



SOLUÇÕES DE RECUPERAÇÃO DE SUBSISTEMAS EXPOSTOS AO INCÊNDIO: ESTUDO DE CASO

HOLANDA, Adauto (1); MANTA, Rafael (2); SANTANA, Clóvis (3); PINHO, Matheus (4)

Universidade de Pernambuco, adautoholanda@gmail.com; Universidade de Pernambuco, rafaelmanta@hotmail.com; Universidade de Pernambuco, clovisvelososantana@hotmail.com; Universidade de Pernambuco, matheuspinholins@gmail.com.

RESUMO

Diversos são os fenômenos apresentados pelas estruturas de concreto e os componentes de argamassa, quando submetidos a elevadas faixas de temperatura. As estruturas de concreto são reconhecidas pela boa resistência ao incêndio em virtude das características térmicas do material, no entanto, o aumento da temperatura nos elementos de concreto causa redução na resistência característica e no módulo de elasticidade dos materiais, podendo levar as peças estruturais à ruína. Sabendo que os efeitos do fogo, de ordem: química, física e mecânica, nas estruturas de concreto, tem sido objeto de estudo por diversos pesquisadores, este artigo pretende expor um estudo de caso referente a um incêndio na qual uma edificação antiga (40 anos de construção), localizada na Região Metropolitana do Recife, foi submetida. Foram realizadas pesquisas bibliográficas a fim de servir de base na discussão e formação de um censo crítico em volta do entendimento de como as estruturas de concreto e as peças de argamassa reagem física e quimicamente, além de tentar apresentar os conceitos mais atuais sobre os fenômenos aos quais os subsistemas das edificações estão submetidos, com relação às altas temperaturas. Por fim, foram apresentadas algumas sugestões para a mitigação dos danos causados pelo incêndio, discriminando os principais locais de ocorrência dos danos e as respectivas ações propostas.

Palavras-chave: Incêndios. Patologias. Concreto.

ABSTRACT

Several phenomena are presented by concrete structures and mortar components when subjected to high temperature ranges. Concrete structures are recognized by good fire resistance due to the thermal characteristics of the material, however, the increase in temperature in the concrete elements causes a reduction in the characteristic strength and modulus of elasticity of the materials; The loss in stiffness leads to the polyphase degradation of the reinforced concrete, which can lead the structural parts to ruin. Knowing that the effects of fire, chemical, physical and mechanical, in concrete structures, have been the object of study by several researchers, this article intends to present a case study of a fire in which an old building (40 years of construction), located in the metropolitan area of Recife, was submitted. Bibliographical research was carried out to serve as a basis for the discussion and formation of a critical census around the understanding of how concrete structures and mortar pieces react physically and chemically, as well as try to present the most current concepts about the phenomena to which subsystems of the buildings are submitted, in relation to the high temperatures. Finally, some suggestions were presented for mitigating the damages caused by the fire, describing the main places of occurrence of damages and the respective proposed actions.

Keywords: Fires. Pathology. Concrete.

1 INTRODUÇÃO

Dentre tantas outras definições pode-se dizer que o incêndio é o fogo com dimensões que podem fugir do controle do homem, podendo ser extremamente perigoso tanto para os seres vivos quanto para as estruturas em modo geral, tendo a capacidade de produzir danos ao patrimônio e à vida pela ação das chamas, do calor e da fumaça. Sendo assim, quando o incêndio ocorre, vários

problemas se manifestam graças ao aumento excessivo da temperatura.

Segundo Sousa e Silva (2015), o aumento da temperatura em elementos estruturais causa perda de resistência e redução no valor do módulo de elasticidade, reversíveis ou não, dependendo da intensidade desse aumento, podendo gerar esforços internos adicionais.

O comportamento da água existente nas estruturas, quando expostas a grandes variações de temperaturas, influencia o processo de lascamento do concreto, através da sua dilatação térmica, seja por efeitos como o *sloughing* ou *explosive spalling*, fazendo com que os mesmos ocorram por fatores como o aparecimento de gradientes de temperatura e pressão associados à vaporização e transporte de grandes quantidades de água.

