



Estudo de Caso em Três Obras da Região Metropolitana de Belém-PA, para Verificação do Atendimento aos Requisitos da Norma NBR 15200 (ABNT, 2012) – Projeto de Estruturas de Concreto em Situação de Incêndio

Marlos Henrique Pires Nogueira¹, Rayra Assunção Barbosa Magalhães², Ronaldo Furtado de Assunção³, Luzilene Souza Silva⁴, Israel Souza Carmona⁵

¹ Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal do Pará (UFPA) - Belém - PA- Brasil

paulistta2000@yahoo.com.br, rayrabmagalhaes@hotmail.com,
assucaoronaldo@yahoo.com.br, eng.luzilene@gmail.com,
engisraelcarmona@hotmail.com

Resumo. *O presente trabalho buscou realizar um estudo de caso baseado em três obras localizadas na região metropolitana de Belém-PA, a fim de verificar o atendimento ou não aos requisitos estabelecidos na norma NBR 15200 (ABNT, 2012) - projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio. Com base nos projetos estruturais dessas edificações, o dimensionamento das peças estruturais (vigas, lajes e pilares) foi comparado com os valores dimensionais mínimos exigidos pela referida norma para proporcionar à estrutura resistência ao fogo em situações de sinistro. Chegou-se à conclusão de que em todas as obras analisadas, alguns elementos estruturais estavam em desacordo com o que é exigido pela norma em questão, fato esse que põe em risco as vidas dos futuros ocupantes destes prédios, caso ocorra um incêndio de grandes proporções. Tendo isso em vista, procurou-se indicar possíveis soluções para o problema. Entre as medidas apontadas está o investimento em proteção ativa (sistema de alarme, hidrantes e escada pressurizada) e proteção passiva (acabamentos resistentes ao fogo).*

Palavras Chave: *Incêndio. Normas. Segurança. Análise Estrutural*

Abstract. *The present work aimed to conduct a case study based on three works located in the metropolitan region of Belém-PA, in order to verify whether or not the requirements established in NBR 15200 (ABNT, 2012) - design of concrete structures in situ of fire. Based on the structural designs of these buildings the dimensioning of the structural parts (beams, slabs and pillars) was compared with the minimum dimensional values required by the referred standard to provide the structure with fire resistance in situations of accident. It was concluded that in all the works analyzed, some structural elements were in disagreement with what is required by the norm in question, a fact that endangers the lives of future occupants of these buildings, if a major fire occurs. With this in mind, we sought to indicate possible solutions to the problem. Among the measures mentioned is the investment in active protection (alarm system, fire hydrants and pressurized stairs) and passive protection (fire resistant finishes).*

Key words: *Fire; Standards; Security; Structural Analysis.*



1. Introdução

O livro *Segurança Contra Incêndio no Brasil* (2008) fornece um resumo objetivo da evolução das normas, leis e técnicas de prevenção e combate a incêndios no Brasil, destacando claramente que esses avanços foram resultado direto da reação da sociedade aos maiores incêndios ocorridos na história do País, os quais deixaram prejuízos materiais e ceifaram muitas vidas humanas.

No Brasil, pela ausência de grandes incêndios e grande número de vítimas, até a década de 1970 o problema “incêndio” ficou restrito apenas à atuação do Corpo de Bombeiros. A regulamentação era escassa, sem absorver conhecimentos internacionais, e, exclusivos aos códigos de obras de cada município, assim como a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT se envolvia apenas na fiscalização da produção de extintores. Não haviam normas sobre saídas de emergência, iluminação, sinalização, rotas de fuga e escadas protegidas (SILVA, 2012).

Ao longo dos anos, houveram mudanças em todo esse quadro descrito acima até se chegar à legislação atual, após uma sequência de tragédias como a do Gran Circo Norte-Americano em 1961; incêndio no Edifício Andraus em 1972; e incêndio no edifício Joelma em 1974. Foi a partir desse momento que teve início a criação de comissões, decretos, normas e aperfeiçoamento de todos os sistemas existentes atualmente, unificando toda a linguagem de incêndio para todas as regiões do país, sendo o Estado de São Paulo sempre um pioneiro nessa área (VALENTINI, 2009).

O projeto de estrutura de uma edificação em situação normal deve atender às prescrições da norma NBR 6118 (ABNT, 2014) e, em se tratando de estruturas de concreto pré-moldado, também as prescrições da norma NBR 9062 (ABNT, 2017). O projeto de estruturas em situação de incêndio é baseado na correlação entre o comportamento dos materiais e da estrutura em situação normal, ou seja, à temperatura ambiente (considerada próxima a 20°C), com o que ocorre em situação de incêndio, utilizando o incêndio-padrão para correlacionar o comportamento dos materiais (SILVA, 2012).

Os objetivos fundamentais de verificar a estrutura em situação de incêndio são limitar o risco a vida humana, limitar o risco do fogo se propagar para vizinhança e como consequência, conduzir-se à redução da perda patrimonial. Para isso, a estrutura deve apresentar a função corta-fogo, ou seja, não permitir que o fogo a ultrapasse ou que o calor a atravesse em quantidade suficiente para gerar combustão no lado oposto ao incêndio inicial NBR 15200 (ABNT, 2012).

O Brasil encontra-se em terceiro lugar no ranking mundial de mortes por incêndio. A constatação se baseia no cruzamento de dados do Sistema Único de Saúde (SUS) com uma pesquisa realizada pela *Geneva Association*. Em 2011, o Sistema de Informações sobre Mortalidade do SUS registrou 1.051 mortes por incêndio ou por exposição à fumaça (INSTITUTO SPRINKLER BRASIL, 2015).

Diante desse contexto, é necessário se armar com as ferramentas de projeto, com o controle dos materiais, garantir a construção mais segura e implantar os procedimentos de segurança para uma operação pela qual são minimizados os riscos. A maioria dos municípios brasileiros não está preparada para essa enorme tarefa. As aprovações de projetos, inspeções e o habite-se no quesito de Sistema de Combate a Incêndio (SCI) têm sido insatisfatórios e às vezes calamitosas, chegando a casos de sinistros com grandes perdas de vidas (DEL CARLO, 2008).



As medidas de proteção que podem ser empregadas em projetos são as passivas e as ativas. As medidas de proteção passiva devem ser tomadas durante a elaboração do projeto arquitetônico e de seus complementares, já as medidas ativas seriam as medidas de combate ao fogo que já está ocorrendo (BRENTANO, 2013).

Como exemplos de medidas de proteção passiva têm-se: paredes e portas corta-fogo; diques de contenção; armários e contentores para combustíveis; afastamentos; proteção estrutural, controle dos materiais de acabamento. Já as medidas de proteção ativas englobam: sistema de ventilação (tiragem) de fumaça; sistema de chuveiros automáticos (sprinkler), entre outros (GILL, NEGRISOLO e OLIVEIRA, 2007).

Segundo Agostini (2018) as medidas passivas de proteção contra incêndio são aquelas incorporadas diretamente ao sistema construtivo. Funcionais em situação de uso normal do edifício, reagem passivamente ao desenvolvimento do incêndio, não estabelecendo situações propícias ao seu crescimento e propagação; não permitindo o colapso estrutural do edifício; facilitando a fuga dos usuários e garantindo a aproximação e ingresso no edifício para o desenvolvimento das ações de combate.

Ainda segundo o autor citado acima, é nesse cenário que entram os critérios estabelecidos pela NBR 15200 (ABNT, 2012), os quais têm a função de certificar que a edificação será construída de maneira que suas peças estruturais possam resistir à ação do fogo, mantendo sua capacidade de suporte, a fim de evitar o colapso global ou colapso local progressivo da estrutura.

Sabe-se que toda norma leva um tempo para se inserir no meio profissional ao qual se destina, cabe aos órgãos de fiscalização acelerar esse processo, dando prazos para a aplicabilidade das punições e visibilidade da norma.

A NBR 15200 (ABNT, 2012) existe desde 2004, portanto, está a mais de dez anos contribuindo para melhorar as proteções contra incêndio nas estruturas. Porém, não se tem uma visibilidade em relação ao seu conteúdo no meio profissional e acadêmico, e nem um rigor em sua aplicabilidade no estado do Pará.

Neste sentido, este trabalho tem por objetivo, realizar um estudo de caso em três obras na região metropolitana de Belém-PA, avaliando se a estrutura atende as exigências da norma NBR 15200 (ABNT, 2012).

2.1. Histórico dos Incêndios no Brasil e no Mundo

O primeiro grande incêndio da era cristã, historicamente registrado, foi o de Roma em 18 de julho de 64 d.C. O fogo propagou-se pela cidade por nove dias. As residências, feitas com madeira, as ruas estreitas e os ventos colaboraram para a grande destruição. Foram milhares de mortos e três quartos da cidade foram destruídos. Há controvérsias quanto a Nero ter sido o mandante do incêndio ou ter-se aproveitado dele para reconstruir Roma e culpar os cristãos. O fato é que, após esse incêndio, Nero idealizou um sistema de alarme formado pelos vigiles, que eram pessoas que patrulhavam várias áreas da cidade, a fim de alertar em caso de incêndio. Assim, Roma tornou-se a primeira cidade do mundo a adotar um sistema de alarmes anti-incêndios (SILVA, 2012).

Outro grande incêndio de dimensões urbanas foi o de Chicago, iniciado em 8 de outubro de 1871. Foram dois dias de incêndio e mais de 300 mortes. Esses incêndios tomavam grande parte das cidades antigas, em virtude de as edificações serem contíguas, com estruturas de madeira e ruas estreitas. Após a modernização das cidades, os incêndios passaram a se restringir ao edifício (SILVA, 2012).



No Brasil, o primeiro caso de incêndio ocorreu em Niterói, no Rio de Janeiro, em 1969, provocado por um homem que não aceitou a demissão e pôs fogo no local, ocasionando a morte de 503 de pessoas. Segundo as informações, o Gran-Circus era feito de material de lona, altamente inflamável, o que dificultou o combate ao incêndio por parte dos bombeiros (OPPERMANN, 2013).

