
RISCO DE COLAPSO EM CASO DE INCÊNDIO EM EDIFÍCIOS DE ALVENARIA RESISTENTE DO TIPO “PRÉDIO CAIXÃO”

Marcelo Lima Silva¹

Cristiano Corrêa²

Romilde Almeida de Oliveira³

RESUMO

O risco de colapso em estruturas de edifício do tipo Prédio Caixão é alarmante. Milhares de prédios existentes têm algum risco potencial, e centenas têm alto risco. Cerca de 10% da população de Pernambuco habitam nesse tipo de edificação. O Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco – CBMPE atendeu no ano de 2012 na Região Metropolitana do Recife 314 ocorrências em residências e no ano de 2013 teve 325 incêndios residenciais. Na cidade de Recife no ano de 2013 foram 198 ocorrências de incêndio residenciais sendo 36 em edificações multifamiliares do tipo prédios caixão. Nesse artigo é apresentado um estudo de caso de um incêndio em um apartamento, onde foram observados seus efeitos sobre a alvenaria e é verificado se estes efeitos poderiam provocar o colapso em um edifício de Alvenaria Resistente, uma vez que nesse tipo de edificação as paredes de alvenaria têm função estrutural. Essas estimativas foram acerca da resistência a compressão. Estudos demonstram que os prédios em alvenaria resistente para terem a sua estabilidade assegurada dependem da participação do revestimento na resistência à compressão. As normas relativas à alvenaria estrutural recomendam que não deva ser considerada a contribuição do revestimento. No entanto, sem a contribuição do revestimento a estrutura estaria numericamente fora dos limites de segurança. Os efeitos decorrentes do incêndio poderão ocasionar a destruição do revestimento em uma das faces da parede e cerca de um terço do bloco cerâmico.

Palavras-chave: prédio caixão, alvenaria resistente, incêndio, colapso estrutural, gestão de riscos.

¹Engenheiro Civil – UPE, Especialista em Gestão Pública UniNassau, Mestrando PPGE UNICAP, Capitão do Corpo de Bombeiros – PE.

Endereço eletrônico: amil_olecram@hotmail.com

²Doutorando PPGE UFPE, Mestre pela FCAP/UPE, Major do Corpo de Bombeiros – PE

Endereço eletrônico: cristianocorreacbmpe@hotmail.com

³Professor Titular, Doutor, Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP

Endereço eletrônico: romildealmeida@gmail.com

RISK OF COLLAPSE IN CASE OF FIRE IN NON STRUCTURAL MASONRY BUILDINGS “PRÉDIO CAIXÃO” TYPE

ABSTRACT

The risk collapse of Building type box is alarming. Thousands of existing buildings have some potential risk, and hundreds have a high risk. About 10% of the population of Pernambuco lives in this type building. The Military Fire Department of Pernambuco - Firefighters attended in 2012 in RMR 314 occurrences in homes and in 2013 had 325 residential fires. In the city of Recife in 2013 were 198 occurrences of residential fire being 36 in multifamily buildings, the same type of occupation of the buildings type box. In this article is presented a case study of a fire in an apartment, where its effects on masonry were observed, and it is verified that these effects could have caused the collapse of a building Resistant Masonry, because this type of building walls is supporting masonry structure. Such estimates were about the strength in compression. Studies show that the buildings resistant masonry to have their guaranteed stability depend on the participation of the coating on compressive strength. The rules for the structural masonry recommend that should not be considered the contribution of the grout in its strength in compression. However, without the contribution of the grout the structure was numerically outside safe limits. The effects of fire may result in the destruction of the grout on one side of the wall, and around one third of the ceramic block.

Keywords: building type box, non-structural masonry, fire, structural collapse, risk management.

Artigo recebido em 21/02/15 e Aceito em 12/06/15.

1 INTRODUÇÃO

Na Região Metropolitana do Recife – RMR existem cerca de 5.300 prédios caixão, sendo que 4.770 apresentam risco, dos quais 340 estão em estado grave, 110 estão interditados e doze desabaram espontaneamente nos últimos vinte e cinco anos, segundo levantamento realizado por pesquisa recente ITEP divulgado por (NASCIMENTO, 2012). Estes edifícios foram construídos em uma época onde não havia no Brasil normatização sobre alvenaria estrutural e, dessa forma, foram construídos sobre blocos de vedação, ou seja, com blocos que não foram feitos para suportar a carga do edifício. Os blocos cerâmicos de alvenaria estrutural, por sua vez, são compatíveis com os esforços estruturais de pequenos edifícios e em muitos projetos, até mesmo, recomendáveis (RAUBER, 2005, p.38).

Em recente trabalho (OLIVEIRA, 2014), realizou um parecer técnico sobre um incêndio ocorrido na RMR, que iniciou em um banheiro e se alastrou para o quarto suíte, onde o corpo de bombeiros levou 15 minutos para iniciar os trabalhos de combate às chamas, conseguindo confinar o incêndio, na suíte e banheiro e por fim extingui-lo. Houve severos danos nas paredes de alvenaria, e nos blocos da laje de teto, bem como na fachada na região próxima à janela do apartamento superior. Essa propagação na fachada chegou a provocar um princípio de incêndio no apartamento superior que foi rapidamente controlado. Os danos foram bastante severos nas paredes deste edifício, mas não houve maiores danos nos elementos estruturais e nem risco à estabilidade por se tratar de edifício com estrutura de concreto armado (CARVALHO e FIGUEIREDO FILHO, 2014).

Os materiais das paredes mais danificados no incêndio estudado foram: pintura, reboco, emboço, chapisco, bloco, argamassa de

assentamento, sendo estes do mesmo daqueles empregados em edifício de alvenaria resistente.

Dessa forma, este trabalho visa avaliar comparativamente, o risco de colapso estrutural em caso de incêndio, utilizando por base os efeitos causados no estudo de caso citado.