De acordo com Morales et al (2011), a delaminação, ou descamação profunda, é o destacamento de placas de concreto ao longo de grandes extensões da superfície. Este fenômeno é conhecido como *sloughing*. Enquanto o lascamento explosivo, conhecido como *explosive spalling*, é destacamento de pequenas placas de forma abrupta e violenta que costumam ocorrer nos primeiros 30 minutos da ação do fogo, a temperaturas entre 250°C e 400°C.

Segundo Costa (2008) o lascamento é um fenômeno complexo de reação ao calor da macroestrutura do concreto endurecido. Pedacos de concreto da região superficial se desprendem, expondo o interior do elemento estrutural à ação direta do calor.

Os lascamentos são classificados quanto à forma de desagregação, extensão dos danos e período de aquecimento, podendo ser superficial (*sloughing*), Pipocamentos (pop outs) e lascamentos explosivos (*explosive spalling*). Diferentes tipos de lascamento possuem diferentes níveis de severidade e soluções apropriadas (COSTA et al., 2002).

Estudar o incêndio numa edificação é entender como o fogo se comporta quando ele se propaga pela estrutura, o que pode ser agravado quando as mesmas estão em desacordo com as normas correntes.

Para que ocorra este fenômeno, é necessária a existência de três elementos: que são: o calor, o comburente, o combustível. Para que o fogo se propague é necessário a contribuição de um quarto item, a reação em cadeia, formando assim o tetraedro do fogo (figura 1). O calor é o elemento que dá início ao incêndio, e o comburente (oxigênio) é necessário para a combustão. O combustível serve de propagação ao fogo e a reação em cadeia torna o processo de combustão auto-sustentável (BRITTEZ e COSTO, 2011).

Figura 1– Tetraedro do fogo



Fonte:Corpo de Bombeiros da Polícia militar do Estado de São Paulo (2011)

Verifica-se assim a importância do estudo dos efeitos provocados por incêndios em edificações. Com o aparecimento das tensões de origem térmica são introduzidas as restrições que devido à monoliticidade do elemento podem deformar o comportamento da estrutura seja pela mudança através de alguma reação de seus materiais a nível molecular gerado pelo calor, ou pelo aparecimento de reações estruturais não convencionais à estrutura.

Este trabalho objetiva analisar a situação de uma edificação exposta a um incêndio, localizada na Região Metropolitana do Recife, as consequências estruturais e patológicas, assim como conhecer suas principais causas, origens, mecanismos e sugerir soluções para recuperação da estrutura.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neville e Brooks (2010) citam que o concreto tem ótimas características para suportar a exposição ao fogo, ou seja, o seu tempo de exposição ao fogo sem que o seu desempenho seja afetado é satisfatório e relativamente grande em relação a outros materiais, com características como o não desprendimento de gases tóxicos quando expostos a altas temperaturas, a estanqueidade, o isolamento térmico e a estabilidade das peças.

Portanto, deve-se entender como um desempenho satisfatório, a capacidade de suportar as cargas nele impostas, a resistência à penetração das chamas e a resistência da transferência de calor. Isto se deve a sua baixa condutividade térmica que varia entre 1,4 e 3,6 $\text{j/m}^2\text{s}^\circ\text{C}$. O mais marcante na condutividade do concreto é que sua massa específica não interfere consideravelmente na sua condutividade; porém, a natureza mineralógica de seus agregados exerce grande influência nesta característica.

Ainda segundo Neville e Brooks (2010) há três propriedades térmicas que podem ser significativas no desempenho do concreto: coeficiente de expansão térmica; calor específico e a condutividade térmica.

O coeficiente de expansão térmica é determinado como o valor que responde pelo concreto, mas a sua influência depende do conteúdo agregado e das proporções da mistura em geral. Se o coeficiente de expansão térmica dos agregados difere em mais de $5,5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}^{-1}$ do que da pasta de cimento, a durabilidade do concreto pode ser prejudicialmente afetada.