Já, em São Paulo, em 1974, no edifício Joelma ocorreu um incêndio que durou mais de oito horas até que os bombeiros pudessem controlá-lo. O mesmo ocorreu a partir de um curto circuito em um ar condicionado. De acordo com alguns documentários, vítimas, de forma desesperada, se jogavam do prédio a fim de se salvarem. Ao todo, houveram 188 mortes e 345 feridos (SOUSA, 2019).

A tragédia de grande proporção na boate Kiss em Santa Maria no Rio Grande do Sul, com mais de 230 de mortes no ano de 2013, levantou mais uma vez a problemática do combate e prevenção contra incêndios no Brasil. Em São Paulo, no ano de 2010 foram registrados 9.174 incêndios em edificações. Esse número é muito maior no Brasil, devido o mesmo possuir apenas 11,41 % dos municípios com Corpo de Bombeiros. Portanto, ao se executar projetos que levem em consideração a proteção e combate a incêndios, o numero de vítimas fatais envolvidas em tragédias desse tipo pode ser reduzido consideravelmente (FERNANDES E SANTOS, 2010).

2.2. Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF)

O tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) é o tempo mínimo de resistência ao fogo de um elemento construtivo quando sujeito ao incêndio-padrão, e a resistência ao fogo é a propriedade de um elemento da construção de resistir à ação do fogo por determinado período de tempo, mantendo sua segurança estrutural, estanqueidade e isolamento, onde aplicável, para determinação deste tempo, pode-se usar o método tabular indicado na NBR 14432 (ABNT, 2001) ou o método do tempo equivalente apontado na NBR 15200 (ABNT, 2012), (SILVA, 2012).

No método tabular o TRRF é determinado de forma empírica, fruto do consenso da sociedade e padronizados pela NBR 14432 (ABNT, 2001), em função das dimensões e do tipo de utilização do edifício. Já no método equivalente o TRRF é determinado através do cálculo utilizando a Equação 1 da NBR 15200 (ABNT, 2012).

$$t_g = 0,07 \cdot q_{f,i,k} \cdot W \cdot \gamma_n \cdot \gamma_s \quad (1)$$

Onde:

$q_{f,i,k}$ = o valor característico da carga de incêndio específica, determinado pela Tabela 2.4 da NBR 15200 (ABNT, 2012);

W = um fator que considera a influência da ventilação e da altura do compartimento, conforme a Equação 2, em que A_v é a área de ventilação vertical para o ambiente externo do compartimento, admitindo-se que os vidros das janelas se quebrarão em incêndio, A_f é a área do piso do compartimento e H é a altura do compartimento (distância do piso ao teto), em metros.

$$W = \left(\frac{6}{H}\right)^{0,3} \left\{0,62 + 90 \left(0,4 - \frac{A_v}{A_f}\right)^4\right\} \geq 0,5, \text{ para } \frac{A_v}{A_f} \leq 0,30 \quad (2)$$



Para $A_v/A_f > 0,30$, deve ser adotado $A_v/A_f = 0,30$. Em qualquer caso, $A_v/A_f \geq 0,025$;

y_n = um fator de ponderação determinado por $y_n = y_{n1} \times y_{n2} \times y_{n3}$, conforme mostra a Tabela 1 retirada da NBR 15200 (ABNT, 2012). Na ausência de algum meio de proteção, indicado na Tabela 1, adotar y_n igual a 1.

Tabela 1. Fatores de ponderação das medidas de segurança contra incêndio

Valores de y_{n1} , y_{n2} e y_{n3}		
Existência de chuveiros automáticos	Brigada contra incêndio	Existência de detecção automática
y_{n1}	y_{n2}	y_{n3}
0,60	0,90	0,90

y_s = o fator de ponderação do incêndio determinado pela Equação 3.

$$y_s = y_{s1} \times y_{s2} \quad (3)$$

A determinação do y_{s1} é dada conforme Equação 4, e para determinação de y_{s2} , utiliza-se a Tabela 2, também retirada da NBR 15200 (ABNT, 2012). Para $y_{s1} < 1$, deve ser adotado $y_{s1} = 1$, e para $y_{s1} < 3$, pode-se adotar $y_{s1} = 3$.

$$y_{s1} = 1 + \frac{A_f \cdot (h+3)}{10^5} \quad (4)$$

Tabela 2. Valores de y_{s2} em função do risco de ativação do incêndio

y_{s2}	r	Exemplos de ocupação
0,85	Pequena	Escola, galeria de arte, parque aquático, igreja, museu.
1,0	Normal	Biblioteca, cinema, correio, consultório médico, escritório, farmácia, frigorífico, hotel, livraria, hospital, laboratório fotográfico, indústria de papel, oficina elétrica ou mecânica, residência, restaurante, supermercado, teatro e depósitos em geral.
1,2	Média	Montagem de automóveis, hangar, indústria mecânica.
1,5	Alta	Laboratório químico, oficina de pintura de automóveis.

As seguintes limitações para o uso deste método devem ser aplicadas:

- O tempo determinado por meio do método do tempo equivalente não pode ser inferior ao tempo determinado pelo método tabular reduzido de 30 minutos;
- O tempo determinado pelo método do tempo equivalente não pode ser inferior a 15 minutos;
- $Q_{fi,k} \cdot y_n \cdot y_s \geq 300 \text{ MJ/m}^2$

2.3. Verificação de Estruturas de Concreto em Situação de Incêndio

2.3.1. Ações e Solicitações

Em condições usuais, as estruturas são projetadas à temperatura ambiente e, dependendo das suas características e uso, devem ser verificadas em situação de incêndio NBR 15200 (ABNT, 2012). Essa verificação deve ser feita apenas no estado-limite último (ELU) para combinação excepcional correspondente, pela Equação 5 retirada da NBR 6118 (ABNT, 2014, seção 10 a 12).

$$F_{d,fi} = \gamma_g F_{gk} + F_{qexc} + \gamma_q \sum_2^n \psi_{2j} F_{qj} \quad (5)$$

Nessa verificação, usualmente desprezam-se todos os esforços decorrentes de deformações impostas, por serem muito reduzidos e pelas grandes deformações plásticas que ocorrem em situação de incêndio. Assim, a ação do incêndio se traduz, usualmente, apenas na redução da resistência dos materiais e na capacidade dos elementos estruturais. A verificação usual da estrutura em situação de incêndio se reduz a mostrar a seguinte condição na Equação 6 NBR 15200 (ABNT, 2012).

$$S_{d,fi} = (\gamma_g F_{gk} + \gamma_q \sum_2^n \psi_{2j} F_{qjk}) \leq R_{d,fi} [f_{ck,\theta}, f_{yk,\theta}, f_{pyk,\theta}] \quad (6)$$

Os fatores de ponderação γ_g e γ_q devem ser os indicados na NBR 6118 (ABNT, 2014), onde a ação principal for o fogo, o fator de redução ψ_2 indicado na NBR 6118 (ABNT, 2014) pode ser reduzido, multiplicando-o por 0,7, conforme recomendado na NBR 15200 (ABNT, 2012).

Como alternativa, na ausência de qualquer solicitação gerada pelas deformações impostas em situação de incêndio, as solicitações de cálculo em situação de incêndio ($S_{d,fi}$) podem ser calculadas admitindo-as iguais a 70 % das solicitações de cálculo à temperatura ambiente, tornando-se apenas as combinações de ações que não incluem o vento, ou seja, pode-se utilizar a Equação 7 da NBR 15200 (ABNT, 2012).

$$S_{d,fi} = 0,70 S_d \quad (7)$$

Existem muitos métodos para fazer essa verificação. Para os efeitos desta Norma são aceitos os métodos descritos em 2.3.2 a 2.3.5.

2.3.2. Método Tabular

Neste método, bastante prático, nenhuma verificação é efetivamente necessária bastando atender as dimensões mínimas apresentada nas Tabelas 3.1 a 3.9 da NBR 15200 (ABNT, 2012), em função do tipo de elemento estrutural e do TRRF. Essas dimensões mínimas devem sempre respeitar também a norma NBR 6118 (ABNT, 2014) em geral e a NBR 9062 (ABNT, 2017) no caso especial de pré-moldados.

Essas dimensões mínimas são normalmente as espessuras das lajes, a largura das vigas, as dimensões das seções transversais de pilares e tirantes e principalmente a distância entre o eixo da armadura longitudinal e a face do concreto exposta ao fogo (C_1). Os ensaios mostram que em situação de incêndio as peças de concreto rompem usualmente por flexão ou

flexo-compressão e não por cisalhamento. Por isso, considera-se apenas a armadura longitudinal nesse critério NBR 15200 (ABNT, 2012).

2.3.3. Método Simplificado de Cálculo

O método simplificado de cálculo é baseado nas seguintes hipóteses:

- a) As solicitações de cálculo em situação de incêndio ($S_{d,fi}$) podem ser calculadas conforme a Equação 5;
- b) O esforço resistente de cálculo em situação de incêndio de cada elemento pode ser calculado com base na distribuição de temperatura obtida para sua seção transversal, considerando exposição ao fogo conforme o TRRF. Essa distribuição de temperatura pode ser obtida na literatura técnica ou calculada em programas específicos de computador a partir do fluxo de calor determinado conforme a Equação 3;
- c) Os esforços resistentes podem ser calculados pelos critérios estabelecidos na NBR 6118 (ABNT, 2014) para situação normal (à temperatura ambiente), adotando para o concreto e para o aço a resistência média em situação de incêndio. Essa média se obtém distribuindo uniformemente na parte comprimida da seção de concreto e na armadura total a perda total de resistência por aquecimento do concreto ou das armaduras, respectivamente. Alternativamente, podem-se utilizar métodos que consideram a seção de concreto reduzida em situação de incêndio. Essa redução de seção, necessária para simular corretamente a redução da resistência, pode ser encontrada na literatura. Em situação de incêndio o valor de $f_{cd,\theta}$ não precisa ser afetado pelo coeficiente $\alpha=0,85$ como na temperatura ambiente.

Esse método não garante a função corta-fogo. Caso a função corta-fogo seja necessária em algum elemento, suas dimensões devem respeitar o mínimo estabelecido no método tabular ou o elemento deve ser verificado de acordo com o prescrito nos itens 3.4 ou 3.5 da NBR 15200 (ABNT, 2012).

