidratados do cimento; c) liberação da água adsorvida e quimicamente combinada; d) tensões térmicas diferenciais entre agregados, pasta de cimento e gradientes de temperatura (FU & LI, 2011, *apud* SILVA, 2013).

Além disso, apresentam um duplo papel. As fissuras internas e externas podem se comportarem como um canal de alívio da pressão de vapor, reduzindo a probabilidade da ocorrência do *spalling*. Por outro lado, o surgimento destas fissuras “pode enfraquecer a resistência do concreto possibilitando que o aumento, ainda que gradual, da pressão nos poros possa, mais facilmente, atingir ou exceder a resistência levando ao rompimento do material (SILVA, 2013, p. 69). A Figura 02 ilustra o referido fenômeno.

Figura 02 – Ação das tensões no concreto aquecido



Fonte: Khoury; Majorna (2001), *apud* Nince (2006)

2.3 TIPOS

A doutrina não traz de forma consensual a classificação dos tipos de *spalling* no concreto que podem ocorrer durante uma situação de incêndio. Segundo Rogério Cattelan Antocheves Lima (2005, p. 91) o fenômeno do lascamento sofre a influência de diferentes fatores e pode ocorrer de diversas formas em uma mesma ocorrência, “motivo pelo qual existe muita confusão sobre o tema”.

De acordo com o referido autor, que remete às pesquisas realizadas por Gabriel Khoury (2003, *apud* LIMA, 2005), estudioso no assunto, a literatura de uma forma geral apresenta 5 (cinco) tipos de *spalling*: a) explosivo; b) de superfície; c) dos agregados; d) de quina; e) durante o resfriamento, a seguir abordados.

2.3.1 Spalling explosivo

O *spalling* explosivo consiste no deslocamento repentino e violento, com grande liberação de energia, de expressivas fatias de concreto, com comprimento entre 100 e 300 mm e espessura entre 15 e 20 mm (LIMA, 2005).

Caracterizado por um som típico de explosão, o fenômeno tende a ocorrer nos primeiros 30 (trinta) minutos de exposição do material ao calor proveniente do incêndio. O lascamento pode ocorrer de forma única ou por uma sequência de explosões, formando grandes cavidades na estrutura do concreto. De acordo com Nince (2006, p. 33), o *spalling* explosivo “normalmente é restrito às áreas não armadas e não se estende as camadas atrás das armaduras”.

Silva (2013, p. 77-78) explica que o fenômeno geralmente “ocorre devido à ação combinada de poro-pressão, tensão de compressão na superfície exposta à chama e microfissuras internas, e depende do tamanho da seção transversal, do material e do teor de umidade”. Segundo este mesmo autor, o fator que mais influencia é a taxa de aquecimento (velocidade), ao argumento de que “o acréscimo da mesma aumenta a probabilidade e a severidade do fenômeno.

2.3.2 Spalling de superfície

O *spalling* de superfície, conhecido pelo termo inglês *sloughing-off*, caracteriza-se pelo desprendimento de grandes extensões da camada externa do concreto, com dimensão de aproximadamente 100 x 1000 mm e espessura de 25 a 50 mm. Esse tipo de lascamento poderá se estender por todo elemento, causando a exposição ao fogo de novas camadas do material, inclusive da armadura, implicando alterações na sua resistência estrutural (LIMA, 2005; SILVA, 2013).

Em uma situação de incêndio, o *spalling* superficial tende a ocorrer entre 7 a 30 minutos após a exposição do concreto a fonte de calor e o desprendimento da estrutura possui um som característico de estampido (LIMA, 2005).

Este tipo de lascamento ocorre quando as tensões originadas pela pressão que o fluido exerce no interior do poro (poro-pressão) superam a resistência do material. Em linhas gerais, é causado normalmente pela evaporação da água nos poros do concreto (VIDAL; VIEIRA, 2015).

De acordo com Lima (2005, p. 91), “os fatores que aumentam a sua suscetibilidade são aqueles que elevam a magnitude da poro-pressão durante o aquecimento, tais como o

acréscimo na taxa de aquecimento e na saturação dos poros, bem como a redução da permeabilidade”. Além disso, “a resistência à tração do concreto influencia fortemente o desenvolvimento deste tipo de *spalling*”.