O coeficiente de dilatação térmica varia com diferentes tipos de concreto e com a temperatura, contudo a resistência do concreto às variações de temperaturas é inversamente proporcional ao seu coeficiente de dilatação térmica, portanto devido à proximidade de dilatação térmica entre o aço ($11,9 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}^{-1}$) e o concreto ($10 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}^{-1}$), a utilização destes materiais em conjunto resulta num ótimo desempenho da peça estrutural, porém os seus coeficientes de transmissão de calor são bem distintos, sendo o concreto um isolante térmico e o aço um ótimo condutor de calor.

Outra variável que está relacionada à temperatura é o calor específico, que se traduz sendo a capacidade térmica do concreto, que é uma grandeza física que determina a relação entre a quantidade de calor recebido e a variação de temperatura no corpo; para o concreto varia de cerca de 800 a 1200 j/Kg.K .

Segundo Morales et al. (2011), a elevação gradual de temperatura provoca

efeitos distintos no concreto verificando-se alteração na coloração, perda de resistência mecânica, esfarelamento superficial e fissuração até a própria desintegração da estrutura.

2.1 Efeitos da exposição a altas temperaturas na composição química do concreto

São as mais diversificadas as conseqüências químicas da elevação da temperatura, dentre elas pode-se citar: o esfarelamento superficial na camada calcinada, separação parcial de pequenas camadas do material durante o incêndio, delaminação ou descamação profunda e os lascamentos explosivos.

Figura 2– Estrutura apresentando efeitos resultantes de delaminação superficial



Fonte: COSTA (2008)

Figura 3 – Estrutura apresentando indícios de Lascamentos



Fonte: CORBITT-DIPIERRO (2017)

2.2 Efeitos da exposição a altas temperaturas na composição física do concreto

Existem vários registros na literatura técnica, que mostram que há variações na coloração do concreto quando este é exposto a altas temperaturas,

apresentando tons rosáceos em temperaturas mais baixas, passando pelo cinza para temperaturas intermediárias, até o amarelo esbranquiçado para altas temperaturas, na Tabela 1 a seguir observa-se a variação da coloração, o aspecto visual e desempenho da peça de concreto exposta a várias temperaturas.

Tabela 1- Efeitos físicos no concreto exposto ao fogo

Temperatura (°C)	Cor	Aspecto Visual/ Desempenho
<250	Cinza	Perda de resistência pequena e irregular
285-300	Cinza-Roseo	Fissuração superficial, lascamento explosivo (vapor)
300	Rosa	Início de mudança de cor
50-400		Redução do módulo de deformação
535-550	Roxo	Fissuração profunda
575	Vermelho pálido	Friabilidade superficial
650	Cinza Esbranquiçado	Pipocamento dos grãos de quartzo
790-800		Perda das propriedades mecânicas
900	Amarelo alaranjado	Lascamentos do cobrimento das armaduras, com exposição até 25% da superfície das mesmas
1000	Amarelo claro	Superfície pulverulenta

Fonte: Rosso apud Neville e Brooks (2010)

2.3 Efeitos da exposição a altas temperaturas nas propriedades mecânicas do concreto

Um dos maiores problemas para as propriedades mecânicas do concreto é o grau de saturação ao qual a peça estrutural se encontra. A perda de resistência é mais acentuada em concretos saturados, em virtude do aumento da pressão de vapor de água que se encontra no interior da peça, cujo mesmo pode superar a resistência do concreto a tração e provocar a presença de trincas e explosões, considerando ainda que a resistência à flexão seja mais alterada pela elevação da temperatura do que a resistência a compressão.

Neville e Brooks (2010) afirmam que para concretos menos saturados, a condutividade é menor devido a menor capacidade da água em conduzir calor se comparado ao da pasta.

Nas situações em que a temperatura não passa da casa dos 500°C, através de uma correta hidratação posterior, o concreto pode recuperar até 90% da resistência mecânica original no prazo de aproximadamente de 1 ano. Segundo Neville e Brooks (2010), entre 600°e 700°C ocorre a perda total e irreversível das propriedades mecânicas do concreto.