2.3.4. Método Avançado de Cálculo

Os métodos avançados de cálculo devem considerar pelo menos:

- a) Combinação de ações em situação de incêndio composta rigorosamente com base na NBR 8681 (ABNT, 2004);
- b) Esforços solicitantes de cálculo, acrescidos dos efeitos das deformações térmicas restringidas, desde que calculados por modelos não lineares capazes de considerar as profundas redistribuições de esforços que ocorrerem;
- c) Esforços resistentes, que devem ser calculados considerando as distribuições de temperatura conforme o TRRF;
- d) Ambas as distribuições, de temperatura e de resistência, devem ser rigorosamente calculadas considerando as não linearidades envolvidas.

A verificação da capacidade resistente deve respeitar o que estabelece a NBR 6118 (ABNT, 2014). A determinação da distribuição e temperatura na estrutura e a verificação do isolamento térmico podem ser feitas analiticamente por programas que considerem adequadamente a distribuição de temperatura na edificação. Os programas utilizados devem ser validados, ser de uso consagrado internacionalmente ou ser avaliados por ensaios experimentais em estruturas NBR 15200 (ABNT, 2012).

O atendimento aos requisitos de estanqueidade, quando exigidos, pode ser feito por ensaios experimentais do elemento que deve apresentar função corta-fogo, em escala reduzida (amostra do material ou sistema), de acordo com a NBR 5628 (ABNT, 2001).

2.3.5. Método Experimental

Em casos especiais, pode-se considerar a resistência ao fogo superior à calculada com base nesta Norma, desde que justificada por ensaios, conforme NBR 5628 (ABNT, 2001). O dimensionamento por meio de resultados de ensaios pode ser feito em ensaios realizados em laboratório nacional ou em laboratório estrangeiro, de acordo com a Norma Brasileira específica ou de acordo com a norma ou especificação estrangeira, respeitando os critérios de similitude aplicáveis ao caso NBR 15200 (ABNT, 2012).

3. Materiais e Métodos

Foi elaborado um estudo de caso em três obras em construção na região metropolitana de Belém-PA, de forma a analisar se os projetos apresentados a seguir estavam de acordo com a norma NBR 15200 (ABNT, 2012), esta observação levou em consideração as especificações técnicas de cada edificação. Posteriormente, foi determinado o tempo requerido de resistência ao fogo, e utilizando o método tabular da referida norma, foram especificadas as dimensões mínimas, que posteriormente foram comparadas com as dimensões de projeto.

No estudo de caso foram levantados os seguintes dados de cada obra:

- **Local:** endereço da obra na região metropolitana de Belém/PA;
- **Tipo de uso:** especificação do uso da edificação;
- **Número de pavimentos:** número de pavimentos com permanência humana, excetuando-se zeladorias, barrilete, casa de máquinas, piso técnico e pisos sem permanência humana, conforme estabelece a NBR 14432 (ABNT, 2001);
- **Área construída:** área total construída, incluindo pavimentos de periferia para garagens;
- **Data de construção:** data de início da construção e data de entrega da obra ou previsão da mesma;
- **Altura de incêndio:** é a distância compreendida entre o ponto que caracteriza a saída situada no nível de descarga do prédio e o piso do último pavimento ocupado, conforme estabelece a NBR 14432 (ABNT, 2001);
- **Área do piso:** é a área compreendida pelo perímetro interno das paredes de compartimentação;
- **Brigada de incêndio:** equipes treinadas para atuar na prevenção e combate de incêndios, prestação de primeiros socorros e evacuação de ambientes, conforme descreve a NBR 14276 (ABNT, 2006);
- **Chuveiros automáticos:** sistema integrado de tubulações e chuveiros, alimentado por uma fonte de abastecimento de água, geralmente instalados no teto para fins de prevenção e combate a incêndio, previsto na NBR 6135 (ABNT, 1992);
- **Deteção automática:** dispositivo destinado a operar quando influenciado por determinados fenômenos físicos ou químicos que precedem ou acompanham um princípio de incêndio no lugar da instalação, conforme descreve a NBR 9441 (ABNT, 1998).



3.2. Estudo de Caso

3.2.1. Edifício 1

Edifício comercial localizado na Rodovia BR-316, km 03 – Ananindeua/PA, constituído de um subsolo, um térreo e um 1º nível para garagens e área condominial incluindo torre e periferia, mais 12 pavimentos tipo, contendo 17 salas comerciais com banheiro e copa, um pavimento de cobertura, sem presença humana, e reservatório com casa de máquinas, totalizando 13. 475,70 m² de área construída. A Tabela 3 apresenta as especificações do edifício 1 e a Figura 1 mostra a planta de forma da estrutura do pavimento tipo do edifício 1.

Tabela 3. Especificações do edifício 1

Local	Rodovia BR-316, Km 03
Tipo de uso	Edifício comercial
Numero de pavimentos	15
Área construída	13 475, 70 m ²
Data de construção	Início: Janeiro/2013 – Término: Julho/2016
Altura de incêndio	39,42 m
Área do piso do compartimento	651,71 m ²
Possui brigada de incêndio	Sim
Possui chuveiros automáticos	Não
Possui detecção automática	Não

Pode-se observar por meio dos resultados mostrados na Tabela 4 que das 28 vigas presentes no projeto estrutural do edifício 1, apenas 43% atendem as dimensão da largura mínima (b_{\min}) especificada pela NBR 15200 (ABNT, 2012) que é de 190 mm. Para o caso da distância mínima da armadura inferior à face exposta ao incêndio (C_1), nenhuma das vigas atendeu ao espaçamento mínimo de 45 mm prescrito pela referida norma.

Tabela 4. Resultado do dimensionamento de vigas do edifício 1

Viga	Norma		Projeto		De acordo	
	b_{\min} (mm)	c_1 (mm)	b_{\min} (mm)	c_1 (mm)	b_{\min} (mm)	c_1 (mm)
V1	190	45	250	40	Sim	Não
V2	190	45	120	40	Não	Não
V3	190	45	150	40	Não	Não
V4	190	45	120	40	Não	Não
V5	190	45	200	40	Sim	Não
V6	190	45	120	40	Não	Não
V7	190	45	220	40	Sim	Não
V8	190	45	120	40	Não	Não
V9	190	45	120	40	Não	Não
V11	190	45	200	40	Sim	Não
V14	190	45	200	40	Sim	Não
V19	190	45	200	40	Sim	Não
V24	190	45	220	40	Sim	Não
V25	190	45	120	40	Não	Não
V26	190	45	220	40	Sim	Não
V27	190	45	220	40	Sim	Não
V28	190	45	220	40	Sim	Não
V30	190	45	120	40	Não	Não
V31	190	45	120	40	Não	Não
V32	190	45	200	40	Sim	Não
V33	190	45	120	40	Não	Não
V35	190	45	200	40	Sim	Não
PLAT01	190	45	120	40	Não	Não
PLAT02	190	45	120	40	Não	Não
PLAT03	190	45	120	40	Não	Não
PLAT04	190	45	120	40	Não	Não
PLAT05	190	45	120	40	Não	Não
PLAT06	190	45	120	40	Não	Não

b) Lajes

Para o dimensionamento das lajes foi utilizado a Tabela 4 da NBR 15200 (ABNT, 2012) (lajes nervuradas contínuas em pelo menos uma das bordas na página 57) onde a combinação 1 exige uma dimensão mínima para a nervura de: $b_{\min} = 160$ mm e $C_1=45$ mm; enquanto que para a capa tem-se: $h=120$ mm e $C_1=20$ mm. A Tabela 5 apresenta os resultados da análise das dimensões das lajes do edifício 1.

Observa-se que em relação às dimensões da nervura das lajes, tanto o b_{\min} quanto o C_1 não foram atendidos para nenhuma das 21 lajes analisadas. Em relação às seções da capa, a altura mínima (h) foi atendida para todas as lajes, no entanto, nenhuma delas atendeu ao C_1 requerido pela NBR 15200 (ABNT, 2012).

Tabela 5. Resultado do dimensionamento de lajes do edifício 1

Laje	Nervura						Capa					
	Norma		Projeto		De acordo		Norma		Projeto		De acordo	
	b_{\min} (mm)	c_1 (mm)	b_{\min} (mm)	c_1 (mm)	b_{\min} (mm)	c_1 (mm)	h (mm)	c_1 (mm)	h (mm)	c_1 (mm)	h (mm)	c_1 (mm)
L1	160	45	100	40	Não	Não	120	20	50	25	Não	Sim
L2	160	45	100	40	Não	Não	120	20	50	25	Não	Sim
L3	160	45	100	40	Não	Não	120	20	50	25	Não	Sim
L4	160	45	100	40	Não	Não	120	20	50	25	Não	Sim
L5	160	45	100	40	Não	Não	120	20	50	25	Não	Sim
L6	160	45	100	40	Não	Não	120	20	50	25	Não	Sim
L7	160	45	100	40	Não	Não	120	20	50	25	Não	Sim
L8	160	45	100	40	Não	Não	120	20	50	25	Não	Sim
L9	160	45	100	40	Não	Não	120	20	50	25	Não	Sim
L10	160	45	100	40	Não	Não	120	20	50	25	Não	Sim
L11	160	45	100	40	Não	Não	120	20	50	25	Não	Sim
L12	160	45	100	40	Não	Não	120	20	50	25	Não	Sim
L13	160	45	100	40	Não	Não	120	20	50	25	Não	Sim
L14	160	45	100	40	Não	Não	120	20	50	25	Não	Sim
L33	160	45	100	40	Não	Não	120	20	50	25	Não	Sim
L34	160	45	100	40	Não	Não	120	20	50	25	Não	Sim
L35	160	45	100	40	Não	Não	120	20	50	25	Não	Sim
L36	160	45	100	40	Não	Não	120	20	50	25	Não	Sim
L37	160	45	100	40	Não	Não	120	20	50	25	Não	Sim
L38	160	45	100	40	Não	Não	120	20	50	25	Não	Sim
L39	160	45	100	40	Não	Não	120	20	50	25	Não	Sim

c) Pilares

Para o dimensionamento dos pilares foi utilizado a Tabela 5 da NBR 15200 (ABNT, 2012) (pilares-parede na página 59) onde a combinação 4 exige uma dimensão mínima para o $b_{\min} = 220$ mm e para o $C_1=35$ mm. A Tabela 6 apresenta os resultados da análise das dimensões dos pilares do edifício 1. Observa-se que em relação a este item todos os pilares analisados obedecem aos critérios estabelecidos na referida norma.