2.3.3 *Spalling* dos agregados

Este tipo de lascamento caracteriza-se pela deterioração dos agregados próximos à superfície do concreto, que se desprendem do concreto gerando pequenas crateras superficiais (NINCE, 2006).

De acordo com os estudos de Lima (2005, p. 92), este fenômeno ocorre no início do incêndio, ficando limitado aos primeiros 30 minutos após a exposição ao calor, sendo que além do aspecto visual, a deterioração dos agregados pode estar associada a estalo audíveis. Na grande maioria dos casos, os danos causados por este tipo de lascamento não comprometem a estrutura e, por conseguinte, a resistência mecânica do concreto, visto que “o processo não remove grandes quantias da seção transversal do elemento, nem afeta o cobrimento da armadura”.

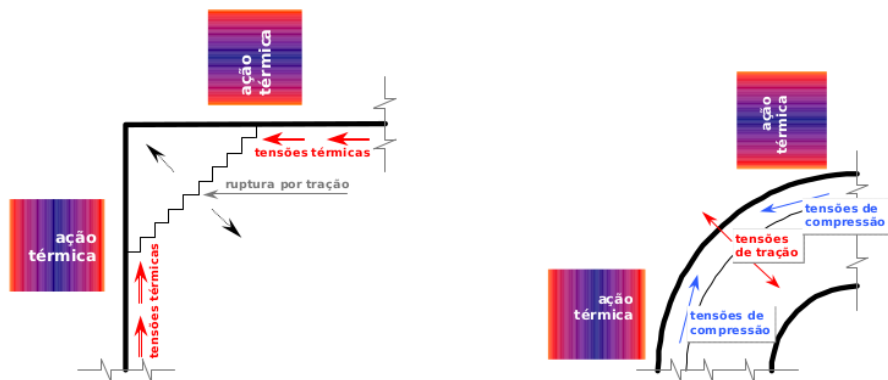
Segundo este mesmo especialista (2005, p. 92), a deterioração “pode ser causada pelo surgimento de tensões de cisalhamento, frente a altas taxas de aquecimento, ou pela ruptura do agregado, em função da temperatura máxima atingida”.

2.3.4 *Spalling* de quina

O *spalling* de quina caracteriza-se pelo aparecimento de fissuras e desprendimento gradual e não explosivo de cantos vivos de um elemento estrutural, no intervalo de 30 (trinta) a 90 (noventa) minutos de exposição do material ao calor. De acordo com Connolly (*apud* HERTZ, 2003), após o resfriamento da estrutura submetida a uma situação de incêndio, é possível inclusive retirar as lascas com as próprias mãos.

O fenômeno ocorre devido ao surgimento de tensões térmicas localizadas na superfície e à redução na resistência do material em altas temperaturas, conforme demonstra a Figura 03 (LIMA, 2005).

Figura 03 - Propagação das tensões térmicas em superfícies contendo cantos vivos e em superfícies convexas



Fonte: Anderberg (1997), *apud* Nince (2006)

Este tipo de lascamento tem maior relação com a temperatura do elemento do que pela taxa de aquecimento, podendo ser minimizado pelo “emprego de concretos com baixo coeficiente de dilatação térmica, com razoável resistência residual após o aquecimento e com a presença de fibras” (SILVA, 2013, p. 75-76).

2.3.5 *Spalling* durante o resfriamento

Por fim, o *spalling* durante o resfriamento do concreto decorre da absorção da umidade e, por conseguinte, da reidratação do CaO (cal), o qual sofre um processo de expansão, ocasionando o lascamento do concreto. De acordo com Silva (2013, p. 76), o cal pode ser produzido durante o aquecimento, pela “reação de desidratação do Ca(OH)_2 , que ocorre em temperaturas próximas a 400°C , e/ou pela reação de descarbonatação do CaCO_3 , que se transforma em CaO, liberando CO_2 , quando as temperaturas do material estão entre 600°C e 700°C ”.