Com milhares de edificações do tipo prédio caixão na RMR, sendo centenas com risco grave de colapso, é imprescindível entender os riscos e ter o devido preparo para atuação perante esses cenários de acidentes. Adicionalmente ao risco intrínseco de colapso dessas edificações, o risco de incêndio, é inerente a todo tipo de ocupação, têm consequências maiores, podendo ser justamente a causa necessária para levar essas estruturas ao colapso. Outro fator relevante é que o dimensionamento da prevenção contra incêndio para esse tipo de edificação é muito limitado (PERNAMBUCO, 1997), em especial em Pernambuco, o que deixa esses prédios ainda mais vulneráveis.

Dessa forma as informações serão importantes para subsidiar os tomadores de decisão na gestão das ações preventivas, mitigadoras e de atendimento desse problema de ordem pública da região.

Esse trabalho tem como objetivo avaliar o risco de colapso estrutural de edifícios de alvenaria resistente (prédio caixão), em situação de incêndio. Tem como objetivos específicos estimar se os efeitos do incêndio, utilizando os danos observados no estudo de caso, têm a possibilidade de provocar o colapso estrutural.

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Neste tópico discute-se a bibliografia que baliza o estudo em tela.

2.1 Risco de Colapso Estrutural

Para proporcionar segurança a uma estrutura o projetista deve dimensioná-la para resistir às distintas ações durante toda vida útil, preservando suas características. Alguns aspectos importantes devem ser levados em consideração: segurança, economia, conforto e durabilidade (VERZENHASSI, 2008).

O risco de colapso estrutural é inerente a qualquer estrutura de edificação, e está atrelado às diversas formas de ruína que possa vir a ocorrer. Podem ser principalmente por erro ou insuficiência de projeto, erro na execução ou fato fortuito extraordinário (VERZENHASSI, 2008).

Estruturas que utilizam o concreto como material estrutural têm como principal parâmetro a resistência característica à compressão. Essas características e outras só podem ser obtidas com um rigoroso controle dos materiais que compõem o concreto.

Um exemplo ocorrido no Brasil de colapso estrutural em consequência de erro de projeto é o do edifício Palace II em 1998 no Rio de Janeiro onde morreram oito pessoas. O laudo do Instituto de Criminalística Carlos Éboli - ICCE chegou à conclusão de que o Palace II desabou devido a um erro generalizado do projeto estrutural onde cerca de 80% dos pilares teriam sido projetados abaixo do exigido nas normas técnicas e dois deles, que deveriam ser dimensionados para suportar 480 toneladas, foram dimensionados e construídos para suportar apenas 230 toneladas. Discordando do Laudo do ICCE que considerava desprezível os erros de execução, Laudos realizados pela Secretaria Municipal de Urbanismo da Cidade do Rio de Janeiro e por uma empresa particular contratada pelas vítimas do Palace II concluíram que os erros de execução foram tão determinantes quanto os de cálculo para a queda do edifício. (GRASSELLI, 2004).

No município de Jaboatão dos Guararapes, situado na RMR, em 2004, o Edifício Areia Branca poucas horas após ter sido evacuado, desabou e matou quatro pessoas. O laudo emitido pelo CREA-PE chegou à conclusão de que falhas de execução das sapatas e pilares na região enterrada provocaram o colapso, 27 anos após o edifício ter sido concluído (OLIVEIRA, *et al*, 2005).

2.1.1 Risco de Colapso Estrutural em Prédios Caixão

Esses casos acima demonstram que mesmo sendo a estrutura do edifício construída em concreto armado, onde as técnicas de cálculo e execução são consolidadas em normas, que devem ser seguidas pelos diversos profissionais envolvidos no processo de construção, não só há o risco de colapso, como casos ocorridos em passado recente no nosso país reforçam essa possibilidade. Os coeficientes de segurança utilizados estão calibrados de tal ordem que permitem a ocorrência do risco de colapso de uma obra em cada 10.000 corretamente calculadas e executadas de acordo com as normas.

Em 2014, o Edifício Emílio Santos localizado no bairro de Boa Viagem, em Recife, um prédio tipo caixão que já havia sido interditado e evacuado desde maio de 2005, desabou parcialmente em uma manhã de agosto de 2014. Dessa forma percebe-se que essa construção suportava precariamente a própria carga, vindo a colapsar após ter passado mais de um ano sem estar ocupada. Outros exemplos, de edifícios deste tipo, os quais ruíram recentemente na Região Metropolitana do Recife, são descritos por Mota (2006, p. 93).

Os edifícios do tipo prédio caixão, como são popularmente conhecidos, são caracterizados por se utilizar blocos de vedação, que são blocos de alvenaria produzidos para separar os ambientes e suportar apenas o

peso próprio (OLIVEIRA, SILVA e PIRES SOBRINHO, 2008). Por isso são chamados tecnicamente de alvenaria resistente ou autoportante, para que não se confunda com alvenaria estrutural que é uma forma construtiva normatizada. Pereira (2005) chama atenção para os blocos de vedação, que mesmo quando não submetidos a tensões derivantes de funções estruturais, podem apresentar anomalias.

Cerca de 10% da população da RMR, aproximadamente 250 000 pessoas, moram neste tipo de edificação. Os blocos utilizados nesse tipo de edificação são predominantemente cerâmicos com dimensões 9 cm x 19 cm x 19 cm, assentados com os furos na horizontal ou blocos de concreto, com dimensões médias de 9 cm de largura, 19 cm de altura e comprimento 29 cm ou 39 cm, o que compromete ainda mais a resistência desses blocos, (OLIVEIRA, SILVA e PIRES SOBRINHO, 2008).

Na norma brasileira de Alvenaria estrutural a espessura do bloco é no mínimo 140mm a NBR 15270-2 (2005), enquanto os blocos usados nas paredes de vedação são de 90mm NBR 15270-1 (2005).

A má qualidade dos blocos cerâmicos é motivo de preocupação para vários pesquisadores. Em pesquisa realizada pelo INMETRO em 2001 foram testados blocos provenientes de doze fabricantes, observando critérios como a resistência a compressão e planicidade, dos quais apenas um fabricante teve seus produtos em conformidade. (INMETRO, 2001). Incluindo mais um fator de risco no método construtivo, tendo em vista que a maioria dos prédios em alvenaria resistente na RMR foi construída com esse tipo de bloco.