Morales e al (2011) em seu trabalho, analisou efeitos da elevação da temperatura em corpos cilíndricos de argamassa. Foram utilizadas areia média silicosa de rio e cimento portland CP V, que em seguida ficaram submetidos à elevação da temperatura em mufla, sendo 6 corpos por lote, com um traço de argamassa de 1:3 e relação água/cimento igual a 0,4.

Os corpos foram mantidos em câmaras úmidas ao ar durante 7 dias, submetendo os mesmos a patamares de 300, 350, 400, 450, e 750 °C o qual foi mostrado na

prática que os corpos submetidos às ações do fogo perdem consideravelmente sua resistência com o aumento da temperatura, ocorrendo também a perda da sua elasticidade e ductilidade, tornando o material mais quebradiço. As amostras submetidas a 750°C perderam totalmente a resistência mecânica. A Tabela 2 mostra os resultados dos ensaios.

Enquanto os mecanismos primários de esforços são governados pela rigidez e resistência do elemento frio na situação normal, os mecanismos secundários ou alternativos de esforços do elemento quente são governados pela rigidez relativa dos apoios e das estruturas adjacentes frias na situação de incêndio (LAMONT et al., 2006).

Tabela 2 - Valores da resistência média a compressão dos corpos de prova submetidos a temperaturas extremas

T	fck7	Perda	E	Perda
(°C)	(MPa)	(%)	(GPa)	(%)
REF	18,70	0	34,40	0
300	13,50	28	18,60	46
350	13,00	30	17,10	50
400	9,50	49	14,50	58
450	6,80	64	9,40	73

Fonte: MORALES et al (2011)

3 METODOLOGIA

3.1 Descrição do incêndio

Por volta da segunda semana de fevereiro de 2014, entre as 12:00 e 13:00 horas, houve um incêndio em um apartamento, num prédio na região metropolitana do Recife. As chamas atingiram além dos cômodos adjacentes, os apartamentos nos andares superior e inferior, como mostra a figura 4.

Figura 4-Incêndio no apartamento com reflexos no apartamento superior e inferior



Fonte: Globo (2014)

Segundo o Jornal Globo (2014) o fogo se iniciou em um dos quartos do apartamento. Foram deslocadas quatro viaturas de combate a incêndio, uma

ambulância e um helicóptero, mas todos os moradores conseguiram deixar seus apartamentos em segurança. Foi então solicitado pelo representante dos moradores um parecer técnico o qual este estudo de caso é embasado, e que teve como diretriz a análise das condições estruturais dos elementos construtivos, após a ocorrência do incêndio.

3.2 Descrição da obra

A estrutura do edifício tinha 40 anos de construído e se apresentava em concreto armado, com 12 pavimentos e 2 apartamentos por andar, paredes divisórias em bloco cerâmico, revestimento nas paredes com saibro internamente, e lajes do tipo volterrana, com preenchimento de seus espaços com blocos de concreto.

3.3 Coleta e análise de dados

Foram consultados para a elaboração do parecer técnico, por Oliveira (2014):

- Projeto arquitetônico da Planta baixa do pavimento tipo;
- Certidão de ocorrência, emitida no Corpo de Bombeiros do Estado de Pernambuco;
- Laudo pericial do instituto de criminalística;
- Três inspeções, onde foram feitas as coletas de dados que serviram de base para a discussão do parecer técnico.

Segundo o Laudo do instituto de criminalística, um curto circuito num chuveiro próximo ao quarto, onde se iniciou o incêndio, seria a causa mais provável do incêndio.

4 RESULTADOS

Danos foram verificados em um quarto, no banheiro e na varanda do apartamento onde se iniciou o incêndio; no teto do apartamento do andar inferior; e no chão e varanda do apartamento do andar superior.