Tabela 6. Resultado do dimensionamento de pilares

Pilares	Norma		Projeto		De acordo	
	b_{\min} (mm)	c_1 (mm)	b_{\min} (mm)	c_1 (mm)	b_{\min} (mm)	c_1 (mm)
P1	220	35	250	35	Sim	Sim
P3	220	35	300	35	Sim	Sim
P4	220	35	220	35	Sim	Sim
P5	220	35	220	35	Sim	Sim
P6	220	35	220	35	Sim	Sim
P7	220	35	220	35	Sim	Sim
P8	220	35	250	35	Sim	Sim
P10	220	35	300	35	Sim	Sim
P11	220	35	220	35	Sim	Sim
P12	220	35	220	35	Sim	Sim
P13	220	35	220	35	Sim	Sim
P14	220	35	220	35	Sim	Sim
P15	220	35	250	35	Sim	Sim

Pilares	Norma		Projeto		De acordo	
	b_{min} (mm)	c_1 (mm)	b_{min} (mm)	c_1 (mm)	b_{min} (mm)	c_1 (mm)
P16	220	35	220	35	Sim	Sim
P17	220	35	220	35	Sim	Sim
P18	220	35	220	35	Sim	Sim
P19	220	35	220	35	Sim	Sim
P20	220	35	220	35	Sim	Sim
P21	220	35	220	35	Sim	Sim
P22	220	35	220	35	Sim	Sim
P23	220	35	220	35	Sim	Sim
P24	220	35	220	35	Sim	Sim
P25	220	35	220	35	Sim	Sim
P26	220	35	220	35	Sim	Sim
P27	220	35	350	35	Sim	Sim
P28	220	35	280	35	Sim	Sim

3.2.2 Edifício2

Edifício residencial localizado na Travessa Barão do Triunfo, nº 3.161 – Belém/PA, constituído de três subsolos, um térreo para garagens e área condominial, mais 26 pavimentos tipo contendo quatro apartamentos com sala de estar, sala de jantar, terraço, lavabo, cozinha, área de serviço, dependência de serviço, banheiro de serviço, 3 quartos com banheiro e um suíte incluindo closet, um duplex inferior, um duplex superior, cobertura sem presença humana e reservatório com casa de máquinas, totalizando 2.4484,84 m² de área construída. A Tabela 7 apresenta as especificações do edifício 2 e a Figura 2 mostra a planta de forma da estrutura do pavimento tipo do edifício 2.

Tabela 7. Especificações do edifício 2

Local	Travessa Barão do Triunfo, nº 3.161 – Belém/PA
Tipo de uso	Edifício residencial
Numero de pavimentos	32
Área construída	24 484,84 m ²
Data de construção	Início: Fevereiro/2012 – Término: Novembro/2015
Altura de incêndio	85,19 m
Área do piso do compartimento	690,20 m ²
Possui brigada de incêndio	Sim
Possui chuveiros automáticos	Não
Possui detecção automática	Não

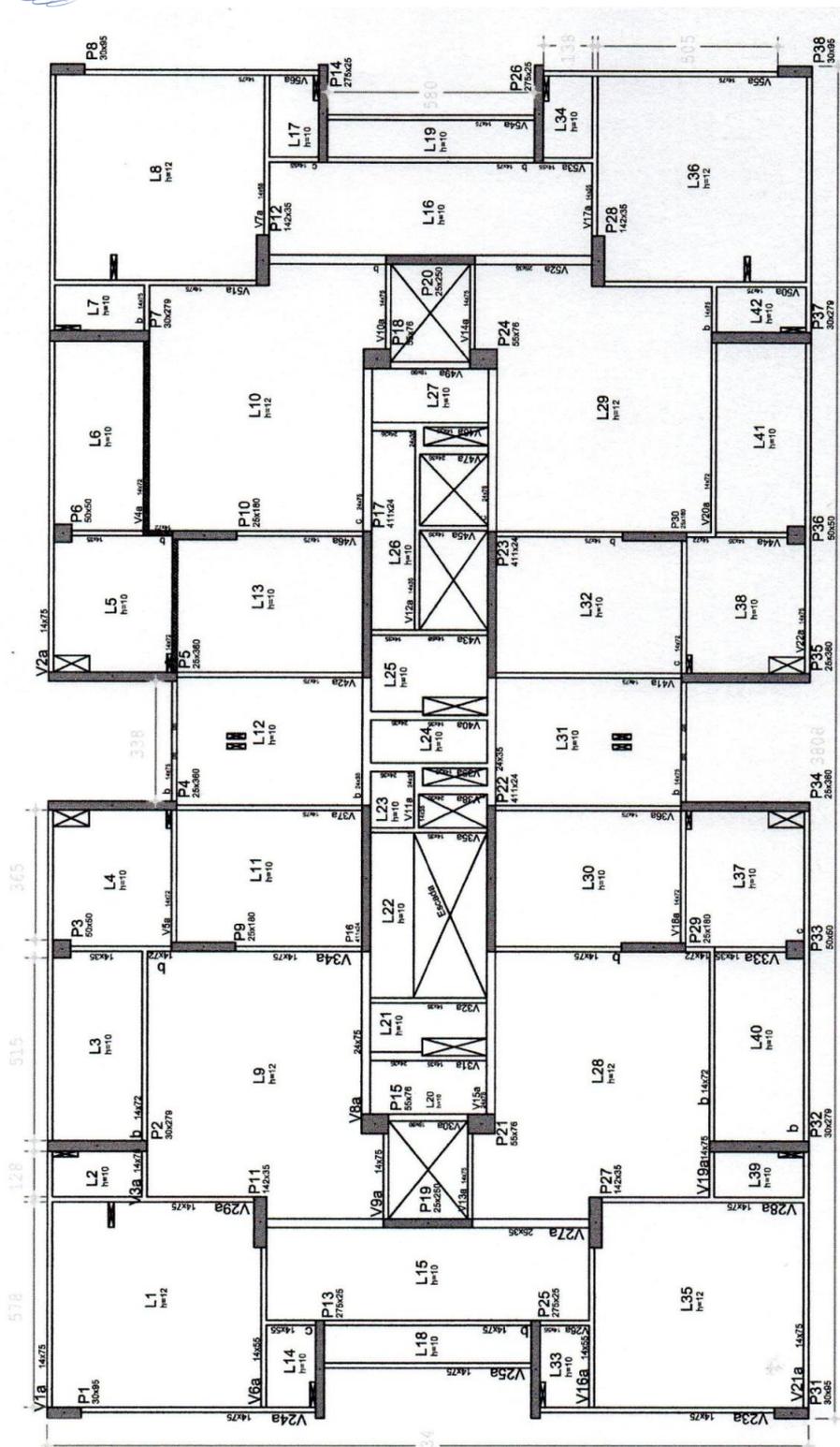


Figura 2. Forma do edifício 2

De acordo com a Tabela de classificação da NBR 14432 (ABNT, 2001) se observou que o edifício 2 pertence ao grupo A (habitações multifamiliares). Utilizando essa informação verificou-se que a edificação pertence à classe P₅ (edifícios com altura maior que 30 metros) conclui-se que o TRRF=120 minutos. Para o dimensionamento dos elementos estruturais abaixo foi utilizado o método tabular:

a) Vigas

Para o dimensionamento das vigas foi utilizada a Tabela 3 da NBR 15200 (ABNT, 2012) (vigas contínuas ou vigas de pórticos na página 53) onde a combinação 1 exige uma dimensão mínima para o $b_{\min} = 190$ mm e para o $C_1=45$ mm. A Tabela 8 apresenta os resultados da análise das dimensões das vigas do edifício 2. Observa-se que entre as 46 vigas analisadas no edifício 2, apenas 15% atendem aos critérios estabelecidos pela norma para a largura mínima, enquanto que para a distância mínima da armadura inferior a face exposta ao incêndio nenhuma das vigas atendeu ao espaçamento mínimo exigido.

Tabela 8. Resultado do dimensionamento de vigas do edifício 2

Viga	Norma		Projeto		De acordo	
	b_{\min} (mm)	c_1 (mm)	b_{\min} (mm)	c_1 (mm)	b_{\min} (mm)	c_1 (mm)
V1	190	45	140	40	Não	Não
V2	190	45	140	40	Não	Não
V3	190	45	140	40	Não	Não
V4	190	45	140	40	Não	Não
V5	190	45	140	40	Não	Não
V6	190	45	140	40	Não	Não
V7	190	45	140	40	Não	Não
V8	190	45	240	40	Sim	Não
V9	190	45	140	40	Não	Não
V10	190	45	140	40	Não	Não
V11	190	45	240	40	Sim	Não
V12	190	45	140	40	Não	Não
V13	190	45	140	40	Não	Não
V14	190	45	140	40	Não	Não
V15	190	45	240	40	Sim	Não
V16	190	45	140	40	Não	Não
V17	190	45	140	40	Não	Não
V18	190	45	140	40	Não	Não
V19	190	45	140	40	Não	Não
V20	190	45	140	40	Não	Não
V21	190	45	140	40	Não	Não
V22	190	45	140	40	Não	Não
V23	190	45	140	40	Não	Não
V24	190	45	140	40	Não	Não
V25	190	45	140	40	Não	Não
V26	190	45	140	40	Não	Não
V27	190	45	250	40	Sim	Não
V28	190	45	140	40	Não	Não
V29	190	45	140	40	Não	Não
V30	190	45	190	40	Não	Não
V31	190	45	140	40	Não	Não
V32	190	45	140	40	Não	Não
V33	190	45	140	40	Não	Não
V34	190	45	140	40	Não	Não
V35	190	45	140	40	Não	Não
V36	190	45	140	40	Não	Não
V37	190	45	140	40	Não	Não
V38	190	45	240	40	Sim	Não
V39	190	45	140	40	Não	Não
V40	190	45	140	40	Não	Não
V41	190	45	140	40	Não	Não
V42	190	45	140	40	Não	Não
V43	190	45	140	40	Não	Não
V44	190	45	140	40	Não	Não

Viga	Norma		Projeto		De acordo	
	$b_{mín}$ (mm)	c_1 (mm)	$b_{mín}$ (mm)	c_1 (mm)	$b_{mín}$ (mm)	c_1 (mm)
V45	190	45	140	40	Não	Não
V46	190	45	140	40	Não	Não
V47	190	45	240	40	Sim	Não
V48	190	45	140	40	Não	Não
V49	190	45	190	40	Sim	Não
V50	190	45	140	40	Não	Não
V51	190	45	140	40	Não	Não
V52	190	45	250	40	Sim	Não
V53	190	45	140	40	Não	Não
V54	190	45	140	40	Não	Não
V55	190	45	140	40	Não	Não
V56	190	45	140	40	Não	Não

b) Lajes

Para o dimensionamento das lajes foi utilizada a Tabela 4 da NBR 15200 (ABNT, 2012) (lajes contínuas na página 54) é exigido uma dimensão mínima para o $h = 120$ mm e para o $C_1 = 20$ mm. A Tabela 9 apresenta os resultados da análise das dimensões das lajes do edifício 2. Observa-se que das 42 lajes analisadas no edifício 2, apenas 19% atendem a altura mínima estabelecida pela norma, enquanto que para C_1 , nenhuma das lajes atende ao critério estabelecido.