Além do bloco, outros fatores como a falta de controle de qualidade dos procedimentos construtivos, aliados à inexistência de norma técnica específica, impulsionados pela necessidade de diminuição de custos, contribuíram para maiores riscos neste tipo de edificação.

Essas edificações foram executadas de forma empírica, sem normas que possibilitassem o estabelecimento de padrões de confiabilidade estrutural aceitáveis. Outro fator importante que contribuiu para os colapsos foram as intervenções sem orientação técnica, geralmente relacionadas aos cortes e retiradas de paredes que suportavam o peso da estrutura.

As lajes mais utilizadas são pré-moldadas, com blocos cerâmicos ou de concreto e com capeamento de concreto, assentadas diretamente sobre as paredes, ou quando existente, sobre cintas de concreto executadas no coroamento das paredes.

As fundações são geralmente construídas em alvenaria simples ou dobrada, em continuidade com as paredes da edificação, geralmente assentadas sobre sapatas corridas de concreto armado ou sobre componentes de fundação pré-moldados. Em muitos casos as lajes empregadas são pré-moldadas do tipo volterrana. Sendo bastante comum para terrenos com forte declividade, para evitar a execução de aterros de grandes alturas foram empregadas fundações em paredes de alvenaria apoiadas sobre sapatas corridas, sem preenchimento dos espaços compreendidos entre o solo e o nível do piso. Geralmente a laje do pavimento térreo é também pré-moldada. Resulta, assim, o denominado caixão vazio. As paredes que constituem os embasamentos foram executadas em muitos casos em alvenaria singela de 9 cm ou de 19 cm, sem revestimento, o que conduza uma exposição do embasamento da fundação às intempéries, (OLIVEIRA, SILVA e PIRES SOBRINHO, 2008).

Para os padrões de esbeltez utilizados em alvenaria estrutural, que é a relação entre a largura da base e a altura da parede, as paredes dos prédios de alvenaria resistente que utilizam um pé direito de 2,60m têm uma esbeltez próxima de 30, superior aos 20 geralmente admitidos nas normas. Na norma brasileira de Alvenaria Estrutural a espessura do bloco é no mínimo

140mm, enquanto os blocos usados nas paredes de vedação são de 9mm (NBR -1, 2010).

As causas de colapso estruturais mais comuns na RMR são as falhas ou insuficiência de Projeto (31,4%), baixa qualidade ou inadequação dos materiais (17,1%), Falhas ou vícios de construção (34,4%) e causas ambientais (17,1%), (MELO, 2007). O índice de acidentes na RMR é considerado elevado, por ter um número superior à 1/10.000. (OLIVEIRA, 2001).

Em 2009 foi apresentada por Pires Sobrinho *et al.*, a caracterização de risco de prédios em alvenaria resistente, aplicando método descrito anteriormente em pesquisa recente (PIRES SOBRINHO, 2007).

O método é baseado em critérios da Organização das Nações Unidas - ONU, que classifica risco como sendo “*a probabilidade de ocorrência de danos resultantes da interação entre perigos naturais ou induzidos pelos homens e as condições de vulnerabilidade de um sistema*” (ONU, apud, PIRES SOBRINHO, *et al*, 2009), sendo que os perigos naturais estão associados aos vícios construtivos inerentes ao sistema construtivo em alvenaria resistente, e os perigos induzidos pelos usuários como: a retirada de paredes e ampliações, a construções de poços e plantio de árvores próximas e a falta de manutenção e de ações preventivas.

Os riscos foram classificados baixo (0 a 1), médio (1 a 2), alto (2 a 3) e muito alto (3 a 4), conforme é utilizado pela Defesa Civil. O método foi aplicado em quatro municípios da RMR: Recife, Paulista, Jaboatão dos Guararapes, Olinda e Camaragibe.

Recife com 2.290 edifícios teve 1.417 edifícios selecionados para serem investigados como número estatisticamente relevante para a amostragem. A classificação obteve os seguintes resultados em números de edifício/ grau de risco: 8 com risco baixo, 935 com risco médio, 1200 com risco alto e 133 com risco muito alto.

No município de Paulista foram identificados 614 edifícios em alvenaria resistente. A classificação obteve os seguintes resultados em números de edifício/ grau de risco: 199 com risco médio, 396 com risco alto e 19 com risco muito alto.

No município de Jaboatão dos Guararapes foram identificados 1004 edifícios em alvenaria resistente. A classificação obteve os seguintes resultados em números de edifício/ grau de risco: 459 com risco médio, 523 com risco alto e 22 com risco muito alto.

No município de Olinda foram identificados 513 edifícios em alvenaria resistente. A classificação obteve os seguintes resultados em números de edifício/ grau de risco: 173 com risco médio 290 com risco alto e 50 com risco muito alto.

No município de Camaragibe foram identificados 30 edifícios em alvenaria resistente alguns compondo conjuntos residenciais com quantidade variável de edificações e poucos prédios individuais. A classificação obteve os seguintes resultados em números de edifício/ grau de risco: 29 com risco médio e um com risco alto (PIRES SOBRINHO, *et al*, 2009).

Esse tipo de edificação tem risco elevado e as ações para recuperação dessas estruturas são estimadas em cinco a dez anos, o que implica em manter planos de ação que deixem as entidades de Defesa Civil e órgãos de controle das prefeituras, em constante monitoramento e preparação em caso de sinistro. O Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco tem treinado equipes para realização de Busca e Resgate em Estruturas Colapsadas, mas é importante que seja verificado se os sinistros de incêndio atendidos pelo Corpo de Bombeiros podem se tornar uma ocorrência de colapso estrutural, por notadamente fragilizar as estruturas.

Diante dos riscos a que estes edifícios estão submetidos, diversas ações foram propostas todas com diretrizes semelhantes. Envolvem ações governamentais com aportes de recursos a fundo perdido, uma vez que

os usuários destas habitações não dispõem de recursos para arcarem com os custos de inspeções, projetos de reforço e recuperação. Um exemplo típico de proposta desta natureza se encontra em Gusmão, *et al.* (2009).