4.1 Apartamento inferior

Os danos no apartamento inferior foram evidenciados nos tetos do quarto, da sala e do banheiro, onde houve formações de vesículas e manchas nos três cômodos, causados pelo uso da água empregada no combate ao fogo. Para correção deve ser empregado a argamassa mista de cimento cal e areia, no traço de 1:1:6 nas partes que precisarão ser refeitas, nas demais partes manchadas deverá ser refeita apenas a pintura.

4.2 Apartamento superior

Os danos no apartamento superior são evidenciados na varanda, as chamas que atingiram a esquadria da janela a danificaram por completo, logo deverá ser feita a sua substituição.

Foram danificadas também as placas cerâmicas da fachada ao redor do local onde estava a esquadria, que foi desenvolvido em virtude do contato com as altas temperaturas decorrentes dos gases expelidos durante o incêndio,

possivelmente pode ter fragilizado a argamassa de assentamento das placas cerâmicas.

As mesmas devem ser inspecionadas através de um teste de percussão típico, para que em caso de identificação de possíveis patologias sejam trocadas.

4.3 Danos no apartamento onde ocorreu o incêndio

As divisórias dos apartamentos foram construídas com blocos cerâmicos de vedação com oito furos e o revestimento foi executado com camadas de chapisco, reboco e pintura. As figuras 5 e 6 apresentam o estado do revestimento das paredes após o incêndio, as quais as altas temperaturas atingiram a pintura e em seguida a argamassa, condicionando a água ainda presente no elemento a evaporar, logo aumentando a pressão de vapor e exercendo uma tensão que superou a resistência a tração da argamassa e da camada lateral do bloco de vedação.

O modo de extinção do incêndio realizado pela ação dos bombeiros também influenciou o resultado final dos elementos construtivos, visto que ao lançar água para controlar o incêndio, molharam as paredes que estavam em grande parte ressecadas, fazendo com que as mesmas absorvessem e se submetessem novamente a pressões internas que tendem a expulsar a água livre presente nas partes periféricas do elemento.

Figura 5 - Parede do quarto, danos no reboco e argamassa de revestimento.



Fonte: Autor (2014)

Figura 6- Danos na parede e concreto da laje



Fonte: Autor (2014)

Em virtude do desgaste superficial na argamassa e nos blocos cerâmicos, provocado pela situação, orienta-se fazer a retirada da camada superficial danificada, seguida da recomposição da alvenaria, através de técnicas que empreguem o uso de concreto leve em conjunto com pérolas de poliestireno expandido.

Na superfície resultante são propostas a aplicação do chapisco e argamassa de emboço com no máximo 2,5 cm, seguida de selador, massa corrida e pintura semelhante aos demais ambientes. Na Tabela 3 são apresentadas as proporções para as densidades exigidas do concreto leve com adição de pérolas de EPS.

Tabela 3 - Composição para mistura de 1m³ (um metro cúbico de concreto leve)

Densidade nominal (kg/m ³)	EPS (litros)	Cimento(kg)	Areia (litros)	Água (litros)	Adesivo (kg)
600	1100	380	60	143	1,2
700	1093	390	118	155	11
800	1015	390	186	165	1
900	942	400	243	175	0,9
1000	873	400	311	180	
1100	809	400	382	180	
1200	742	390	466	178	
1300	678	390	537	178	
1400	615	385	613	177	
1500	53	380	689	175	
1600	487	375	764	175	

Fonte: Stocco, Rogrigues e Castro (2009)

4.4 Danos no teto do apartamento

Ao analisar o tipo de dano ocorrido, notam-se evidências que demonstram que os elementos sofreram efeitos de *Pop out* e *Spalling*, podendo ter se desenvolvido como *explosive spalling* ou *sloughing*. Ressalta-se que no tipo de laje da edificação são dispostos e montados os elementos, nervuras e blocos ambos pré-moldados.

A nervura é feita com o uso de agregado de pequenas dimensões e com cimento fino, sendo assim o seu acabamento é perfeitamente liso e monolítico, o que faz com que as nervuras não tenham um vínculo muito forte com os blocos e com a laje de recapeamento.