Tabela 9. Resultado do dimensionamento de lajes do edifício 2

Laje	Norma		Projeto		De acordo	
	h (mm)	c_1 (mm)	h (mm)	c_1 (mm)	h (mm)	c_1 (mm)
L1	120	20	120	30	Sim	Sim
L2	120	20	100	30	Não	Sim
L3	120	20	100	30	Não	Sim
L4	120	20	100	30	Não	Sim
L5	120	20	100	30	Não	Sim
L6	120	20	100	30	Não	Sim
L7	120	20	100	30	Não	Sim
L8	120	20	120	30	Sim	Sim
L9	120	20	120	30	Sim	Sim
L10	120	20	120	30	Sim	Sim
L11	120	20	100	30	Não	Sim
L12	120	20	100	30	Não	Sim
L13	120	20	100	30	Não	Sim
L14	120	20	100	30	Não	Sim
L15	120	20	100	30	Não	Sim
L16	120	20	100	30	Não	Sim
L17	120	20	100	30	Não	Sim
L18	120	20	100	30	Não	Sim
L19	120	20	100	30	Não	Sim
L20	120	20	100	30	Não	Sim
L21	120	20	100	30	Não	Sim
L22	120	20	100	30	Não	Sim
L23	120	20	100	30	Não	Sim
L24	120	20	100	30	Não	Sim
L25	120	20	100	30	Não	Sim
L26	120	20	100	30	Não	Sim
L27	120	20	100	30	Não	Sim

Laje	Norma		Projeto		De acordo	
	h (mm)	c_1 (mm)	h (mm)	c_1 (mm)	h (mm)	c_1 (mm)
L28	120	20	120	30	Sim	Sim
L29	120	20	120	30	Sim	Sim
L30	120	20	100	30	Não	Sim
L31	120	20	100	30	Não	Sim
L32	120	20	100	30	Não	Sim
L33	120	20	100	30	Não	Sim
L34	120	20	100	30	Não	Sim
L35	120	20	120	30	Sim	Sim
L36	120	20	120	30	Sim	Sim
L37	120	20	100	30	Não	Sim
L38	120	20	100	30	Não	Sim
L39	120	20	100	30	Não	Sim
L40	120	20	100	30	Não	Sim
L41	120	20	100	30	Não	Sim
L42	120	20	100	30	Não	Sim

c) Pilares

Para o dimensionamento dos pilares foi utilizada a Tabela 5 da NBR 15200 (ABNT, 2012) (pilares-parede na página 59) onde a combinação 4 exige uma dimensão mínima para o $b_{\min} = 220$ mm e para o $C_1=35$ mm. A Tabela 10 apresenta os resultados da análise das dimensões dos pilares do edifício 2. Observa-se que neste caso, todos os pilares atenderam as dimensões mínimas especificadas pela norma.

Tabela 10. Resultado do dimensionamento de pilares do edifício 2

Pilares	Norma		Projeto		De acordo	
	b_{\min} (mm)	c_1 (mm)	b_{\min} (mm)	c_1 (mm)	b_{\min} (mm)	c_1 (mm)
P1	220	35	300	40	Sim	Sim
P2	220	35	300	40	Sim	Sim
P3	220	35	500	40	Sim	Sim
P4	220	35	250	40	Sim	Sim
P5	220	35	250	40	Sim	Sim
P6	220	35	500	40	Sim	Sim
P7	220	35	300	40	Sim	Sim
P8	220	35	300	40	Sim	Sim
P9	220	35	250	40	Sim	Sim
P10	220	35	250	40	Sim	Sim
P11	220	35	350	40	Sim	Sim
P12	220	35	350	40	Sim	Sim
P13	220	35	250	40	Sim	Sim
P14	220	35	250	40	Sim	Sim
P15	220	35	550	40	Sim	Sim
P16	220	35	240	40	Sim	Sim
P17	220	35	240	40	Sim	Sim
P18	220	35	550	40	Sim	Sim
P19	220	35	250	40	Sim	Sim
P20	220	35	250	40	Sim	Sim
P21	220	35	550	40	Sim	Sim
P22	220	35	240	40	Sim	Sim
P23	220	35	240	40	Sim	Sim
P24	220	35	550	40	Sim	Sim
P25	220	35	250	40	Sim	Sim
P26	220	35	250	40	Sim	Sim

Pilares	Norma		Projeto		De acordo	
	b_{\min} (mm)	c_1 (mm)	b_{\min} (mm)	c_1 (mm)	b_{\min} (mm)	c_1 (mm)
P27	220	35	350	40	Sim	Sim
P28	220	35	350	40	Sim	Sim
P29	220	35	250	40	Sim	Sim
P30	220	35	250	40	Sim	Sim
P31	220	35	300	40	Sim	Sim
P32	220	35	300	40	Sim	Sim
P33	220	35	500	40	Sim	Sim
P34	220	35	250	40	Sim	Sim
P35	220	35	250	40	Sim	Sim
P36	220	35	500	40	Sim	Sim
P37	220	35	300	40	Sim	Sim
P38	220	35	300	40	Sim	Sim

3.2.3 Edifício 3

Edifício residencial localizado na Rua Ricardo Borges – Ananindeua/PA, um térreo para área condominial, mais 6 pavimentos tipo contendo quatro apartamentos com sala de estar/jantar, sacada, cozinha, área de serviço, um quarto, um banheiro e um quarto com banheiro e reservatório com casa de máquina, totalizando 1. 423,74 m² de área construída. A Tabela 11 apresenta as especificações do edifício 3 e a Figura 3 retrata a planta de forma da estrutura do pavimento tipo do edifício 3.

Tabela 11. Especificações do edifício 3

Local	Rua Ricardo Borges – Ananindeua/PA
Tipo de uso	Edifício residencial
Numero de pavimentos	6
Área construída	1. 423,74 m ²
Data de construção	Início: Março/2012 – Término: Dezembro/2015
Altura de incêndio	17,42 m
Área do piso do compartimento	237,29 m ²
Possui brigada de incêndio	Sim
Possui chuveiros automáticos	Não
Possui detecção automática	Não