Em ensaios de elementos de concreto armado da *Hagerbach Test Galley*, na Suíça, foi constatado que um exemplar deste material resistiu a temperaturas de até 1600°C pelo período de 120 (cento e vinte) minutos, sem qualquer falha, mas após 30 (trinta) minutos de resfriamento, a amostra apresentou *spalling* explosivo. Contudo, em incêndio reais, pouco se sabe sobre a ocorrência desse tipo de lascamento (KLEIN JÚNIOR, 2011, p. 81).

2.3.6 Comparativo entre os diferentes tipos

Com base na divisão apresentada, a literatura (KHOURY, MAJORANA, 2001, *apud* NINCE, 2006) explica que os três primeiros tipos (explosivo, de superfície e nos agregados), citados anteriormente, aparecem nos instantes iniciais do incêndio, já o quarto (de quina) mais para o final, sendo que o último (durante o resfriamento) não possui uma definição, visto ocorrer após o incêndio. Além disso, apresentam extensões e graus de severidade diversos, conforme mostra a Tabela 01.

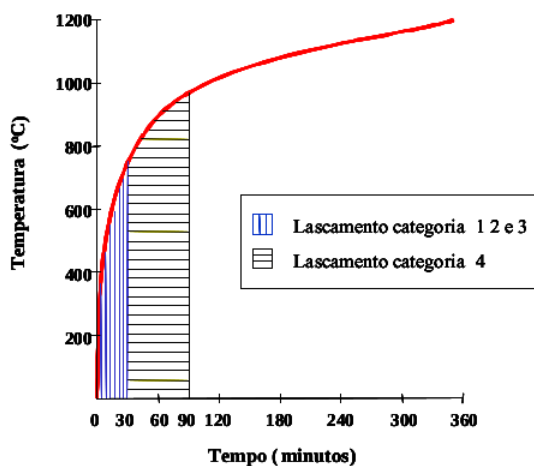
Tabela 01 – Características dos tipos de *spalling*

Tipo de <i>Spalling</i>		Tempo (min.)	Natureza	Som	Dano
1	Explosivo	7 a 30	Violento	Estrondo	Sério
2	Superfície	7 a 30	Violento	Estampido	Pode ser sério
3	Agregado	7 a 30	Intenso	Estalo	Superficial
4	Quinas	30 a 90	Não violento	Nenhum	Pode ser sério

Fonte: Khoury, Majorana (2001), *apud* Nince (2006) (adaptado)

Com relação à taxa de aquecimento e temperatura, estudos apontam que “até trinta minutos de exposição ao calor a ocorrência está relacionada à influência da taxa de aquecimento e acima desse tempo o fenômeno passa a ser influenciado pela temperatura máxima atingida”, conforme demonstra a Figura 04 (KHOURY, MAJORANA, 2001, *apud* NINCE, 2006, p. 34).

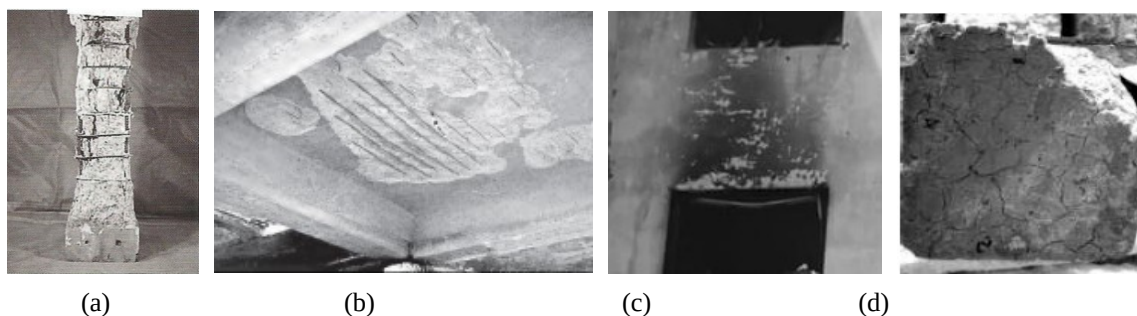
Figura 04: Relação entre o tempo de exposição e a temperatura de quando ocorre o *spalling*



Fonte: Nince (2006)

Os tipos de *spalling* também apresentam danos característicos, sobretudo no que diz respeito às formas e intensidade de desprendimento dos elementos do concreto, já apontados ao longo deste artigo científico. A figura 05 ilustra os quatro tipos mais comuns:

Figura 05: tipos de *spalling*: (a) explosivo; (b) de superfície; (c) dos agregados; (d) de quina



Fonte: So (2016); Jansson (2013); Fire (2015); Nince (2006)

Conforme demonstrado, a degradação do concreto possui características bem particulares e pode ocorrer de diversas formas, inclusive com o comprometimento de todo o elemento estrutural.