As altas temperaturas agiram criando gradiente de temperatura, eliminando a água livre nas peças de concreto. Dependendo de como o aumento da temperatura foi desenvolvida, os lascamentos podem ter se manifestado de uma forma em que a superfície foi lentamente degradada com o aparecimento de fissuras, por onde micropressões geradas pelo vapor de água desenvolveram uma tensão de tração no sentido de expulsar as camadas periféricas do elemento, fator que é aliviado pelas fendas e fissuras no elemento. Em caso contrário, a pressão confinada dentro do bloco tende a aumentar, ela aumenta até um ponto em que se expulsa bruscamente as camadas mais externas caracterizando o efeito de *explosive spalling*.

Visto que se trata de um prédio antigo, no qual, efeitos como a colmatação do concreto pelo tempo, ou seja, o preenchimento de poros, buracos, falhas e irregularidades já tenham ocorrido e a presença de fatores como o incêndio ter sido confinado ao banheiro e quarto, pode se chegar a conclusão que os elementos construtivos próximos a fontes combustíveis como guarda roupa e cama apresentaram um maior gradiente de temperatura, resultando em fissurações e descamações das periferias das peças, já os que inicialmente estavam afastados da fonte de calor sofreram gradientes menores de temperatura, apresentando degradações superficiais resultantes de pipocamentos e lascamentos explosivos.

Houve também fragmentações da camada de revestimento, com o descolamento do bloco e a ruptura dos septos que suportavam as lâminas externas expostas ao incêndio.

Não houve indícios de trincas ou fissuras nas nervuras, apenas uma trinca na direção paralela a ela (Figura 7). O concreto estrutural simples usado no capeamento da laje é insuficiente para garantir uma alta adesão entre o bloco e a nervura, o que é justificada pela superfície da nervura ser lisa dificultando a ligação entre concretos velho e novo e a pequena espessura do concreto entre o bloco e a nervura que facilmente cede um elevado percentual de água presente nos elementos. Pelo fato das nervuras serem lisas há também má aderência entre elas e o capeamento, na parte situada sobre a nervura.

Figura 7- Parede do quarto, danos no reboco e argamassa de revestimento



Fonte: Autor (2014)

Não foram constatados danos aparentes nas nervuras da laje, todavia, não havia formas de acesso à parte superior da nervura, na qual está apoiado o capeamento da laje. Sendo assim, recomenda-se que seja feito o ensaio de prova de carga na região da laje, compreendendo as nervuras atingidas. O teste deverá ser realizado para o valor de projeto da sobrecarga de utilização, igual a 150 kgf/m², onde devem ser medidos os deslocamentos através de extensômetros.

4.5 Danos no revestimento cerâmico do piso e fachada

No piso foi observado que as placas cerâmicas apresentavam som cavo quando percutidas, o que indica que devido à elevada temperatura e pressão, o revestimento cerâmico perdeu parte de sua adesão ao substrato, soltando a camada de regularização do piso.

Na fachada foram concentrados danos no revestimento cerâmico que se situava próximo a janela, com destaque para a argamassa na parte superior da esquadria que teve contato direto e contínuo com as chamas, causando uma provável fragilidade no sistema.

Recomenda-se para ambas as situações, ensaios de percussão e uma vez identificadas as peças cerâmicas sem aderência adequada, estas deverão ser substituídas, porém por se tratar de um edifício com mais de trinta anos, as placas deverão ser cuidadosamente retiradas, objetivando a reutilização.

4.6 Danos nas esquadrias

As esquadrias do banheiro e do quarto foram completamente destruídas pelo contato direto com as chamas, logo foram substituídas.

4.7 Danos nos capiaços

Foram apresentados danos no peitoril da janela juntamente com os capiaços que foram extremamente avariados, estendendo à deterioração a argamassa de assentamento das cerâmicas, que naturalmente deverá ser recuperada em conjunto com os mesmos.

4.8 Danos no banheiro

Na área do banheiro foram encontrados avarias nas cerâmicas de revestimento das paredes, diante a perda de adesão das peças ao substrato, também foram extremamente danificados a janela, chuveiro, bacia, lavatório e espelho, necessitando-se a devida troca de todas as louças e metais, instalações elétricas e hidrossanitárias.