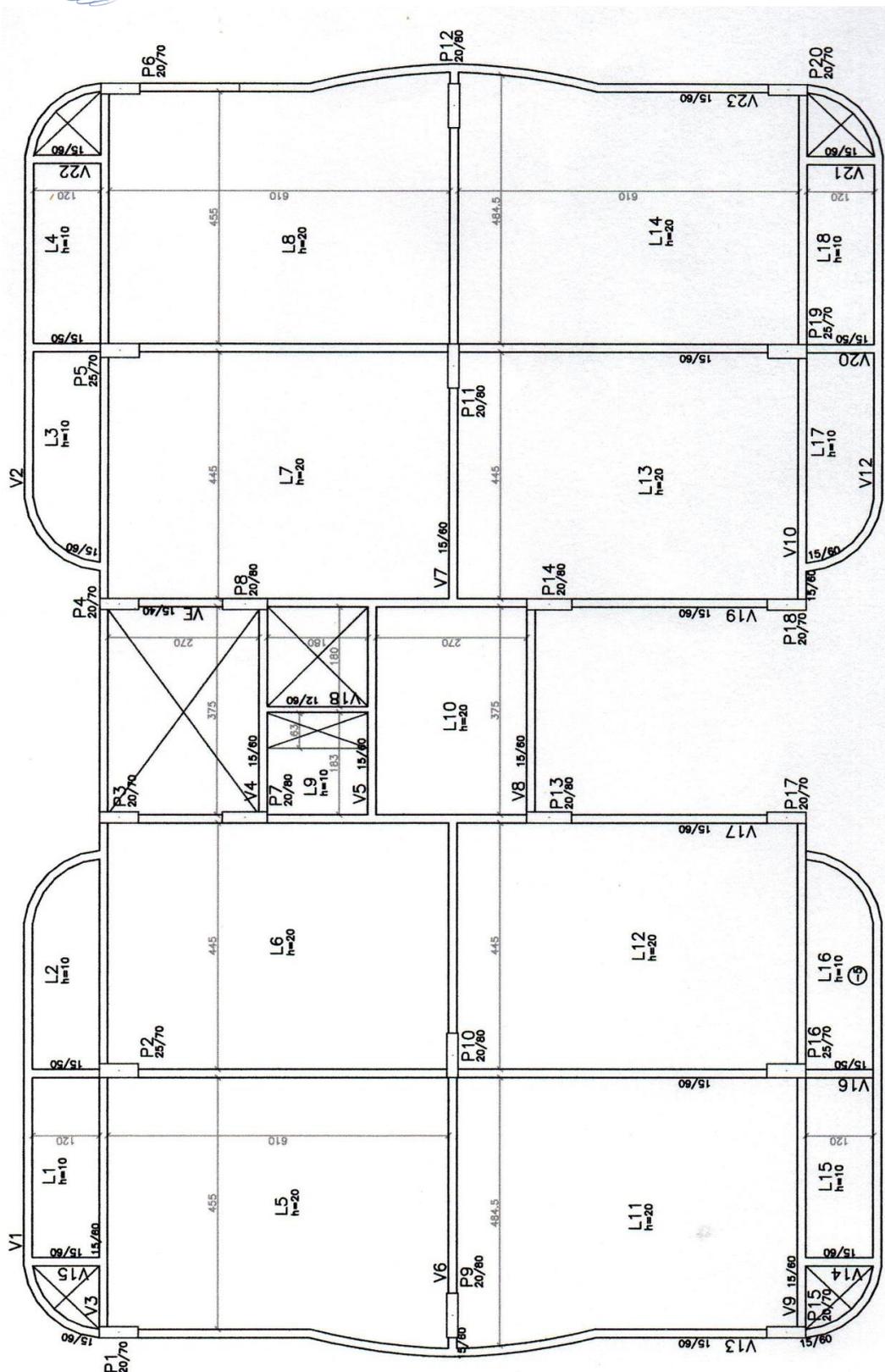


Figura 3. Forma do edifício 3

De acordo com a classificação da NBR 14432 (ABNT, 2001) se observou que o edifício 2 pertence ao grupo A (habitações multifamiliares). Utilizando essa informação constatou-se que a edificação pertence a classe P₃ (edifícios com altura maior que 12 metros e menor ou igual a 23 metros) conclui-se que o TRRF=60 minutos. Para o dimensionamento dos elementos estruturais abaixo foi utilizado o método tabular:

a) Vigas

Para o dimensionamento das vigas foi utilizada a Tabela 3 da NBR 15200 (ABNT, 2012) (vigas contínuas ou vigas de pórticos na página 53) onde a combinação 1 exige uma dimensão mínima para o $b_{\min} = 120$ mm e para o $C_1=25$ mm. A Tabela 12 apresenta os resultados da análise das dimensões das vigas do edifício 3. Neste caso, todas as vigas analisadas do edifício 3 obedeceram aos critérios para dimensão mínima estabelecidos pela norma.

Tabela 12. Resultado do dimensionamento de vigas do edifício 3

Viga	Norma		Projeto		De acordo	
	b_{\min} (mm)	c_1 (mm)	b_{\min} (mm)	c_1 (mm)	b_{\min} (mm)	c_1 (mm)
V1	120	25	150	30	Sim	Sim
V2	120	25	150	30	Sim	Sim
V3	120	25	150	30	Sim	Sim
V4	120	25	150	30	Sim	Sim
V5	120	25	150	30	Sim	Sim
V6	120	25	150	30	Sim	Sim
V7	120	25	150	30	Sim	Sim
V8	120	25	150	30	Sim	Sim
V9	120	25	150	30	Sim	Sim
V10	120	25	150	30	Sim	Sim
V11	120	25	150	30	Sim	Sim
V12	120	25	150	30	Sim	Sim
V13	120	25	150	30	Sim	Sim
V14	120	25	150	30	Sim	Sim
V15	120	25	150	30	Sim	Sim
V16	120	25	150	30	Sim	Sim
V17	120	25	150	30	Sim	Sim
V18	120	25	120	30	Sim	Sim
V19	120	25	150	30	Sim	Sim
V20	120	25	150	30	Sim	Sim
V21	120	25	150	30	Sim	Sim
V22	120	25	150	30	Sim	Sim
V23	120	25	150	30	Sim	Sim

b) Lajes

Para o dimensionamento das lajes foi utilizada a Tabela 4 da NBR 15200 (ABNT, 2012) (lajes nervuradas em uma só direção na página 56) é exigido uma dimensão mínima para nervura um $b_{\min} = 100$ mm, um $C_1=25$ mm, e para a capa o $h= 80$ mm e para o $C_1=10$ mm. A Tabela 13 apresenta os resultados da análise das dimensões das lajes do edifício 3. Observa-se que para as dimensões da nervura, todas as 18 lajes analisadas estão atendendo aos critérios mínimos estabelecidos pela norma. Em relação à capa das lajes, no que se refere à altura mínima (h), nenhuma das lajes está dentro dos padrões estabelecidos. Por outro lado, em relação aos valores de C_1 , todas estão de acordo com a norma.

Tabela 13. Resultado do dimensionamento de lajes do edifício 3

Laje	Nervura						Capa					
	Norma		Projeto		De acordo		Norma		Projeto		De acordo	
	b_{\min} (mm)	c_1 (mm)	b_{\min} (mm)	c_1 (mm)	b_{\min} (mm)	c_1 (mm)	h (mm)	c_1 (mm)	h (mm)	c_1 (mm)	h (mm)	c_1 (mm)
L1	100	25	100	25	Sim	Sim	80	10	40	10	Não	Sim
L2	100	25	100	25	Sim	Sim	80	10	40	10	Não	Sim
L3	100	25	100	25	Sim	Sim	80	10	40	10	Não	Sim
L4	100	25	100	25	Sim	Sim	80	10	40	10	Não	Sim
L5	100	25	100	25	Sim	Sim	80	10	40	10	Não	Sim
L6	100	25	100	25	Sim	Sim	80	10	40	10	Não	Sim
L7	100	25	100	25	Sim	Sim	80	10	40	10	Não	Sim
L8	100	25	100	25	Sim	Sim	80	10	40	10	Não	Sim
L9	100	25	100	25	Sim	Sim	80	10	40	10	Não	Sim
L10	100	25	100	25	Sim	Sim	80	10	40	10	Não	Sim
L11	100	25	100	25	Sim	Sim	80	10	40	10	Não	Sim
L12	100	25	100	25	Sim	Sim	80	10	40	10	Não	Sim
L13	100	25	100	25	Sim	Sim	80	10	40	10	Não	Sim
L14	100	25	100	25	Sim	Sim	80	10	40	10	Não	Sim
L15	100	25	100	25	Sim	Sim	80	10	40	10	Não	Sim
L16	100	25	100	25	Sim	Sim	80	10	40	10	Não	Sim
L17	100	25	100	25	Sim	Sim	80	10	40	10	Não	Sim
L18	100	25	100	25	Sim	Sim	80	10	40	10	Não	Sim

c) Pilares

Para o dimensionamento dos pilares foi utilizada a Tabela 5 da NBR 15200 (ABNT, 2012) (pilares-parede na página 59) onde a combinação 4 exige uma dimensão mínima para o $b_{\min} = 140$ mm e para o $C_1 = 10$ mm. A Tabela 14 apresenta os resultados da análise das dimensões dos pilares do edifício 3. Verifica-se que tanto em relação à largura mínima, quanto em relação ao C_1 , todos os pilares estão de acordo com as dimensões mínimas especificadas pela norma.

Tabela 14. Resultado do dimensionamento de pilares do edifício 3

Pilares	Norma		Projeto		De acordo	
	b_{\min} (mm)	c_1 (mm)	b_{\min} (mm)	c_1 (mm)	b_{\min} (mm)	c_1 (mm)
P1	140	10	200	10	Sim	Sim
P2	140	10	250	10	Sim	Sim
P3	140	10	200	10	Sim	Sim
P4	140	10	200	10	Sim	Sim
P5	140	10	250	10	Sim	Sim
P6	140	10	200	10	Sim	Sim
P7	140	10	200	10	Sim	Sim
P8	140	10	200	10	Sim	Sim
P9	140	10	200	10	Sim	Sim
P10	140	10	200	10	Sim	Sim
P11	140	10	200	10	Sim	Sim
P12	140	10	200	10	Sim	Sim
P13	140	10	200	10	Sim	Sim
P14	140	10	200	10	Sim	Sim
P15	140	10	200	10	Sim	Sim

Pilares	Norma		Projeto		De acordo	
	b_{min} (mm)	c_1 (mm)	b_{min} (mm)	c_1 (mm)	b_{min} (mm)	c_1 (mm)
P16	140	10	250	10	Sim	Sim
P17	140	10	200	10	Sim	Sim
P18	140	10	200	10	Sim	Sim
P19	140	10	250	10	Sim	Sim
P20	140	10	200	10	Sim	Sim

4. Resultados obtidos

Para a análise de resultados do estudo de caso, levou-se em consideração a diferença entre como o projeto original estava dimensionado e como ficaria se estivesse de acordo com a norma NBR 15200 (ABNT, 2012). Como essa diferença no dimensionamento leva ao aumento do custo, foi feito o levantamento do quantitativo de concreto real e o quantitativo de concreto que seria acrescido. Neste sentido, a Tabela 15 mostra o quantitativo de concreto que seria acrescido para que os projetos atendessem a referida norma.

Tabela 15. Volume de concreto nos edifícios 1, 2 e 3.

Volume de Concreto (m ³)	Viga (m ³)	Laje (m ³)	Pilar (m ³)	Total (m ³)	Diferença	
Edifício 1	Projeto	30,93	75,60	32,28	138,81	47,13 m ³
	NBR 15200	35,86	117,80	32,28	185,94	25,35 %
Edifício 2	Projeto	33,99	28,25	215,39	277,64	12,96 m ³
	NBR 15200	43,87	31,33	215,39	290,60	4,46 %
Edifício 3	Projeto	14,00	23,29	9,30	46,59	9,26 m ³
	NBR15200	14,00	32,55	9,30	55,85	16,58 %

Com base na Tabela 15, a Figura 4 mostra o volume de concreto do pavimento tipo do edifício 1 com e sem a dimensão mínima exigida pela norma NBR 15200 (ABNT, 2012).