Este preocupante panorama é expresso na figura a seguir:

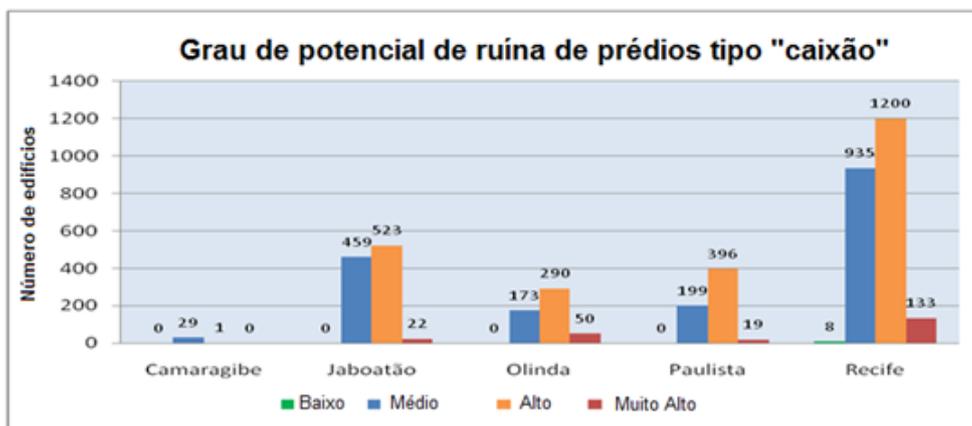


Figura 1 - Distribuição do grau de risco em edifícios no Grande Recife
Fonte: Oliveira, *et al.* (2012).

2.2 Risco de Incêndio

O risco tem diversas definições, e está relacionada à probabilidade de que um evento danoso possa acontecer, sendo que tão importante quanto à frequência com que esse evento acontece é a severidade que os danos possam provocar às vidas e ao patrimônio (CORRÊA, 2014).

A severidade do Incêndio depende da carga de incêndio que é constituída das propriedades térmicas e a quantidade de materiais combustíveis presente no ambiente do incêndio, da atividade desenvolvida no ambiente do incêndio; das características da edificação como área, ventilação, compartimentação, e os sistemas de prevenção contra incêndio (BONITESE, 2007).

O Glossário de Defesa Civil de Estudos de Riscos e Medicina de Desastres define como vulnerabilidade: “*Condição intrínseca ao corpo ou*

sistema receptor que, em interação com a magnitude do evento ou acidente, caracteriza os efeitos adversos, medidos em termos de intensidade dos danos prováveis.” (CASTRO, 1998).

A atividade humana desenvolvida em um determinado ambiente catalisa os incêndios, e regiões com grande densidade demográfica tem um maior potencial de risco para que isto ocorra. Em regiões como a RMR onde não houve um desenvolvimento planejado, os pequenos e grandes incêndios são grandemente influenciados por esse crescimento desordenado, como por exemplo, nos incêndios provocados por vazamento de gás, curto circuito, sobrecarga elétrica, uso de equipamentos com potencial de incêndios como ferros de passar roupa, fogão e outros aparelhos que possam provocar um princípio de incêndio, que tem potencial de se tornar um desastre. (CORRÊA, 2014).

Em Pernambuco segundo informações do CBMPE aconteceram nos anos de 2013, 2012 e 2011 cerca de 15.000 ocorrências de incêndios, sendo que em 30% destes tratavam-se de incêndios em edificações, esses números de ocorrências de incêndio cresceram no ano de 2011 para 2012 de 4.444 para 5.539, com aumento percentual de 25% no total, em virtude do próprio aumento da população pernambucana, que em 2010 tinha 8.768.000 e segundo o IBGE tem hoje em torno de 9.277.727 de população estimada. Outro fator de crescimento dessas ocorrências é o crescimento da frota de viaturas de incêndios que tem atendido mais municípios que antes não dispunham dos serviços de Bombeiros na sua cidade, (CORRÊA, 2013).

Esses números refletem as ocorrências que o CBMPE atuou, sendo desconsiderados nesses dados os números de ocorrências canceladas, seja por motivo de já ter sido extinguido o incêndio ou por trote.

Na RMR vivem 4.046.845 de habitantes (IBGE/2013), uma parte significativa da população Pernambucana, com destaque para os cinco maiores municípios: Recife, Olinda, Jaboatão dos Guararapes, Paulista e Cabo

Revista FLAMMAE

Revista Científica do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco

Seção 1 – Artigos Técnico Científicos

Artigo publicado no Vol.01 Nº02 - Edição de JUL a DEZ 2015 - ISSN 2359-4829

Versão on-line disponível em: <http://www.revistaflammaecbmpe.wix.com>.

de Santo Agostinho, que totalizam um total de 3.196.404 habitantes. As ocorrências de incêndio no ano de 2012 atendidas pelo CBMPE na RMR foram 3.691, enquanto em 2011 foram 2.646 incêndios (CBMPE, 2014).

Segundo o CBMPE (2014), no ano de 2012 o Estado teve 1.596 incêndios em edificações, sejam elas comerciais, de prestação de serviço, industriais ou residenciais, dos quais na RMR foram 314 ocorrências em residências, já no ano de 2013 até o mês de agosto, foram 1.752 incêndios em edificações em todo o Estado sendo que na RMR houve 325 incêndios residenciais. Somente na cidade de Recife no ano de 2012 foram 169 ocorrências de incêndio residencial e 198 em 2013, das quais 36 foram em edificações multifamiliar, ou seja, apartamento residencial, mesmo tipo de ocupação dos prédios caixão.

Dados estimados pela Prefeitura do Recife divulgados em portal de notícias (G1, www, 2012), avaliam que existem 370.000 edificações cadastradas na cidade, levando a uma considerável razão de edificações incendiadas anualmente.

Em 2014 foi noticiado um incêndio que teria sido provocado por um curto circuito em um ventilador em prédio caixão no município de Jaboatão dos Guararapes, no Bairro de Candeias, conforme figura 1, que teve de ser desocupado. Segundo (CUNHA, 2014) informações prestadas pelo síndico do Prédio, o Corpo de Bombeiros chegou em 15 minutos, e conforme informação prestada na notícia pelo Engenheiro da Defesa Civil da Prefeitura de Jaboatão dos Guararapes, Jaldo Nogueira Júnior, os apartamentos 002, 102, 202 e 302 apresentam, na parte externa, rachaduras horizontais e diagonais, ocasionadas pela propagação das chamas, motivo pelo qual foi interditado.