2.4 FATORES INFLUENCIADORES

A fenômeno *spalling* pode ocorrer por influência de diversos fatores, os quais são classificados pela literatura como internos e externos, conforme mostra a Tabela 02 (NINCE, 2006; SILVA, 2013).

Tabela 02: Fatores que influenciam na ocorrência do *spalling*

Internos	Externos
Relação água/cimento	Taxa de aquecimento
Existência de partículas finas e ultrafinas	Temperatura máxima
Natureza mineralógica do agregado	Tipo de exposição ao calor (1D, 2D ou 3D)
Densidade do concreto	Tempo de exposição
Dimensão dos agregados	Dimensões e formato do elemento estrutural
Grau de saturação	Armaduras
Grau de hidratação	Densidade do concreto. Carregamento externo, principalmente compressão
	Distribuição não uniforme da temperatura no concreto

Fonte: Nince (2006)

Dentre os fatores internos, a relação água/cimento (quando muito baixa) e a adição de partículas finas e ultrafinas – como sílica ativa, metacaulim e cinza volante, são os mais

relevantes para a ocorrência do *spalling*, pois fazem com que o concreto fique com maior densidade e baixa permeabilidade. O vapor da água, nessas condições, encontra maior resistência para sair para a atmosfera, gerando altas pressões que podem desencadear o fenômeno do lascamento, em especial o explosivo (NINCE, 2006).

Ainda sobre os fatores internos, tem-se que a natureza do agregado também tem grande influência na ocorrência do *spalling*. Durante uma situação de incêndio, haverá incompatibilidade nas deformações entre a pasta e agregado, isso porque em 300°C a pasta de cimento desencadeia o seu processo de contração, enquanto o agregado de dilatação até degradar-se quimicamente (TAYLOR, 1997, *apud* MONTEIRO, 2017). Em linhas gerais, o processo ocorre de forma menos acentuada quando o concreto é composto por agregados com baixo coeficiente de dilatação térmica, a exemplo de agregados calcários (SILVA, 2013).

Com relação aos fatores externos, merece destaque a taxa de aquecimento e a temperatura máxima atingida – que estão diretamente relacionadas com a intensidade e a duração do incêndio, os quais influenciam na formação de gradientes térmicos e de pressão, calculados usando os modelos de incêndio padrão (MONTEIRO, 2017).

Estes dois fatores têm estreita relação com o grau de hidratação do concreto. De acordo com Nince (2006, p. 26), sabe-se que “o calor latente, solicitado para vaporizar a água livre do concreto, retarda o aumento da taxa de aquecimento na superfície em contato com o fogo”, o que mostra-se como uma vantagem sob o ponto de vista de proteção ao fogo. Contudo, grande quantidade de água é um problema, pois “quanto maior a quantidade de água presente no concreto maior será a perda de resistência em elevadas temperaturas”.

Outro fator externo que interfere no lascamento do concreto e que merece ser destacado diz respeito ao perfil de aquecimento, visto que o número de faces do elemento que estará em contato com o fogo também é um fator influenciador. Silva (2013, p. 73), explica que será “maior a probabilidade de ocorrência do fenômeno quanto maior o número de faces expostas ao calor”, sendo que as “lajes são menos propícias do que as vigas, pois na maioria dos casos apenas uma das faces estará em contato com o calor, enquanto três ou quatro faces das vigas ou pilares ficarão expostas”.

3 CONCLUSÃO

O estudo do concreto durante um processo de aquecimento, tal como ocorre em uma conflagração, é uma área muito importante e também muito complexa, visto que o fogo é um fenômeno que sofre a influência de diversos fatores. Com efeito, cada incêndio possui sua própria dinâmica e, por esta razão, não há como reproduzi-lo de forma idêntica. Todavia, ainda assim ele apresenta marcas que podem ser observadas, a exemplo do lascamento do

concreto, que podem refletir informações relevantes para a investigação de incêndio, como a taxa de aquecimento, temperatura atingida e locais com maior concentração de queima.