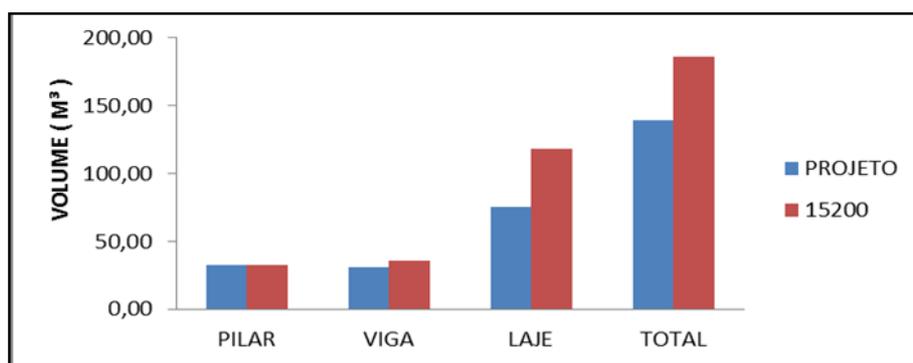


Figura 4. Volume de concreto do pavimento tipo do edifício 1

Com base na Tabela 15, a Figura 5 mostra o volume de concreto do pavimento tipo do edifício 2 com e sem a dimensão mínima exigida pela norma NBR 15200 (ABNT, 2012).

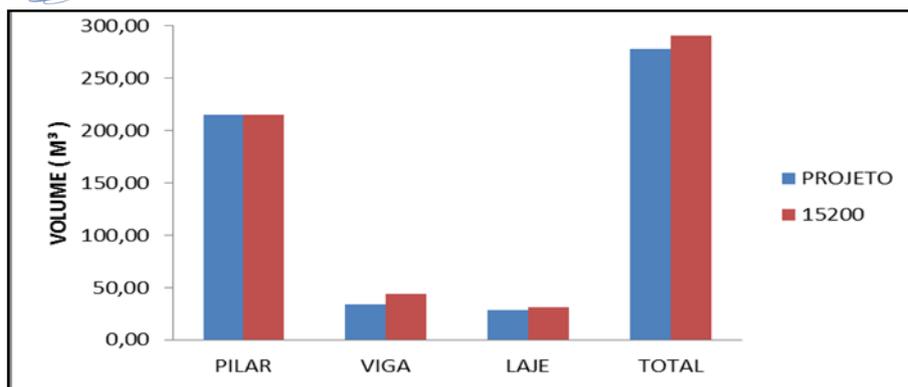


Figura 5. Volume de concreto do pavimento tipo do edifício 2

Com base na Tabela 15, a Figura 6 mostra o volume de concreto do pavimento tipo do edifício 3 com e sem a dimensão mínima exigida pela norma NBR 15200 (ABNT, 2012).

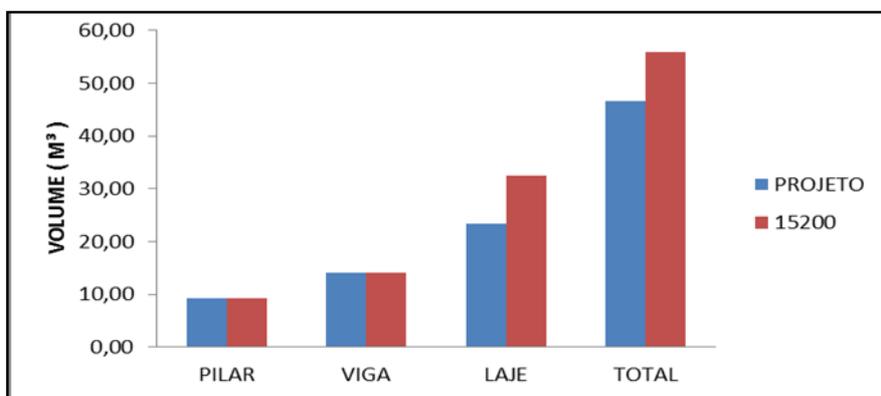


Figura 6. Volume de concreto do pavimento tipo do edifício 3

Com base na Tabela 15, a Figura 7 mostra o volume de concreto das vigas do pavimento tipo dos edifícios 1, 2 e 3 com e sem a dimensão mínima exigida pela norma NBR 15200 (ABNT, 2012). Observa-se que em relação às vigas, o edifício 3 é o que mais está adequado às dimensões mínimas exigidas pela norma, enquanto que o edifício 2 é o que mais apresenta discrepâncias ao que é estabelecido na NBR 15200 (ABNT, 2012), uma diferença de volume de concreto da ordem de mais de 29%.

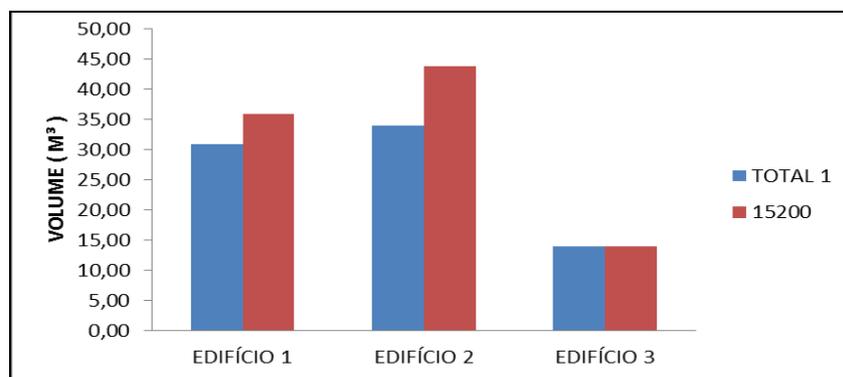


Figura 7. Volume de concreto das vigas do pavimento tipo dos edifícios 1, 2 e 3

Com base na Tabela 15, a Figura 8 mostra o volume de concreto das lajes do pavimento tipo dos edifícios 1, 2 e 3 com e sem a dimensão mínima exigida pela norma NBR 15200 (ABNT, 2012). Neste caso, a edificação 1 é a que mais precisaria investir em concreto para solucionar os problemas, tendo em vista que a diferença entre o que foi executado e as dimensões mínimas preconizadas em norma é de 55,82% em volume de concreto. O edifício 2, por sua vez é o que mais se aproxima das medidas normatizadas na NBR 15200 (ABNT, 2012), a diferença verificada foi de apenas 11%.

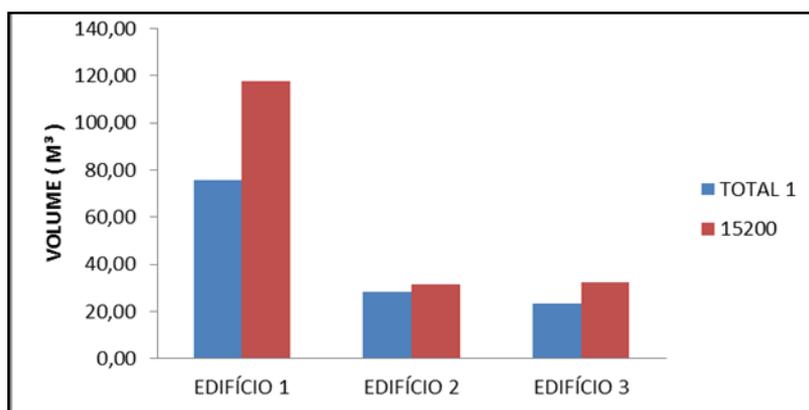


Figura 8. Volume de concreto das lajes do pavimento tipo dos edifícios 1, 2 e 3.

Com base na Tabela 15 a Figura 9 mostra o volume de concreto dos pilares do pavimento tipo dos edifícios 1, 2 e 3 com e sem a dimensão mínima exigida pela norma NBR 15200 (ABNT, 2012). No que se refere aos pilares, todos os três edifícios analisados nesta pesquisa apresentaram dimensões de acordo com o que está estabelecido em norma.

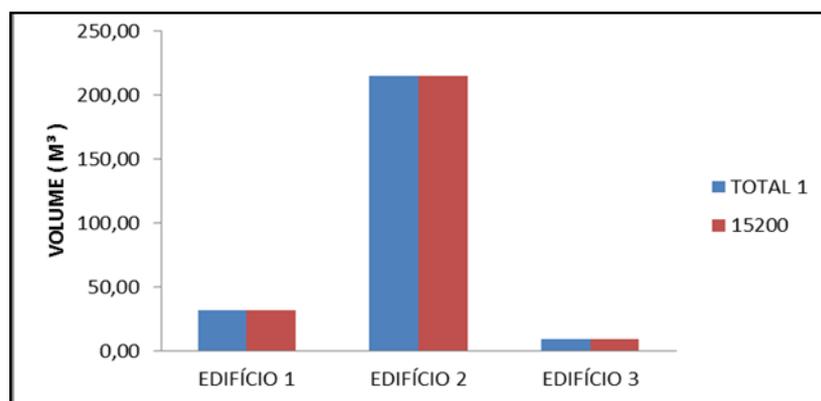


Figura 9. Volume de concreto dos pilares do pavimento tipo dos edifícios 1, 2 e 3

Com base na Tabela 15, a Figura 10 mostra o volume de concreto total do pavimento tipo dos edifícios 1, 2 e 3 com e sem a dimensão mínima exigida pela norma NBR 15200 (ABNT, 2012).

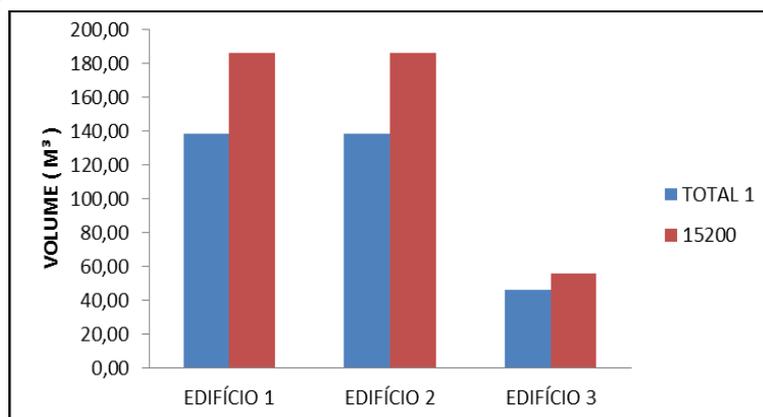


Figura 10. Volume de concreto total do pavimento tipo dos edifícios 1, 2 e 3.

Ainda com base na Tabela 15, a Figura 11 mostra o percentual de diferença do volume de concreto do pavimento tipo dos edifícios 1, 2 e 3. É válido ressaltar que não foi feita uma simulação adicional para verificar o total de volume de concreto que seria necessário para incrementar a espessura dos pilares caso fossem feitas as alterações nas seções das vigas e lajes. Porém, fica implícito que com o aumento das seções dessas estruturas seria necessário aumentar ainda mais o volume de concreto, fato esse que encareceria ainda mais o custo da obra.