Figura 2 -Edifício Caixão interditado após incêndio.

Fonte: Fernando da Hora/LeiaJá, 2014.

O tempo de resposta informado para o incêndio nessa edificação foi o mesmo registrado na edificação utilizada como Estudo de caso, isto é, 15 minutos, compreendendo por tempo resposta o tempo compreendido entre o chamado e a chegada da equipe do Corpo de Bombeiros. A edificação resistiu o suficiente para o resgate do único morador presente do apartamento 202 e os trabalhos de combate a incêndio, mas não apresentou condições de segurança após o incêndio para os outros moradores e todos 16 apartamentos daquele edifício tiveram que ser evacuados também. Ficando o questionamento, se o incêndio tivesse sido no pavimento térreo, o edifício resistiria até o combate ser iniciado.

Segundo Bonitese (2007), não existe maiores riscos ao patrimônio antes do *flashover*, que é a explosão generalizada de todos os materiais combustíveis no ambiente do incêndio, e dessa forma é importante que o combate ao incêndio seja iniciado pelos sistemas preventivos ou pela ação dos bombeiros, o quanto antes.

No caso dos prédios caixão, pela sua característica de ser uma edificação residencial com quatro pavimentos e menos de 250 m² de área por

pavimento, é exigido como sistema preventivo pelo Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico – COSCIP, apenas o uso de extintores; as escadas do tipo I, sendo dispensados alarmes, elevadores e sistemas de gás, sendo esse abastecimento feito por botijão de gás. Segundo (OLIVEIRA, SILVA e PIRES SOBRINHO, 2008) prédio caixão tem seu nome em alusão a sua forma como grande caixa, o que podemos observar nessa geometria é a ausência de compartimentação vertical na fachada, embora não seja uma exclusividade das edificações em alvenaria resistente, essa característica geométrica pode proporcionar uma propagação vertical, ao atingir, por exemplo, uma cortina ou outro material combustível de uma janela aberta acima da edificação do incêndio, principalmente quando consideramos a propagação térmica por convecção.

3 METODO

O método do trabalho utilizado foi um estudo de caso onde foi observado os danos provocados por um incêndio, e todo o histórico da ocorrência, do início do fogo à sua extinção pela atuação do Corpo de Bombeiros. Assentando no preconizado por Lakatos e Marconi (2001), quando destaca que o estudo de caso busca inspiração para um estabelecimento de uma hipótese, neste caso, restritiva (projeção em caso de incêndio) e aplicada (Prédios Tipo Caixão constituída de alvenaria de vedação).

Com a informação estimada dos danos, procedeu-se um cálculo estrutural baseado nas equações utilizadas na alvenaria estrutural que são previstas nas normas vigentes, considerando a perda de seção das paredes e alteração das características físicas em decorrência do incêndio. Foi verificado também o tempo de duração do incêndio para servir de parâmetro,

aferindo-se quanto tempo de incêndio foi necessário para causar tal extensão de dano.

3.1 Efeitos do Incêndio na Alvenaria de Apartamento do Recife

A edificação que foi escolhida para estudo foi um edifício no Bairro das Graças com doze pavimentos, dois apartamentos por andar e estrutura em concreto armado. As lajes de vigotas pré-moldadas, com blocos de concreto. As paredes de fachada e divisórias são constituídas de blocos cerâmicos de oito furos assentados com argamassa de cimento e areia, as juntas horizontais e verticais estavam preenchidas com argamassa. O revestimento é constituído de chapisco e reboco executado com argamassa de cimento, areia e saibro, internamente pintada e externamente revestida com placas cerâmicas (OLIVEIRA, 2014).

O Incêndio ocorreu no mês de fevereiro de 2014, no período aproximado de 12:00h às 13:00h, na suíte do apartamento 902. As chamas atingiram parcialmente o apartamento 1002 os gases e fumaças atingiram os apartamentos 802 e 1102, todos através da região da fachada, no perímetro da janela (OLIVEIRA, 2014).

Segundo informações do Corpo de Bombeiros, o tempo para que a primeira viatura chegasse ao local foi de 15 minutos, o horário de aviso foi 12h30min e de chegada ao local foi 12h45min, o tempo do serviço foi de 2 horas e 35 minutos incluindo o combate às chamas e o rescaldo (CBMPE, 2014). O tempo informado para realizar a extinção do incêndio foi de 40 minutos, uma das dificuldades observadas para a extinção do incêndio foi que os hidrantes da edificação não estavam funcionando, dessa forma houve a necessidade de estabelecer 12 seções de mangueira, com aproximadamente 15 metros cada uma, desde o térreo até o apartamento, com a extensão total de 180 metros. Também não foi observado extintores de incêndio em alguns

Revista FLAMMAE

Revista Científica do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco

Seção 1 – Artigos Técnico Científicos

Artigo publicado no Vol.01 Nº02 - Edição de JUL a DEZ 2015 - ISSN 2359-4829

Versão on-line disponível em: <http://www.revistaflammaecbmpe.wix.com>.

pavimentos que poderiam ter sido usados para extinguir o incêndio quando o mesmo ainda se encontrava no início. Foi registrado um gasto de 10.000 litros d'água, o equivalente a dois ABT – Auto Bombas Tanque para extinguir um incêndio confinado em 20 m² aproximadamente, o que em princípio pode ser considerado um uso excessivo de água.

Segundo informações do Instituto de Criminalística através do Laudo Pericial a causa mais provável do incêndio, teria sido um curto-circuito, ocorrido no chuveiro elétrico situado no banheiro anexo ao quarto (ICPE, 2014). A propagação para o quarto teria acontecido inicialmente através de um guarda-roupa e porta que separavam os dois ambientes, ambos de madeira. Contribuíram ainda para a carga de incêndio os materiais de duas camas, três colchões, estantes e roupas (CBMPE, 2014).