O concreto quando submetido a altas temperaturas, como visto, sofre um processo de desagregação de suas partículas (*spalling*), que pode interferir na sua resistência estrutural. No presente trabalho científico, foram apresentados os mecanismos de desencadeamento deste processo de lascamento, os principais tipos e fatores influenciadores, destacando-se as informações que podem ser utilizadas durante a investigação de incêndio, razão pela qual tem-se que os objetivos traçados inicialmente foram alcançados.

Espera-se que a compilação dos conhecimentos sobre *spalling* ora realizada promova maior consciência aos peritos e inspetores de incêndio dos efeitos que o fogo pode causar no concreto e que isto seja um fator motivador para a continuidade das pesquisas na área, sobretudo com enfoque na investigação de incêndio.

REFERÊNCIAS

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino; SILVA, Roberto da. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Prentice-Hall, 2012.

COSTA, Carla Neves; FIGUEIREDO, Antônio Domingues de; SILVA, Valdir Pignatta. **O fenômeno do lascamento (“spalling”) nas estruturas de concreto armados submetidas a incêndio – uma revisão crítica**. In: 44º Congresso Brasileiro do Concreto. Anais. Instituto Brasileiro do Concreto - IBRACON: Belo Horizonte, 2002.

FIRE engulfs government building in India's Kolkata. 2015. Disponível em: <<https://www.aljazeera.com/news/2015/04/fire-engulfs-government-building-india-kolkata-150410062111923.html>>. Acesso em: 10 abr. 2015.

HERTZ, K. D. Limits of spalling of fire-exposed concrete. **Fire Safety Journal**, Oxford, v. 38, p. 103-116, 2003

KLEIN JÚNIOR, Odinir; FRANÇA, Ricardo Leopoldo e Silva; SILVA, Valdir Pignatta. **Pilares de concreto armado em situação de incêndio submetidos à flexão normal composta**. Revista Sul Americana de Engenharia de Estruturas. 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/265846426_Pilares_de_concreto_armado_em_situacao_de_incendio_submetidos_a_flexao_normal_composta> Acesso em 01.02.2019

LIMA, Rogério Cattelan Antochaves de. **Investigação do comportamento do concreto em temperaturas elevadas**. 2005. 257 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, 2005

MONTEIRO, Hélykan Berliet dos Santos. **Estudo das propriedades mecânicas residuais do concreto de alta resistência submetido a altas temperaturas**. 2017. 114 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Centro de Tecnologia e Geociências. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

NINCE, Andréia Azevedo. **Lascamento do concreto exposto a altas temperaturas**. 2006.

336 f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia de Construção Civil e Urbana. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SILVA, Janaina Salustio da. **Estudo de concretos de diferentes resistências à compressão submetidos a altas temperaturas sem e com a incorporação de fibras de Politereftalato de Etileno (PET)**. 2013. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

SO, Hyoung-seok. Spalling Prevention of High Performance Concrete at High Temperatures. **High Performance Concrete Technology And Applications**, [s.l.], p.25-42, 5 out. 2016. InTech. <http://dx.doi.org/10.5772/64551>.

SOUZA, Luiz Ailton Araújo; SILVA FILHO, Luís Carlos Pinto; SILVA, Walney Gomes; PEREIRA, Francisco Flaviano de Andrade. **Resistência e spalling do concreto sob condições de altas temperaturas**. In: 54º Congresso Brasileiro do Concreto. Anais. Instituto Brasileiro do Concreto - IBRACON: Maceió/AL, 2012.

VIDAL, Vanderlei Vanderlino; VIEIRA, Alexandre. **Características residuais do concreto armado após ser submetido à situação de incêndio**. 2015. 16 f. Artigo Científico (Especialização). Curso de Perícia em Incêndio e Explosão, Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Florianópolis, 2015.

VILAÇA, Márcio Luiz Corrêa. **Pesquisa e ensino: considerações e reflexões**. Revista Escrita. v. 1. n. 2. Ninópolis, Maio/Agosto 2010.