4.9 Danos em outros ambientes

Os danos em outros ambientes resumem-se em avarias causadas pela exposição ao carbono vindo com a fumaça, ocasionando danos à pintura com machas escurecidas. O que faz necessário a execução de uma nova pintura.

5 CONCLUSÕES

Verificou-se que os danos apresentados pelo fogo decorrente do incêndio não provocou patologias que comprometessem a segurança estrutural da edificação, tão comprometeu o estado limite último do subsistema da estrutura e da vedação. Cabendo fazer algumas considerações

Por se tratar de um edifício que apresenta alvenarias de vedação, os danos observados nestes elementos não influenciam consideravelmente o caráter estrutural do prédio, sendo assim a recuperação deste tem por objetivo apenas restituir a sua função de vedação entre os ambientes.

A recuperação da laje é apenas de forma estética, visto que não foram verificadas fissuras graves nas nervuras e nem flechas além da sua normalidade de comportamento, além disso, ressalta-se que os danos observados na argamassa de revestimento e no bloco de concreto não influenciam o comportamento estrutural da laje, pois quando projetada, os blocos situam-se abaixo da linha neutra e a armadura da própria nervura é suficiente para suportar

a resistência à tração, ou seja, em lajes voltterranas os blocos têm como função apenas ser isolantes térmicos.

As orientações recomendadas têm por objetivo a recomposição dos acabamentos que foram avariados, pois as características estruturais não foram afetadas.

REFERÊNCIAS

BRITEZ, C. A.; COSTO, C. N. Ações do fogo nas estruturas de concreto. In ISAIA, Geraldo Cechella (editor). **Concreto: ciência e tecnologia**. São Paulo: Ipsis gráfica e editora, 2011. pp.1029-1068.

CORBITT-DIPIERRO, C. E. Fire Investigation Mythunderstandings. InternetFire online. Disponível em: <<http://www.interfire.org/features/spalling.asp>>. Acesso em: 02. ago. 2017.

CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Instrução técnica nº02/2011**. Conceitos básicos de segurança contra incêndio. São Paulo, 2011.

COSTA, C. N. **Dimensionamento de elementos de concreto armado em situação de incêndio**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

COSTA, C. N.; FIGUEIREDO, A. D.; SILVA, V. P. **O fenômeno do lascamento (“spalling”) nas estruturas de concreto armado submetidas a incêndio: uma revisão crítica**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 44, São Paulo: Ibracon, 2002.

GLOBO. **Incêndio atinge apartamento nas Graças, Zona Norte do Recife**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pernambuco/noticia/2014/02/incendio-atinge-apartamento-nas-gracas-zona-norte-do-recife.html>>. Acesso em: 15 Jun. 2016.

LAMONT, S.; LANE, B.; FLINT, G.; USMANI, A. Behavior of structures in fire real design – a case study. **Journal of Fire Protection Engineering**, Bethesda, v. 16, n. 1, p.5-35, 2006.

MORALES G.; A. Campos; A. FAGANELLO. A ação do fogo sobre os componentes do concreto. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 32, n. 1, p. 47-55, Londrina, 2011.

NEVILLE A.M.; BROOKS, J.J. Concrete Technology. Segunda edição. Inglaterra: **Longman Group UK Limited**: 987; 2010.

OLIVEIRA, R.A. **Parecer Técnico Edifício**, ROMILDE ALMEIDA DE OLIVEIRA – PROJETO ESTRUTURAL – CONSULTORIA Eng. Civil, Recife, 2014.

SOUSA D.A.; SILVA G.P. **ESTRUTURAS DE CONCRETO EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO**. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás. Goiânia, Goiás, 2015.

STOCCO, W.; Rodrigues, D.; Castro, A.P.A.S. **CONCRETO LEVE COM USO DE EPS**. Cobenge. Recife, Pernambuco, V. 32, n.1, p. 47-55. 2009.