Figura3 - Incêndio no Ap.902 com reflexos nos aptos. 802, 1002 e 1102.

Fonte: Bruna Siqueira Campos – Disponível em: www.diariodepernambuco.com.br

As paredes próximas do local onde se situava o guarda-roupa e a cama sofreram mais intensamente com a ação do incêndio. Com a elevada

temperatura desenvolvida naquelas paredes, inicialmente a pintura foi destruída, deixando a argamassa exposta. A elevada temperatura atingida transformou a água livre existente na argamassa em vapor que com as altas temperaturas, ao expandir exerceu pressão no sentido de expulsar a camada de argamassa de reboco e de chapisco. Ao lançar água para debelar o incêndio, parte da água é absorvida pelo revestimento de argamassa que se encontrava seco e aquecido, parte foi rapidamente transformada em vapor. Com a transformação em vapor, houve o aumento de volume e surgiu uma pressão de dentro para fora que, para certa área resultará em uma força de arrancamento do reboco e do chapisco que se transfere também às capas externas dos blocos que ficarão tracionados perpendicularmente à superfície da parede pela mesma força. Sob a ação desta força poderá haver ruptura da região mais frágil. Poderá ocorrer: (i) fragmentação do reboco; (ii) ruptura na interface reboco/chapisco; (iii) ruptura na interface chapisco/bloco; (iv) arrancamento do chapisco com desprendimento de partes das placas do bloco que seguram o chapisco; (v) ruptura dos septos que estão em contato com o chapisco e que suportam o revestimento, voltados para a área onde se desenvolveu o incêndio (OLIVEIRA, 2014).

Tais danos são derivados do efeito da força de arrancamento ocorrida no chapisco e no revestimento que tracionaram o septo mais externo do bloco, com espessura média de 7 mm, e não pela variação de temperatura naquela região do bloco propriamente dito, que a princípio resistiria as altas temperaturas do incêndio, assentindo no que Rei (1999, p 178) afirma:

“Os materiais cerâmicos de barro, sendo cozidos pelo menos a 900°C, sofrerão, se aquecidos até temperaturas da ordem de 1000 a 1100°C, melhoria da sua resistência mecânica. Temperaturas capazes de provocar o seu “amolecimento” sob carga, não são susceptíveis de serem atingidas num incêndio de características “normais”.”



Figura 4 - Parede longitudinal externa do quarto, trecho próximo da parede transversal externa, com danos no reboco, argamassa de assentamento e blocos.

Fonte: Oliveira, 2014.

Os danos verificados na laje do teto são motivados pelos mesmos mecanismos que danificaram as paredes e que foram anteriormente descritos, tendo o agravante da sua posição, pois pelo efeito da convecção dos gases produzidos no incêndio, deve ser a região mais quente do ambiente. Os materiais construtivos do teto têm também maior facilidade de queda devido à gravidade enquanto deformado termicamente, e a maior porosidade dos blocos de concreto em relação aos blocos cerâmicos, o que permite a penetração de água que em seguida se transforma em vapor provocando a expansão. Há que se considerar ainda a frágil aderência das nervuras com o capeamento que também facilitou a passagem da água através da laje. As inspeções efetuadas não identificaram danos aparentes nas vigotas pré-moldadas que é o elemento estrutural mais importante a ser observado. Os blocos de composição da laje tipo pré-moldada não têm função estrutural sendo utilizados como isolante térmico e acústico.

Como o aviso do incêndio foi às 12h30min, o incêndio começou antes deste horário, e a chegada do Corpo de Bombeiros foi às 12h45min, somados ainda aos 40 minutos de combate, que envolviam lançar 180 metros de mangueira pelas escadas dos 10 pavimentos, é possível inferir que o

incêndio durou aproximadamente 40 minutos até que o primeiro jato d'água fosse lançado, um total de 60 minutos de chamas.



Figura5 - Laje do teto, apartamento 902 – Danos na argamassa de revestimento e nos blocos de concreto.

Fonte: Oliveira, 2014.

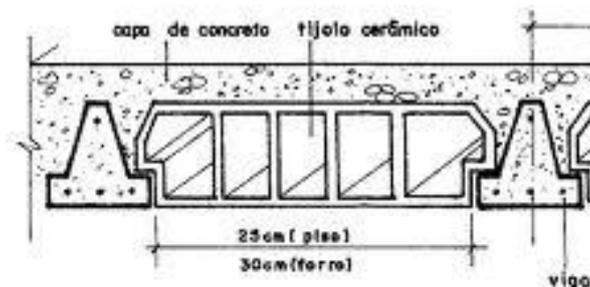


Figura 6 - Elementos da laje pré-moldada comum, podendo o bloco ser cerâmico, de concreto ou de EPS (Isopor).

Fonte: Disponível em: <http://construcaociviltips.blogspot.com.br/>, 2014.

4 RESULTADOS

Observando os efeitos do fogo sobre as paredes do quarto desse edifício, observa-se que todo o revestimento foi destruído e que a parede externa do bloco também sofreu arrancamento. Isso representa para o bloco

uma perda de um terço da resistência, visto que apenas o septo central e a parte externa do bloco, permaneceram íntegros.

Considerando as recomendações normativas para alvenaria estrutural, estendidas para edificações executadas com alvenaria resistente, a espessura a ser considerada é apenas a do bloco, desprezando-se a espessura do revestimento. Segundo Mota (2006) para uma edificação típica de prédio caixão da RMR, com até quatro pavimentos, o valor das cargas atuantes nas paredes mais solicitadas chega à tensão da ordem de 0,7 MPa.