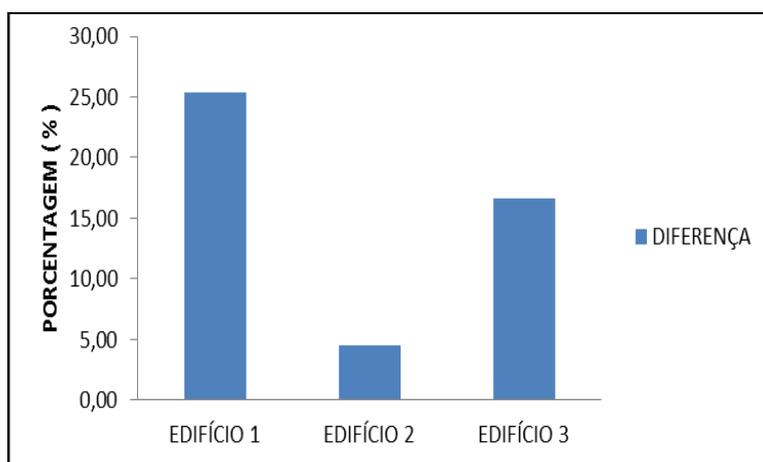


Figura 11. Percentual de diferença do volume de concreto do pavimento tipo dos edifícios 1, 2 e 3.

Observa-se a partir da Figura 11, que o edifício 1 é o que mais precisaria investir em concreto para atender as especificações da NBR 15200 (ABNT, 2012). Tendo em vista que da forma como foi projetado, o prédio atende apenas as dimensões mínimas estabelecidas para os pilares, já que 57% das vigas dessa edificação estão em desacordo com as medidas estabelecidas em norma para a largura mínima desse tipo de estrutura. Em relação às lajes do edifício a situação é mais preocupante ainda, pois, nenhuma faz a função de corta-fogo, já que tais estruturas não atendem aos valores dimensionais estabelecidos para capa e nervura das lajes preconizadas em norma.

Dessa forma, seria necessário um aumento de 25,35 % de volume de concreto para que o edifício 1 atende-se a norma, isso daria 706,95 m³ de concreto a mais no edifício como um todo. Segundo a tabela do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) do dia 13/05/2018 o custo do concreto usinado de 35 MPa é de R\$ 537,14/m³, então o custo total da adequação do projeto seria de R\$ 379. 731,12.



O edifício 2 também tem os pilares dentro do que estabelece a norma, no entanto, 85% das vigas não atendem as especificações para a largura mínima de acordo com a norma e 81 % da altura das lajes não atende as especificações exigidas. Seria necessário um aumento de 4,46 % de volume de concreto para atender a norma, isso daria 414,72 m³ de concreto a mais no edifício como um todo. Segundo a tabela do SINAPI do dia 13/05/2018 o custo do concreto usinado de 35 MPa é de R\$ 537,14/m³, então o custo total da adequação do projeto seria de R\$ 222. 762,70.

No edifício 3 os pilares e vigas atendem as exigências da norma, porém, 50 % da altura da capa da laje não faz a função de corta fogo. Seria necessário um aumento de 16,58 % de volume de concreto para atender a norma, isso daria 55,56 m³ de concreto a mais no edifício como um todo. Segundo a tabela do SINAPI do dia 13/05/2018 o custo do concreto usinado de 35 MPa é de R\$ 537,14/m³, então o custo total da adequação do projeto seria de R\$ 29. 843,50.

Observa-se a partir dos resultados verificados nesta pesquisa que a falta de cumprimento aos critérios estabelecidos em norma para o dimensionamento de peças estruturais submetidas a situações de incêndio é um fator que acarreta riscos à segurança dos habitantes de tais edificações, tendo em vista que o tempo requerido de resistência ao fogo da estrutura dos edifícios não esta sendo atendido como deveria. Fato este que implica na redução de resistência ao colapso estrutural dos prédios em caso de sinistro.

Como formas de evitar possíveis incidentes, o correto seria realizar um processo de reforço estrutural nas vigas e lajes das edificações. No entanto, tal procedimento acarretaria, além de um alto investimento com concreto, diversos retrabalhos nos edifícios, tendo em vista que os edifícios já haviam passado da fase de construção estrutural. Dessa forma, uma solução alternativa seria investir em elementos que sejam favoráveis à segurança contra incêndio, como por exemplo, sistema de hidrantes e mangotinhos, extintores, alarmes de incêndio e proteções passivas (revestimentos que evitassem a proliferação do fogo em caso de incêndio), etc.

A própria NBR 15200 (ABNT, 2012) apresenta um procedimento que permite reduzir o TRRF em até 30 minutos nas edificações com características favoráveis à segurança contra incêndio, procedimento denominado como “método do tempo equivalente”.

5. Conclusão

O presente trabalho conseguiu alcançar o objetivo a que se propôs, atendo em vista que conseguiu verificar o enquadramento de três edifícios localizados na região metropolitana de Belém-PA às especificações constantes na NBR 15200 (ABNT, 2012). Verificou-se que nenhuma das edificações analisadas estava 100 % de acordo com a referida norma. Para que os elementos estruturais dos edifícios 1, 2 e 3 atendessem a tais solicitações seria necessário que as dimensões mínimas dos mesmos fossem adequadas, fato esse que acarretaria em um aumento no volume de concreto de em média de 23,12 m³ e conseqüentemente no aumento do custo médio da estrutura de concreto em 15,46 %.

Segundo Valentini (2009), a estrutura corresponde de 14 % a 22 % do custo total de uma obra. No edifício 1 o acréscimo percentual é de 25,35 %, então o custo total para a adequação de um edifício de grande porte com laje nervurada aumentaria em torno de 3,55 % a 5,58 %. Para o edifício 2, que é um edifício de grande porte, com laje convencional, o acréscimo percentual seria de 4,46 %, então o custo total de adequação aumentaria em torno de 0,62 % a 0,98 %. No edifício 3 o acréscimo percentual seria de 16,58 %, tendo o custo total para a adequação de um edifício de pequeno porte com laje nervurada aumentado em torno de 2,32 % a 3,65 %.



A fim de contribuir com os estudos voltados à área de prevenção e combate a incêndio, este trabalho buscou ainda indicar algumas medidas protetivas que poderiam ser empregadas nos edifícios analisados neste trabalho como forma de evitar e/ou diminuir os riscos a que os habitantes dessas edificações estariam submetidos em caso de incêndio. Entre as medidas apontadas está o investimento em proteção ativa (sistema de alarme, hidrantes, escada pressurizada) e proteção passiva (acabamentos resistentes ao fogo).

No Brasil, 44 % dos estados não tem projeto lei que trate especificamente do combate e prevenção contra incêndios e em outros 26 % esses projetos estão desatualizados. O Pará até então fazia parte dos estados que não tinham projeto de lei, e como verificado em visita técnica, também não exigia que a norma NBR 15200 (ABNT, 2012) fosse cumprida nos projetos estruturais analisados pelo Corpo de Bombeiros do Estado do Pará. No entanto, esta realidade vem mudando, devido principalmente, a nova legislação estadual que foi implantada no estado, a qual trata das medidas de combate a incêndio. Espera-se que o corpo de bombeiros passe então a ser mais efetivo na fiscalização da execução de projetos como os que foram apresentados neste trabalho a fim de evitar a ocorrência de possíveis tragédias.

6. Referências

- Agostini, C. D. (2018) "Sucesso na compartimentação", https://abpporgbr.files.wordpress.com/2018/12/Artigo-Protecao-Passiva_ed114.pdf-set.pdf, setembro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5628 (2003) "Componentes construtivos estruturais - Determinação da resistência ao fogo", Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118 (2014) "Projeto de estruturas de concreto", Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6135 (1992) "Chuveiros automáticos para extinção de incêndio - Especificação", Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8681 (2003) "Ações e segurança nas estruturas - Procedimento", Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9062 (2006) "Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado", Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9441 (1998) "Execução de sistemas de detecção e alarme de incêndio", Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14276 (2006) "Brigada de incêndio - Requisitos", Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14432 (2001) "Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações", Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15200 (2012) "Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio", Rio de Janeiro.
- Bretano, T. (2013) "Instalações hidráulicas de combate a incêndios nas edificações", 3ª ed. EDIPUCRS, Porto Alegre.
- Del Carlo, A. (2008) "Segurança contra incêndio no Brasil", 1ª ed. Projeto editora, São Paulo.



- Fernandes, F. A. B. e Santos, P. W. (2013) "Medidas de prevenção de incêndios domésticos: uma proposta de mudança da legislação", Dissertação de Mestrado, Unisantia, São Paulo, São Paulo.
- Gil, A. A., Negrisolo, W. e Oliveira, S. A. (2007) "A Segurança contra incêndio no Brasil: aprendendo com os Grandes Incêndios", 1ª ed. Projeto editora, São Paulo.
- INSTITUTO SPRINKLER BRASIL, (2015). "Brasil é o 3º país com o maior número de mortes por incêndio (Newsletter nº 5)", <https://www.sprinklerbrasil.org.br/imprensa/brasil-e-o-3o-pais-com-o-maior-numerode-mortes-por-incendio-newsletter-no-5/>, Abril.
- Oppermann, A. (2013) "Espetáculo de horror", <https://super.abril.com.br/historia/espetaculo-de-horror/>, fevereiro.
- Silva, P. V. (2012) "Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio: conforme ABNT NBR 15200:2012", Livro, Ed. Blucher, São Paulo.
- Sousa, A. (2019) "Era o inferno de Dante", <https://aventurasnahistoria.uol.com.br/noticias/reportagem/materia-entrevista-ineditasobrevivente-joelma-sueli-versignassi-historia.phtml>, setembro.
- TABELA DO SINAPI. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. (2018), http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2014-pa/SINAPI_Custo_Ref_Composicoes_PA_042015_Desonerado.pdf, Julho.
- Valentini, J. (2009) "Metodologia para elaboração de orçamentos de obras civis", Monografia de Pós Graduação, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte.