REABILITAÇÃO DE EDIFICAÇÕES ANTIGAS DE CONCRETO ARMADO PARA NOVAS FINALIDADES COMERCIAIS

Pamella Alves Azevedo

Graduando em Engenharia Civil, UNISUAM, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
pamella_alves93@yahoo.com.br

Taciana Alves da Silva Barbosa

Graduando em Engenharia Civil, UNISUAM, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
tacialvesrj@gmail.com

Luiz Eduardo Amâncio Aguiar

Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense (UFF), RJ, Brasil
leduaguiar@unisuam.edu.br

RESUMO

Devido ao avanço imobiliário e a ausência de áreas livres para a construção de novas edificações nos centros urbanos das grandes cidades, surge à necessidade da transformação e aproveitamento de estruturas existentes. O presente artigo trata do procedimento aplicado na reabilitação de edificações urbanas antigas de concreto armado. Para apresentar e discutir este procedimento utiliza-se como estudo de caso um edifício comercial localizado no bairro de São Cristóvão na cidade do Rio de Janeiro-RJ. Inicialmente são definidas as premissas adotadas no projeto de reabilitação e, em seguida, são descritos os métodos de identificação e de avaliação da estrutura e as medidas tomadas para execução do reforço estrutural, levando em conta a eficácia e o custo de execução do projeto. Como resultado preliminar pode-se dizer que a recuperação estrutural dos elementos de concreto armado expostos às intempéries é utilizada para evitar a acelerada deterioração da estrutura.

Palavras-chave: reabilitação. edificações antigas. estrutura. concreto armado. reforço.

REHABILITATION OF OLD BUILDINGS OF REINFORCED CONCRETE FOR NEW BUSINESS PURPOSES

ABSTRACT

Due to the real estate advance and the absence of free areas for the construction of new buildings in the urban centers of the big cities, there is a need to transform and take advantage of existing structures. The present article deals with the procedure applied in the rehabilitation of old urban constructions of reinforced concrete. To present and

discuss this procedure, a commercial building located in the district of São Cristóvão in the city of Rio de Janeiro-RJ is used as a case study. Initially, the assumptions adopted in the rehabilitation project are defined, and then the methods of identification and evaluation of the structure and the measures taken to implement the structural reinforcement are described, taking into account the effectiveness and cost of executing the project. As a preliminary result it can be said that the structural recovery of the elements of reinforced concrete exposed to the elements is used to avoid the accelerated deterioration of the structure.

Keywords: rehabilitation. old buildings. structure. reinforced concrete. strengthening.

1 INTRODUÇÃO

A sociedade, desde o início da civilização, se preocupa com a construção de estruturas que atendam às suas necessidades, tanto habitacionais, comerciais ou de infraestrutura. Com o passar do tempo, a humanidade desenvolveu tecnologias de construção, com base em cálculos, tecnologia de materiais, análises e detalhamentos das estruturas e técnicas construtivas específicas para cada tipo de estrutura (SOUZA e RIPPER, 2009).

A engenharia civil, mais particularmente a engenharia de construções urbanas, vem se confrontando com a ausência de áreas livres e com o aumento desordenado das metrópoles. Tendo isso como fator impeditivo de novas construções, se faz necessário usufruir de edificações antigas existentes e adaptá-las ao novo cenário de demandas de utilização de áreas urbanas ocupadas.

A adaptação dessas edificações antigas a novas demandas de ocupação com destinação distinta da original requer, em geral, tanto a re-arquitetura externa e interna da edificação quanto à reabilitação com alteração e reforços da estrutura existente.

A recuperação e reforço da estrutura de concreto armado de uma edificação – particularmente as antigas (entre 50 e 80 anos) – é geralmente requerida em face das patologias decorrentes da deterioração dos materiais devido à falta de conservação e, por vezes, devido a danos estruturais causados por sinistros (incêndios, explosões,... etc.) ou ainda por ações excepcionais da natureza.

O presente trabalho tem como objetivo descrever e discutir de maneira criteriosa os procedimentos usualmente empregados para a Reabilitação de Edificações Antigas de Concreto Armado, particularmente quando esta é dirigida a novas finalidades comerciais. Essa descrição será feita com base no estudo de caso um edifício comercial localizado

em São Cristóvão/RJ.

2 METODOLOGIA PARA REABILITAÇÃO E REFORÇO ESTRUTURAL

Para melhor descrever a metodologia em geral utilizada no desenvolvimento de um projeto e da execução da reabilitação e reforço estrutural utiliza-se como estudo de caso um edifício comercial localizado em São Cristóvão/RJ.

Inicialmente são definidas as premissas adotadas no projeto de reabilitação e, em seguida, são descritos os métodos de identificação e de avaliação da estrutura e as medidas tomadas para execução do reforço estrutural, levando em conta a eficácia e o custo de execução do projeto.

O estado atual de integridade estrutural, com patologias de pequeno grau de severidade, permite que os serviços de recuperação possam ser executados juntamente com os serviços de alteração e reforço estrutural. Com base nessas premissas propõem-se os seguintes passos para realização do projeto de reabilitação estrutural:

- Identificação estrutural; isto é, levantamento das dimensões geométricas dos elementos estruturais (pilares, vigas e lajes) e da distribuição e localização desses elementos nos desenhos de forma da estrutura existente, a serem elaborados. Determinação das propriedades dos materiais que constituem a estrutura (concreto e aço). Elaboração dos desenhos de fôrma da estrutura existente.
- Levantamento das dimensões geométricas das características dos materiais e da localização das paredes e divisórias.
- Determinação da resistência à compressão do concreto de alguns componentes estrutura (pilares, vigas e lajes) por meio de ensaios não-destrutivos (que não altera as propriedades físicas, químicas, mecânicas ou dimensionais do material examinado).
- Levantamento das armaduras existentes nos componentes (pilares, vigas e lajes com maiores vãos) selecionados como os mais importantes da estrutura, através de prospecções com ferramentas leves (talhadeira e marreta).
- Elaboração de modelo estrutural. Descrição dos carregamentos considerados na análise estrutural. Verificação dos esforços dos elementos da estrutura existente. Determinação de armaduras necessárias para a plena segurança de estrutura. Definição dos tipos de aço e concreto a serem utilizados para reforço da estrutura.
- Cálculo dos reforços necessários para que a estrutura possa satisfazer os critérios de durabilidade, utilização e segurança no Estado Limite Último (ELU) para a estrutura sob

ação dos carregamentos característicos da nova “finalidade/destinação” comercial.

- Avaliação da estrutura alterada/reforçada segundo critérios de conforto dos usuários, particularmente quando sujeita a vibrações induzidas por máquinas e pessoas em atividades típicas do trabalho cotidiano.
- Elaboração do projeto executivo de reabilitação da estrutura.

3 ESTUDO DE CASO

3.1 Histórico

O atual Edifício Comercial, localizado em São Cristóvão/RJ, resultou da extensão de área e do acréscimo de 02 pavimentos no antigo Edifício Industrial da Galocha Moderna, o qual era composto apenas por um pavimento térreo e lajes cobertura (vide Figuras 1(a-b)). Desses dois novos pavimentos que compõem o atual edifício adicionados ao antigo edifício, o primeiro no nível correspondente a cobertura original e o segundo constitui o novo pavimento construído. Somente a metade do segundo pavimento é abrigado por uma estrutura de cobertura de concreto armado, sobre a qual encontra-se um reservatório (caixa d’água também de concreto armado).

Devido à falta de documentos e desenhos estruturais relativos à construção, tanto do edifício original quanto do atual, foram realizados levantamentos geométricos da estrutura existente, seus componentes e de detalhes estruturais.

Figuras 1 (a-b) – Histórico da Edificação: (a) Edifício original - Galocha Moderna; (b) Edifício atual com extensão de área e acréscimo de novos pavimentos e da caixa d’água superior.

(a)

(b)

Fonte: (BATTISTA, 2015).

3.2 Descrição da Estrutura

A estrutura é do tipo aporticada convencional em concreto armado. As lajes são maciças com espessuras variando entre 8 e 10 cm.

A laje em concreto armado de piso do pavimento térreo no nível do piso do armazém não é integrada a estrutura e foi construída sobre terreno compactado.

As fundações são possivelmente do tipo rasa na forma de blocos escalonados (ou seja, disposto em degraus) de concreto armado. Não há viga de intertravamento dos pilares no nível térreo, acima dos blocos de fundação. Não há documentação sobre os extratos de terreno de fundação.

O 1º teto estrutural – originalmente a cobertura do antigo edifício – recebeu enchimento de camada de entulho com ~10 cm de espessura em quase toda a extensão de sua área, exceto na área correspondente as atuais salas 21/22. O 1º teto tem um total de 53 pilares, 30 vigas contínuas e 7 treliças metálicas.

O 2º teto estrutural tem um total de 42 pilares e 20 vigas contínuas. Todos esses pilares são continuidade dos pilares do 1º teto estrutural, mas com diferentes dimensões das seções transversais.

O 3º teto estrutural tem um total de 22 pilares e 16 vigas contínuas. A maioria dos pilares do 3º teto são continuidades dos pilares do 1º teto estrutural, exceto os pilares de números 54, 55 e 56 que só existem nesse 3º teto estrutural.

O 4º teto estrutural tem um total de 04 pilares e 04 vigas. Todos os pilares do 4º teto são continuidades dos pilares do 1º teto estrutural e com as mesmas dimensões de seção transversal dos pilares do 3º teto estrutural.

As paredes de alvenaria são constituídas por blocos cerâmicos e as paredes internas possuem de ~15 cm espessura. As paredes do entorno do 2º pavimento possuem ~25 cm de espessuras.

3.3 Identificação Estrutural

3.3.1 Levantamento Geométrico

O levantamento geométrico foi realizado por meio de instrumentos óticos, trenas e mira a laser para medição de distâncias e das dimensões das seções transversais dos componentes (pilares e vigas) e das dimensões em planta dos painéis retangulares das lajes.

Para melhor compreensão da notação utilizada para definir os pavimentos arquitetônicos e os tetos estruturais ver Figura 2.

Figura 2 – Representação dos pavimentos arquitetônicos e dos tetos estruturais.

Fonte: (CONTROLLATO, 2015).

3.3.2 Inspeção da Estrutura

A Inspeção da estrutura de concreto armado foi realizada juntamente com o levantamento geométrico. Essa inspeção teve como objetivo fazer um check-up da edificação, levantando todas as anomalias construtivas da estrutura, quer seja por erros de construção ou por má conservação.

Na inspeção foi verificado que alguns pilares do 3º teto e a cobertura (4º teto) há desagregação da massa de concreto e forte corrosão das armaduras causadas pela infiltração de águas visto que está exposto ao intemperismo.

3.3.3 Determinação da Resistência do Concreto

Para determinação da resistência do concreto dos pilares, vigas e lajes foram feitos ensaios de esclerometria. Este ensaio tem como objetivo analisar a qualidade do concreto, de forma não-destrutiva, verificando a uniformidade do concreto em diferentes partes de uma estrutura. Utilizou-se um esclerômetro marca PROCEQ modelo N/NR Original Schmidt (ver Figura 3).

Figura 3 – Modelo de esclerômetro PROCEQ/SCHIMIDT.

Fonte: (CONTROLLATO, 2015).

A realização dos ensaios de esclerometria requer uma preparação cuidadosa da superfície do concreto, retirando-se as camadas de tinta e de massa de regularização por meio de lixamento até chegar à superfície do concreto (ver Figura 4.a). Após esse tratamento faz-se a marcação dos 16 pontos de amostragem onde irão ser dados os impactos do esclerômetro (ver Figuras 4.b).

Figura 4 (a-b) – Ensaio de Esclerometria: (a) Preparação da superfície de concreto de um pilar típico; (b) Marcação dos 16 pontos de amostragem dos índices esclerométricos e impacto do esclerômetro num ponto de amostragem do ensaio em um pilar típico.

(a) (b)

Fonte: (CONTROLLATO, 2015).

Os ensaios esclerométricos dos pilares foram feitos numa altura de 1,0 m da base do pilar e posicionando o esclerômetro horizontalmente. Os ensaios nas vigas foram feitos na região central a meia altura da face lateral da viga e posicionando o esclerômetro horizontalmente. Já nas lajes foram feitos na região periférica (próximo as vigas) dos painéis de laje e posicionando o esclerômetro verticalmente.

O ensaio de esclerometria foram feitos em 22 Pilares no 1º Teto Estrutural, 2 Pilares e 1 Viga no 2º Teto e 8 Pilares, 4 Vigas e 1 Laje no 3º Teto.

Os resultados da resistência do concreto são obtidos com auxílio do ábaco (fornecido no manual da fabricante do esclerômetro PROCEQ/Schmidt (Figura 5) e através de um tratamento estatístico, obtendo assim o valor característico da resistência à compressão do concreto existente nos vários elementos estruturais nos quais foram realizados os ensaios esclerométricos.

Figura 5 – Ábaco do manual do esclerômetro

Fonte: (PROCEQ).

Na Tabela 1 são apresentados os resultados finais para cada pilar, viga e laje (f_j) do valor da resistência estimada para o conjunto desses elementos ($f_{j, est}$), para cada teto estrutural.

Tabela 1 – Resultados obtidos para o conjunto de cada elemento dos tetos estruturais.

	1º Teto	2º Teto	3º Teto
Elementos	$f_{j, est}$ (MPa)	$f_{j, est}$ (MPa)	$f_{j, est}$ (MPa)
Pilar	32	22	22
Viga	-	20	25
Laje	-	-	42

Fonte: (CONTROLLATO, 2015).

Nota: No 1º Teto não foi realizado o ensaio esclerométrico nas vigas e laje devido a grande altura e impedimentos ao acesso aos armazéns. No 2º Teto não foi

feito o ensaio esclerométrico na laje devido o impedimento de acesso as salas comerciais.

3.3.4 – Identificação das Armaduras de Aço dos Componentes da Estrutura

Para identificação das armaduras de aço existentes, foram feitas prospecções com ferramentas leves (talhadeira e marreta) dos elementos mais importantes da estrutura. Por elementos importantes se entende aqueles ditos *primários* (pilares) e *secundários* (vigas e lajes com maiores vãos) para garantia da estabilidade estrutural.

Esse processo de investigação foi realizado em todos os tetos estruturais, sendo feita a retirada da camada de concreto, de forma a não trazer danos à estrutura, para visualização e identificação do tipo de armadura utilizada na construção. As prospecções foram feitas em algumas vigas (face inferior e lateral) e lajes (ver Figuras 6(a-c)).

Figuras 6(a-c) – Prospecções nos elementos estruturais.

Fonte: (CONTROLLATO, 2015)

3.4 Reforço Estrutural

3.4.1 – Análise das Solicitações na Estrutura

Foi desenvolvido um modelo computacional 3D em elementos finitos utilizando o programa SAP 2000, baseado no levantamento estrutural realizado no edifício e de acordo com os resultados de resistência a compressão estimado nos ensaios de esclerômetria.

Para representar as vigas e os pilares, foram utilizados elementos finitos de barra e as lajes foram representadas por malhas discretizadas com elementos quadriláteros planos de casca, com lados não maiores que 50 cm.

Figura 7 – Representação em perspectiva do modelo computacional 3D da estrutura.

Fonte: (CONTROLLATO, 2015)

Foram utilizados os seguintes carregamentos:

Carregamentos Permanentes:

- Peso próprio da estrutura: O programa SAP 2000 determina o peso próprio dos elementos estruturais automaticamente de acordo com a sua geometria, sendo necessário especificar o peso específico do material concreto ($\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$).
- Revestimento do piso: Distribuiu-se pelas lajes do edifício o carregamento de revestimento do piso, de acordo com o tipo de revestimento levantado no local, para cada ambiente.
- Paredes de alvenarias existentes: Os pesos das paredes de alvenaria de blocos cerâmicos foram distribuídos por unidade de comprimento em vigas e por unidade de área nos elementos finitos alinhados sob as paredes. Considerou-se o peso específico das alvenarias de blocos cerâmicos vazados igual a 13 kN/m^3 .
- Paredes de alvenarias à construir: Os pesos das paredes de alvenaria de blocos cerâmicos a serem construídas foram distribuídos por unidade de área nos elementos finitos que representam as Lajes. Considerou-se o peso específico das alvenarias igual a 13 kN/m^3 .

Carregamento Acidental:

- Sobrecarga de ocupação: Foi considerada sobrecarga de 2 kN/m^2 , utilizada para escritórios, conforme a NBR 6120 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações.

Combinações de Carregamentos:

A combinação de carregamentos utilizada para cálculo dos esforços solicitantes no Estado Limite Último definido na NBR 6118 (2014), é tal como se apresenta na equação (1):

$$Q_{\text{total}} = 1,1 * Q_{\text{peso próprio}} + 1,4 * Q_{\text{permanente}} + 1,4 * Q_{\text{acidental}} \quad (1)$$

$Q_{\text{peso próprio}}$ – somatório de cargas de peso próprio da estrutura existente identificada por meio de levantamento geométrico realizado pela controllato (2015).
 $Q_{\text{permanente}}$ – somatório de cargas permanentes.
 $Q_{\text{acidental}}$ – somatório de cargas acidentais.
 Q_{total} – carga total.

Nota-se que para o Peso Próprio da estrutura adotou-se um valor reduzido para o coeficiente de segurança $\gamma_{pp} = 1,1$, devido ao pleno conhecimento das dimensões geométricas da estrutura existente e de seus componentes.

Com base no levantamento estrutural e nos carregamentos descritos acima, chegou-se no seguinte resultado:

A partir dos resultados de esforços em pilares observou-se que 2 pilares (denominados nº 21 e 23) do 1º teto (armazém) estão excessivamente carregados e necessitam de uma taxa de armadura igual a 8% em relação à área de concreto dos pilares, valor este muito superior ao permitido por norma de projeto (4%).

Assim, há necessidade de reforço por encamisamento desses pilares, além de um pequeno número de outros pilares que venham a ser sobrecarregados por acréscimo de carga de ocupação na área a ser acrescida no último pavimento do edifício.

O reforço por encamisamento tem como objetivo o aumento da seção transversal, o aumento da resistência do concreto e principalmente a transferência de esforços do pilar original para o reforço.

3.4.2 – Análise de Vibrações das Lajes da Estrutura

Foi realizado uma monitoração da resposta estrutural dinâmica, pois um grande número de painéis de laje da estrutura do edifício apresentou vibrações induzidas pelo caminhar humano, com amplitudes perceptíveis aos usuários e que se propagavam às esquadrias e divisórias.

A monitoração dinâmica foi realizada sob ação de caminhar de uma única pessoa e sob aplicação de impacto com os calcanhares em diferentes pontos. Foi utilizado 04 acelerômetros (dispositivo usado para medir a aceleração própria de

um sistema) da marca KYOWA (Japão), modelo ASW, com grande capacidade de leitura das amplitudes de aceleração e largas faixas de frequência.

Os painéis escolhidos para a realização desses ensaios experimentais dinâmicos foram aqueles onde as vibrações já tinham sido identificadas como mais perceptíveis pelos usuários. São eles:

- Monitoração 01: Painel de laje de piso da sala de reuniões /administração, localizada no 2º pavimento (1º teto);
- Monitoração 02: Painéis de laje localizados no 3º pavimento (2º teto).

As Figuras 8 e 9 ilustram esquematicamente em planta os pontos de instrumentação com acelerômetros e os pontos de aplicação das cargas de impacto e as trajetórias de caminhar em cada uma das monitorações. As Figuras 10(a-c) mostram os equipamentos e procedimentos realizados nas Monitorações.

Figura 8 – Plano de instrumentação da Monitoração 01.

Fonte: (CONTROLLATO, 2015)

Figura 9 – Plano de instrumentação da Monitoração 02.

Fonte: (CONTROLLATO, 2015)

Foto 10 (a-c) – (a) Sistema de aquisição de dados; (b) Acelerômetro afixado no piso; (c) Caminhar de uma única pessoa.

(a)

(b)

(c)

Fonte: (CONTROLLATO, 2015)

A partir dos sinais obtidos do caminhar e da aplicação de impactos com os calcanhares em cada uma das monitorações, foram calculados valores de taxa de amortecimento do modo fundamental de vibração, parâmetro necessário para a modelagem numérica e as estimativas de amplitudes de respostas.

O cálculo das taxas de amortecimento foi realizado por método do decremento logarítmico. Esse método leva em conta a duração da resposta do sistema a uma excitação por impulso, ou seja, é calculado a partir de um simples impulso provocado no sistema através da razão entre duas amplitudes sucessivas do sinal. Conforme o método do decremento logarítmico utilizamos a seguinte expressão:

onde δ é a taxa de amortecimento;

A_n é a amplitude da resposta no ciclo n ;

A_0 é a amplitude da resposta no ciclo 0;

N é o número de ciclos para o qual.

Os valores médios encontrados foram: para o painel instrumentado na Monitoração 01 e para os painéis instrumentados na Monitoração 02.

A Figura 11 ilustra a modelagem numérico computacional 3D dos painéis de laje, com as inclusões acima mencionadas, para determinação de características estruturais dinâmicas.

Figura 11 – Perspectiva do modelo numérico-computacional 3D completo.

Fonte: (CONTROLLATO, 2015)

Com base nos resultados obtidos das medições dinâmicas realizadas em painéis de laje típicos do 1º e do 2º teto do edifício e, também, com base nos resultados obtidos dos modelos numéricos-computacionais 3D desses painéis que compõem a estrutura dos pisos correspondentes, pode-se tirar as seguintes conclusões:

- a) Vários painéis de laje de piso, sob ação do simples caminhar de uma pessoa, apresentam vibrações com amplitudes excessivas, muito maiores que os valores aceitáveis sob critério de percepção e conforto humano, prescritos na ISO 2631-2.
- b) A atenuação das amplitudes de vibrações induzidas por atividades humanas (típicas do trabalho cotidiano de escritórios e de reuniões de muitas pessoas) é conseguida da melhor maneira por meio da instalação de vigas metálicas (perfis de aço ASTM A36-W310x44,5) sob os painéis de lajes, com suas extremidades fixadas nas faces laterais das vigas de concreto armado existentes.
- c) Essas vigas metálicas instaladas sob pressão adequada sob os painéis das lajes do piso são efetivas tanto para o enrijecimento e redução das vibrações, quanto para o reforço estrutural dos painéis de laje maciça e de laje pré-moldada.

3.4.3 – Especificações e Materiais Utilizados

Os materiais utilizados para execução dos reforços por encamisamento dos pilares foram:

Aço: CA50

Concreto: Microconcreto com agente inibidor de corrosão – Emckrete 50 Plus-MC – Bauchemie Brasil Indústria e Comércio Ltda. Mistura em betoneira comum,

girando por cerca de 5 minutos. Fck aproximado 30 Mpa.

Os materiais utilizados para aumento e reforço das fundações dos pilares P23 e P37 foram:

Aço: CA50

Concreto: Convencional com traço 1:3.

Os materiais utilizados para execução dos novos pilares P34 e P42 foram:

Aço: CA50

Concreto: Microconcreto com traço 1:2 (cimento CPIII e areia lavada) e brita zero, fator água/cimento $\sim 0,40$. Mistura em betoneira comum, girando por cerca de 5 minutos; com grau de dureza superficial equivalente a uma resistência à compressão fck aproximado 30 MPa.

4 CONCLUSÃO

O trabalho faz uma descrição dos procedimentos usualmente empregados para a Reabilitação de Edificações Antigas de Concreto Armado, com base no estudo de caso de um edifício comercial localizado em São Cristóvão/RJ.

Com base nos resultados para esforços seccionais (cortante, normal e momento fletor) em todos os elementos da estrutura de concreto armado do edifício em foco e, também, de acordo com os desenhos de projeto de reforço e recuperação estrutural, chegou-se na seguinte avaliação e resultados:

- Reforço dos Pilares por encamisamento devido o acréscimo de carga de ocupação na área a ser acrescida no último pavimento do edifício e principalmente os pilares nº 21 e 23 do 1º teto (armazém) que estão excessivamente carregados e necessitam de uma taxa de armadura igual a 8% em relação à área de concreto dos pilares, valor este muito superior ao permitido por norma de projeto (4%).
- Instalação de Vigas Metálicas (perfis de aço ASTM A36-W310x44,5) sob os painéis de lajes que apresentaram vibrações com amplitudes excessivas. Essas Vigas Metálicas são efetivas tanto para o enrijecimento e redução das vibrações, quanto para o reforço estrutural dos painéis de laje maciça e de laje pré-moldada.
- Recuperação estrutural dos elementos de concreto armado expostos às intempéries,

para evitar a acelerada deterioração da estrutura (i.e desagregação da massa de concreto e forte corrosão das armaduras causadas pela infiltração de águas das chuvas e carbonatação, que é um processo físico-químico entre CO_2 e os compostos da pasta de cimento) tal como é o caso das lajes de cobertura e de alguns pilares (P9 e P54, por exemplo) nesta área do 3º pavimento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 2000.

BATTISTA, R.C. **Avaliação, Recuperação e Reforço da Estrutura de Edifício Comercial/Industrial para Utilização da Cobertura e Construção de um Novo Pavimento – Levantamento Geométrico da Estrutura de Concreto Armado – Relatório Técnico I a VIII CL-1017/15**,

CONTROLLATO – Projeto, Monitoração e Controle de Estruturas Ltda., Rio de Janeiro/RJ, 2015.

ISO **2631-2:2003**. Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 2: Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz), 2003.

SOUZA, V.C.M.; RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**, Editora PINI Ltda, São Paulo/SP, 1998; 1ª ed., 5ª tiragem, 2009.