Considerando ainda que, para garantir a segurança estrutural, quanto ao critério de resistência à compressão, o bloco deve ser preferencialmente o elemento mais resistente do sistema, e para que seja verificado esse cálculo é utilizado o ensaio de prismas, composto de dois ou três blocos assentados com argamassa, ou estimando a resistência do prisma e da parede utilizando o fator de eficiência. Aplica-se ao fator de eficiência entre a parede/bloco, prisma/bloco e prisma/parede a formula apresentada a seguir. (PARSEKIAN e SOARES, 2010).

$$\gamma_f \cdot N_k \leq \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \text{ paredes} \\ 0,9 \text{ pilares} \end{array} \right\} \times \frac{0,7 f_{pk}}{\gamma_m} \cdot \left[1 - \left(\frac{h_{ef}}{40t_{ef}} \right)^3 \right] \times A$$

onde:

N_k = Carga característica; f_{pk} = resistência característica dos prismas;

h_{ef} = altura efetiva; t_{ef} = espessura efetiva,

γ_f = coeficiente de segurança das ações = 1,4 e

γ_m = coeficiente de segurança dos materiais = 2,0.

Dessa forma utilizando bloco com resistência 3 MPa, o que de fato chega a ser um pouco acima do apresentado em estudos sobre blocos de vedação cerâmicos, Mota (2006), calculou a tensão admissível, utilizando o fator de eficiência do resultado dos ensaios, de vários prismas, visando verificar a influência do revestimento na resistência à compressão.

A resistência obtida foi de 0,269 MPa, muito abaixo do esperado, o que não explica o fato desses prédios estarem estáveis, mesmo considerando todos os colapsos ocorridos. Sendo assim os ensaios demonstrados por autores como Araújo Neto (2006), que estudou a influência do revestimento à compressão utilizando blocos de concreto e prismas de três blocos e Mota (2006) que estudou a influência do revestimento à compressão utilizando blocos cerâmicos e prismas de três blocos, chegou a conclusões semelhantes às apresentadas no quadro abaixo da pesquisa de Araújo Neto (2006):

Tabela 1 – Comparação simples das médias.

Comparação	Acréscimo (%)
Sem revestimento p/ CH	10,66
Sem revestimento p/ F 1,5 cm	107,77
Sem revestimento p/ F 3,0 cm	120,33
Sem revestimento p/ M 1,5 cm	177,37
Sem revestimento p/ M 3,0 cm	159,56
F 1,5 cm p/ F 3,0 cm	6,05
M 1,5 cm p/ M 3,0 cm	-6,42
F 1,5 cm p/ M 1,5 cm	33,50
F 3,0 cm p/ M 3,0cm	17,80

Fonte: Araújo Neto, 2006.

Com esses estudos é possível explicar como esses prédios caixão resistem às cargas atuantes, pois além de ser verificada a importante contribuição do revestimento na resistência à compressão, pela própria resistência da argamassa, mas também pela diminuição da esbelteza da parede que passa a considerar a espessura acrescentada do revestimento.

Entretanto conforme demonstrado no estudo de caso, todo o revestimento de uma face da parede é destruído no incêndio, além de pelo

menos um dos septos verticais do bloco. Dessa forma podemos estimar que 50% de todo o benefício trazido pelo revestimento no seu melhor desempenho médio que foi de incremento de 177,37% seja perdido, a esbeltez aumente junto com a redução que ela proporciona pela diminuição da espessura e a resistência do bloco caia em 1/3 pela destruição da parede externa do bloco.

Ao fazer uso destas considerações, para os parâmetros de redução estimados no incêndio estudado adotando uma espessura de 9 cm, contando com a parte remanescente do bloco e o revestimento externo obtemos uma tensão admissível para a parede de 0,279 MPa.

5 CONCLUSÕES

Pelos estudos apresentados concluímos que para a região das paredes destruídas após ser submetida a incêndio, a tensão admissível é reduzida a valores inferiores à carga atuante da parede mais carregada de um prédio caixão típico da RMR com quatro pavimentos, o que indica que dentro da estimativa realizada nesse estudo o risco de colapso desse elemento estrutural e a segurança destes edifícios se agravam em condições de incêndio, a uma situação de insegurança e instabilidade da estrutura.

Os prédios caixão são uma grande preocupação da comunidade acadêmica, e da sociedade pernambucana, que almeja soluções. Como a execução dessas soluções são planejadas para longo prazo, a intervenção nesses prédios em situação de incêndio tem que ser a mais rápida e eficiente possível.

Foi observado nesse estudo de caso parâmetros, que para serem melhor interpretados, carecem de maiores estudos como: o tempo resposta, eficiência do uso da água no combate ao incêndio, falhas no sistema de prevenção contra incêndio, etc. O estudo dessas informações é importante para prevenir uma maior degradação dos elementos da estrutura e a

sobrecarga que o peso da água pode proporcionar, pelos efeitos descritos nesse estudo, proveniente da ação do Corpo de Bombeiros.

Por fim recomenda-se que os estudos efetuados nesse artigo sejam aprofundados através de procedimentos experimentais ou por cálculos utilizando modelos mais precisos para a determinação das distribuições de tensões nessas estruturas.

6 Referências

ARAUJO NETO, G. N. **Influência da Argamassa de Revestimento na Resistência à Compressão em prismas de Alvenaria Resistente de Blocos de Concreto**. 2006. 72f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Civil). Universidade de Católica. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15812-1 – Alvenaria estrutural - Blocos Cerâmicos – Parte 1: Projetos**. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 15270-1 – Componentes Cerâmicos - Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação**. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15270-2 – Componentes Cerâmicos - Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria de estrutural**. Rio de Janeiro, 2005.

BONITESE, K. V. **Segurança Contra Incêndio em Edifício Habitacional de Baixo Custo Estruturado em Aço**. 2007. 278f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo horizonte, 2007.

CASTRO, A. L.C. **Glossário de Defesa Civil Estudos de Riscos e Medicina de Desastres define como vulnerabilidade**. 2^a. ed. Brasília, 1998.

CARVALHO, J.M. **Investigação Experimental e Numérica Aplicada a um Edifício Caixão da Região Metropolitana do Recife**. 2010. 355f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.

CARVALHO, R.C. FIGUEIREDO FILHO, J. R.. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**. 4. ed. São Carlos: EDUFSCAR, 2014.

Revista FLAMMAE

Revista Científica do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco

Seção 1 – Artigos Técnico Científicos

Artigo publicado no Vol.01 Nº02 - Edição de JUL a DEZ 2015 - ISSN 2359-4829

Versão on-line disponível em: <http://www.revistaflammaecbmpe.wix.com>.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE PERNAMBUCO - CBMPE. **Ofício nº 146/14-DIEOp/DIM/CBMPE, Informações Estatísticas.** Recife, 2014

CORRÊA, C. **Gerenciamento de Riscos e Emergências.** Curso Técnico de Segurança do Trabalho, Secretaria de Educação e Esportes. Recife, 2014

CORRÊA, C. (org.). **Estudo Estatístico Operacional Bial 2012-2011 do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco.** Recife - PE, 2013.

CUNHA, A. **Prédio atingido por incêndio tem risco de desabamento,** Notícia Leia Mais, Disponível em: <<http://www.leiaja.com/noticias/2014/01/03/predio-atingido-por-incendio-tem-risco-de-desabamento/>>. Acesso em: 09out. 2014.

G1, www, 2012. **Recife tem seis mil imóveis a mais pagando IPTU e arrecadação aumenta.** Disponível em: <<http://g1.globo.com/pernambuco/noticia/2012/03/recife-tem-seis-mil-imoveis-mais-pagando-iptu-e-arrecadacao-aumenta.html>>. Acesso em 05 out. 2014.

GRASSELLI, V. A. **Controle das edificações: uma contribuição ao processo de gestão pelos órgãos públicos.**2004. 133f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2004.

GUSMÃO, A. D; CALADO, C. F. A.; NOGUEIRA, C. L.; SILVA, F. A. N.; OLIVEIRA, R. A.; CERQUEIRA, S. O.. **Diretrizes para Solução dos Problemas Relacionados aos Prédios Construídos em Alvenaria Resistente na Região Metropolitana do Recife.** Recife, 2009. Disponível em <<http://www.upe.br/down/imprensa/Ed.Final.pdf> >. Acesso em: 29 dez. 14.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Perfil das Cidades – Pernambuco - Recife.** Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=261160&search=pernambuco|recife>>. Acesso em: 29 dez. 13.

INSTITUTO DE CRIMINALÍSTICA DE PERNAMBUCO - ICPE. **Laudo Pericial de Incêndio – Caso No. 0366.3.2014.** Recife, 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO. **Programa de Análise de Produtos:** Blocos cerâmicos de alvenaria, 2001.

LAKATOS, E. M. e MARCONI, M. A.. Fundamentos de Metodologia Científica. São Paulo-SP: Atlas, 2001.

LEIA JÁ, www, 2014. **Prédio atingido por incêndio tem risco de desabamento.** Disponível em:

<<http://www.leiaja.com/noticias/2014/01/03/predio-atingido-por-incendio-tem-risco-de-desabamento/>>. Acesso em 05 out. 2014.

MOTA, J. M. F.. **Influências da Argamassa de revestimento na resistência à compressão axial de Alvenaria Resistente de Blocos Cerâmicos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

NASCIMENTO, A. **Riscos de prédios-caixão na RMR são debatidos em Fórum Técnico.** Diário de Pernambuco. Recife, 22 nov. 2012. Disponível em: <http://www.diariodepernambuco.com.br/app/noticia/vida-urbana/2012/11/22/interna_vidaurbana,408936/riscos-de-predios-caixao-na-rmr-sao-debatidos-em-forum-tecnico.shtml>. Acesso em: 04 out. 2014.

OLIVEIRA, R. A. de. **Parecer Técnico Ed. Solar Princesa Danielle,** Recife, 2014.

OLIVEIRA, R. A.; SILVA, F. A.N; PIRES SOBRINHO, C. W.. **Edifícios construídos em alvenaria resistente em Pernambuco – Situação atual e perspectivas futuras.** In O SINAENCO-PE e a produção do conhecimento. Orgs. Bernardo Silva Monteiro e José Afonso P. Vitória. SINAENCO-PE, Recife, 2008.

OLIVEIRA, R. A. **Uso de alvenaria estrutural na Região Metropolitana do Recife.** Jornal IAB-PE, Jan/Fev, N.45, 2001.

OLIVEIRA, R. A. et al. **Laudo Técnico: Causas do Desabamento do Edifício Areia Branca, Piedade. Volume 1.** CREA-PE, Recife, 2005.

OLIVEIRA, R. A. (Org.); PIRES SOBRINHO, C. W.; SILVA, F. A. N.. **Engenharia para prédios-caixão na RMR.** 1. ed. Brasília: Caixa Econômica Federal, 2012. v. 1. 584p.

PARSEKIAN, G.A. e SOARES, M. M. **Alvenaria Estrutural em Blocos Cerâmicos: projeto, execução e controle.** Editora Nome da Rosa, São Paulo, 2010

PERNAMBUCO (Estado). Decreto nº 19.644, de 13 de março de 1997, **Código de segurança Contra incêndio e pânico para o Estado de Pernambuco - COSCIP,** Recife, 1997.

PEREIRA, M. F. P.. **Anomalias em paredes de alvenaria sem função estrutural**. Dissertação (Mestrado) Universidade do Minho, Guimarães – Portugal, 2005.

PIRES SOBRINHO, C.W.A; TAVARES, S.A; SILVA, C.G; SANTANA, E; ANTUNES, S. **Caracterização de grau de risco ao desabamento para edificações em alvenaria resistente na Região Metropolitana do Recife**. IBRACON, Recife, 2009.

PIRES SOBRINHO, C.W.A et al- **Metodologia para caracterização de grau de risco ao desabamento de edificações em alvenaria resistente** IN: IX Congresso Latinoamericano de Patologia, Quito-Ecuador, 2007.

RAMALHO, M.A.; CORRÊA, M.R.S.. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. Editora PINI, São Paulo, 2003.

RAUBER, F. C.. **Contribuição ao Projeto Arquitetônico do Edifício em Alvenaria Estrutural**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

REI, J. C. M.. **Edifício de Pequeno Porte em Alvenaria Resistente Viabilidade Técnico-Económica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade do Porto, Portugal, 1999.

VERZENHASSI, C. C. **Otimização de risco estrutural baseada em confiabilidade**. 2008. 154f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas). Universidade de São Carlos. 2008.