MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO APARENTE – ESTUDO DE CASO FÓRUM ITAJAÍ/SC

ANJOS, L. C.[1], SCHAEFER, C. O.[2]

[1] Universidade do Vale do Itajaí, Graduanda, e-mail: lauraanjoss@gmail.com
[2] Universidade do Vale do Itajaí, docente, Doutora, e-mail: cecilia@univali.br

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo a inspeção dos elementos estruturais de concreto armado aparente do edifício do Fórum da Comarca de Itajaí. Utilizou-se o procedimento para levantamento de problemas patológicos indicado por Lichtenstein (1986), seguindo a metodologia de levantamento de subsídios. Fez-se a inspeção visual dos elementos, onde identificaram-se as manifestações patológicas ocorrentes. Na anamnese levantou-se o histórico da edificação e fez-se a consulta de seus projetos. Para investigar as condições dos elementos estruturais, realizou-se ensaios não destrutivos e semi destrutivos, sendo eles: medição da abertura de fissuras, medição da redução de seção transversal das armaduras expostas, profundidade de carbonatação e teor de cloretos totais. Percebe-se um grande número de elementos afetados pelas manifestações patológicas, correspondendo a 86% do total de elementos inspecionados. Com a análise dos resultados obtidos através das inspeções e dos ensaios realizados, constata-se que a situação atual do edifício deve-se por erros nas etapas de projeto e execução e por ausência de manutenção.

Palavras chave: Concreto armado aparente; Manifestação patológica; Inspeção.

ABSTRACT

The present study aimed the structural elements inspection of the reinforced apparent concrete at the building of the District of Itajaí Forum. The procedure for the finding of pathological problems indicated by Lichtenstein (1986) was used, following the methodology of lifting subsidies. Occurred pathological manifestations and their were identified by a visual inspection of the elements. During the anamnesis the building history and its projects were checked. In order to investigate the conditions of the structural elements there were non-destructive and semi-destructive trials such as measurement of: fissures, reduction of cross section on the exposed reinforcement, carbonation depth and chlorides total level. A great number of elements affected by the pathological manifestations is noticed, corresponding to 86% of inspected elements. After the analysis of the results obtained by the inspections and tests performed, it shows that the current situation of the building is due to errors in the project design and implementation steps, and lack of maintenance.

Keywords: Apparent concrete; Pathological manifestations; Inspection.

1. INTRODUÇÃO

A ABNT NBR 6118:2007 prescreve que as estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que, sob as condições previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme recomendado em projeto, conservem sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil. Por vida útil, pode-se considerar como o período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, bem como execução de reparos necessários (ABNT NBR 6118:2007).

Existem níveis de desempenho mínimo aceitáveis e a estrutura vai perdendo sua capacidade inicial ao longo do tempo de utilização. Isso vem do fato incontestável de que nada é eterno e toda construção tem um tempo de vida útil que é finito (ISAIA, 2005).

O surgimento de um problema patológico em dada estrutura indica a existência de uma ou mais falhas durante a execução de uma das etapas da construção, apontando também, falhas no sistema de controle de qualidade próprio de uma ou mais atividades (SOUZA; RIPPER, 1998). Sendo que, para Helene (1992), o processo de construção pode ser dividido em cinco grandes etapas: planejamento, projeto, fabricação de materiais, execução e uso, esta última envolvendo operação e manutenção das obras civis.

Após o problema patológico instalado, o estudo e entendimento das causas são elementos da maior importância para que a cura da estrutura seja efetivamente alcançada, pois o sucesso e a durabilidade da intervenção dependerão da escolha do método apropriado de combate ao mesmo. (SOUZA; RIPPER, 1998).

O projeto do Fórum de Itajaí foi elaborado no final dos anos 90 — sendo inaugurado em janeiro do ano 2000 —, baseado nas orientações da Norma Técnica vigente na época, a ABNT NBR 6118:1980. O Fórum possui 10947,45 m² de terreno e 7390,05 m² de área construída. Como características de construção é constituído de elementos estruturais de concreto armado e paredes com vedação em alvenaria. Seus brises técnicos para ar-condicionado, brises arquitetônicos e alguns pilares internos e externos são de concreto armado aparente, o qual possui uma pintura de proteção.

2. FUNDAMENTAÇÃO TÉORICA

2.1 Manifestações Patológicas em Concreto Armado

Há diversos de fatores que podem danificar ou destruir o concreto armado, existindo, por exemplo, agentes que só atacam o concreto, agentes que só atacam a armadura, e agentes que danificam ambos. No estudo de caso realizado, as manifestações patológicas mais encontradas foram: armadura aparente, corrosão de armaduras, deformação da estrutura, desplacamento do

concreto, fissuras, manchas e eflorescências e presença de vegetação. A Tabela 1 apresenta as manifestações patológicas acima citadas e suas definições e/ou correlações.

Tabela 1: Manifestações patológicas em concreto armado. (Fonte: Adaptado de ISAIA, 2011, p. 1126; VERÇOZA, 1991, cap. 2).

Manifestação patológica	Definição/Correlação com a manifestação patológica
Armadura aparente	Aço com função estrutural sem proteção física do concreto. Consequência do desplacamento do concreto.
Corrosão de armaduras	Reação espontânea caracterizada pelo processo do metal voltar a seu estado natural, geralmente devida à destruição da película passivadora que protege o aço. Esta destruição pode ser desencadeada por ação de íons despassivantes (Ex: cloretos e sulfatos) ou redução do pH do concreto por meio de reações químicas (Ex: carbonatação).
Deformação da estrutura	Deformações devido à má execução, insuficiência de armaduras, como consequência da corrosão das armaduras ou módulo de elasticidade não conforme com o especificado em projeto.
Desplacamento do concreto	Desplacamento devido à fissuras desencadeadas por corrosão de armaduras, ações mecânicas, reação álcali agregado.
Eflorescência	Precipitado branco de carbonato de cálcio na superfície da estrutura do concreto. É consequência da lixiviação, que é a dissolução e carreamento dos compostos hidratados do cimento.
Fissuras	Aberturas nas estruturas de concreto sempre que as tensões de tração superem a capacidade resistente do concreto. Ocorrem por corrosão de armaduras, variação hidráulica, variação térmica, reações químicas expansivas etc.
Manchas	Ocorrem por oxidação de produtos ferruginosos dos agregados, deposição de partículas em suspensão, ações externas (chuvas e ventos) e ação de microorganismos.
Presença de vegetação (biodeterioração)	Colonização do concreto por organismos vivos (fungos, algas, bactérias e liquens).

Devido à incidência de manifestações patológicas não tratadas que acabam culminando em tragédias, levando a estrutura a colapso em alguns casos, as prefeituras municipais começaram a implantar leis que obrigam a manutenção predial. Um exemplo é a Lei 2805 da cidade de Balneário Camboriú, Santa Catarina. Esta lei designa a responsabilidade aos proprietários ou gestores das edificações públicas e privadas a realizarem vistorias periódicas, para detecção de irregularidades na parte física do imóvel, registradas em um Parecer Técnico, no qual deverão ser obrigatoriamente anexados o Formulário de Inspeção Técnica e a Ficha Técnica da Edificação (BALNEÁRIO CAMBORIÚ, 2008).

2.2 Sequência geral de inspeção de uma estrutura com problemas patológicos

Em 1986, Lichtenstein publicou um boletim técnico que continha um procedimento de atuação para obras que apresentam problemas patológicos. Este procedimento consiste em três etapas, o levantamento de subsídios, o diagnóstico da situação e a definição de conduta, que envolve o prognóstico da situação. O presente estudo de caso utilizou as recomendações para a etapa de levantamento de subsídios.

3. METODOLOGIA

3.1 Metodologia

O levantamento de subsídios foi realizado por meio dos resultados da verificação das ocorrências de manifestações patológicas existentes nas estruturas de concreto armado, levantamento das informações sobre o histórico da edificação, e verificação das condições dos elementos estruturais através de ensaios não destrutivos e semi destrutivos.

Foram escolhidos para estudo os elementos estruturais externos, já que estes apresentam maior risco de ocorrência por serem de concreto armado aparente e estarem constantemente expostos a intempéries. Eles foram analisados por meio de inspeção visual e por ensaios experimentais *in loco*, com o uso de indicadores adequados para o estudo da carbonatação e com coleta de material para análise em laboratório para medida do teor de cloretos totais. Foram realizadas medições de abertura das fissuras e redução de seção transversal de armaduras expostas.

As peças estruturais estudadas foram os pilares e os brises, (Figura 1, Figura 2, Figura 3 e Figura 4), os quais foram divididos em três tipos de acordo com sua função: brise arquitetônico “BA”, brise técnico “B1” e brise técnico “B2”. O brise técnico “B2” subdivide-se em duas tipologias, conforme Figura 3.



Figura 1: Brise arquitetônico "BA".



Figura 2: Brise técnico "B1".



Figura 3: Brise técnico "B2".



Figura 4.: Pilar de concreto armado aparente.

Na anamnese, os projetos estruturais foram consultados para verificar as espessuras de cobrimento em relação à Norma vigente na epóca, e para o conhecimento dos diâmetros das armaduras utilizadas, com o intuito de confrontar com os valores determinados na medição da seção das armaduras expostas. Outra medida realizada foi a entrevista com o analista administrativo do Fórum, para que fosse possível obter informações sobre o histórico da edificação.

Para a inspeção detalhada, dividiu-se o edifício em quatro blocos: “A”, “B”, “C” e “D”, onde então foram realizados ensaios nos elementos estruturais. Os pilares ensaiados foram escolhidos aleatoriamente de acordo com a disposição do edifício, sendo que se obteve uma amostra de cada bloco e em cada fachada do mesmo. Sendo assim, foram ensaiados dez pilares, sendo estes os de número 5, 10, 19, 25, 30, 44, 50, 54, 60 e 70, conforme Figura 5.

Os brises foram ensaiados para verificar a redução de seção transversal de suas armaduras expostas porque eram os únicos elementos que possuíam uma área grande de desplacamento do concreto para que o ensaio pudesse ser realizado. Eles foram escolhidos de acordo com a

possibilidade de realizar o ensaio de medição de redução de seção das armaduras expostas e estão destacados na Figura 5.

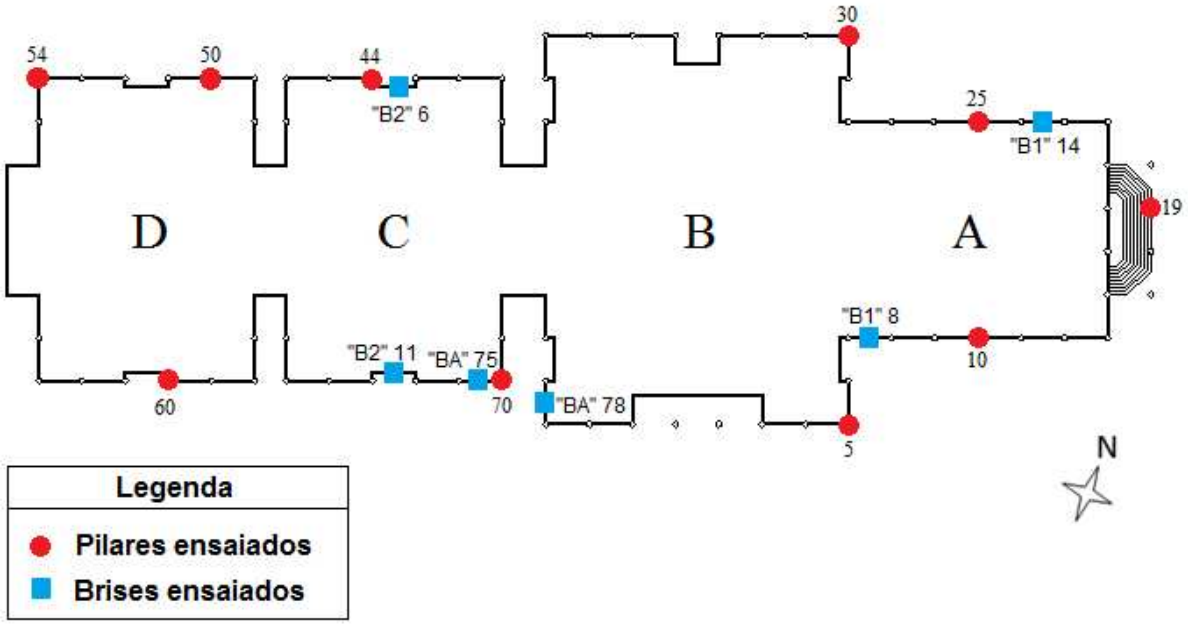

Figura 5: Identificação dos pilares e brises ensaiados.

Os ensaios e medições foram feitos na seguinte sequência:

1) Abertura das fissuras: medição da abertura das fissuras com um fissurômetro. Foram contabilizadas apenas as fissuras com valores iguais ou maiores a 0,3 mm, pois esse é o limite de abertura de fissuras estabelecido pela ABNT NBR 6118:2007 para a Classe de Agressividade II, correspondente ao local onde se encontra o edifício estudado.

2) Medição da redução de seção transversal das armaduras expostas: as armaduras dos brises foram limpas manualmente com uma escova de aço e, com o auxílio de um paquímetro, fez-se a medição em pelo menos três pontos para cada barra escolhida. Estes valores foram anotados para a posterior comparação com a seção tansversal inicial das armaduras verificadas no projeto estrutural.

3) Ensaio de profundidade de carbonatação: os pilares foram perfurados até alcançarem a armadura principal, com o objetivo de avaliar se todo o cobrimento da armadura estava carbonatado. Após a abertura dos furos, expulsou-se todo o pó resultante da furação e aplicou-se fenolftaleína com um borrifador para que fosse possível verificar a existência ou não da carbonatação, bem como sua profundidade. Estas constatações foram avaliadas com base na reação colorimétrica do indicador utilizado, que foi a solução de fenolftaleína.

4) Ensaio de teor de cloretos totais: As amostras coletadas *in loco* durante a furação do concreto para a realização do ensaio de profundidade de carbonatação, foram levadas ao

laboratório, onde foram adotados os procedimentos recomendados pela NT Build 298:1996. A prática dos ensaios foi feita em triplicata, para que fosse possível um resultado mais fiel. O cálculo do teor de cloretos foi realizado de acordo com a equação (1):

$$Peso - \%Cl^{-} = 3{,}545 * \left(\frac{V_1 N_1 - V_2 N_2}{m}\right) \quad (1)$$

Onde,

V_1 = a quantidade adicionada de solução de nitrato de prata (ml); N_1 = normalidade da solução de nitrato de prata; V_2= quantidade adicionada de solução de tiocianato de amônio durante a titulação (ml); N_2 = normalidade da solução de tiocianato de amônio; m = peso da amostra (g).

Antes da realização dos ensaios com as amostras, fez-se um teste com três soluções padrões, com duas amostras de concreto, e com uma solução branca. Pelas soluções padrão, verificou-se a confiança do procedimento analítico, pois já havia conhecimento da porcentagem de cloretos das mesmas. Com as amostras de concreto, pôde-se testar o comportamento do mesmo em relação ao uso dos reagentes. Como a solução branca não possuía nenhuma substância a ser analisada, descobriu-se o valor máximo de tiocianato de amônio a ser titulado, que era de 10 ml.

4. RESULTADOS

4.1 Inspeção visual

A edificação estudada possui um total de 211 elementos estruturais constituídos de concreto armado aparente em sua região externa. Dentre estes, 76 são pilares, 39 são brises técnicos tipo “B1”, 11 são brises técnicos tipo “B2” e 85 são brises arquitetônicos tipo “BA”.

Dos 76 pilares verificados, 73 apresentavam algum tipo de manifestação patológica, sendo a fissura a de maior ocorrência. Na Tabela **2** observa-se a incidência das outras manifestações encontradas.

Tabela 2: Manifestações patológicas nos pilares inspecionados.

Incidência de manifestações patológicas nos pilares (%)							
Armadura aparente	Corrosão de armaduras	Deformação da estrutura	Desplacamento de concreto	Desplacamento do revestimento	Fissuras	Manchas/ eflorescências	Presença de vegetação
5	6	0,5	11	16	31	23,5	7

Na Figura 6, visualiza-se em (A) as armaduras aparentes, a corrosão das armaduras e as fissuras. Em (B) verifica-se a presença de vegetação e manchas.



Figura 6: Manifestações patológicas nos pilares.

Dentre os 39 brises técnicos do tipo “L1” verificados, todos apresentavam algum tipo de manifestação patológica, sendo que a de maior incidência foi a mancha e/ou eflorescência, com 23% de ocorrência em relação ao total de manifestações. Na Tabela **3** observa-se a incidêncis das outras manifestações encontradas.

Tabela 3: Manifestações patológicas nos brises "B1" inspecionados.

Incidência de manifestações patológicas nos brises "B1" (%)						
Armadura aparente	Corrosão de armaduras	Deformação da estrutura	Desplacamento de concreto	Fissuras	Manchas/Eflorecências	Presença de vegetação
16	20	1	12	20	23	8

Na Figura 7, visualiza-se em (A) as armaduras aparentes, a corrosão das armaduras, a deformação da estrutura e as fissuras. Em (B) verifica-se a presença de vegetação, manchas e eflorescências.

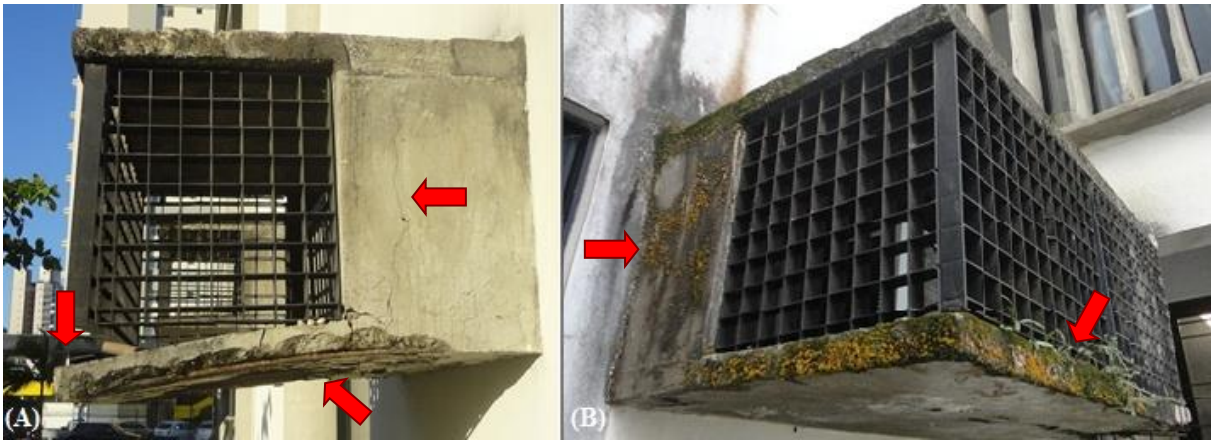

Figura 7: Manifestações patológicas nos brises "B1".

Dos 11 brises técnicos do tipo “B2” verificados, todos apresentavam alguma manifestação patológica. Quanto ao tipo, a de maior ocorrência foi a corrosão de armaduras, apresentando 27% do total de manifestações. Na Tabela **4**, verifica-se a ocorrência das outras manifestações patológicas.

Tabela 4: Manifestações patológicas nos brises "B2" inspecionados.

Incidência de manifestações patológicas nos brises "B2" (%)				
Armadura aparente	Corrosão de armaduras	Deformação da estrutura	Desplacamento de concreto	Fissuras
22	27	5	22	24

Na Figura 8, nota-se as armaduras aparentes, a corrosão das armaduras e as fissuras.



Figura 8: Manifestações patológicas no brise “B2”.

Dos 85 brises arquitetônicos do tipo "BA" verificados, 59 apresentavam algum tipo de manifestação patológica. A de maior ocorrência foi a fissura, com 31% do total de manifestações, como visto na Tabela 5.

Tabela 5: Manifestações patológicas nos brises "BA" inspecionados.

Incidência de manifestações patológicas nos brises "BA" (%)						
Armadura aparente	Corrosão de armaduras	Deformação da estrutura	Desplacamento do revestimento	Desplacamento de concreto	Fissuras	Manchas/ Eflorecências
12	29	1	1	16	31	10

Na Figura 9, visualiza-se as armaduras aparentes, a corrosão das armaduras e o desplacamento do concreto.



Figura 9: Manifestações patológicas no brise "BA".

Das manifestações patológicas verificadas nos brises, algumas possuíam como fator acelerante a presença constante de umidade. Esta umidade é proveniente da água da chuva, que se acumula facilmente na parte superior dos brises, e também procedida da condensação do vapor de água ocasionada pelo funcionamento dos aparelhos de ar-condicionado presentes no brises técnicos. Além disso, alguns brises encontram-se em locais com difícil acesso a raios solares.

4.2 Levantamento de informações

A partir de consulta aos arquivos estruturais foi possível observar que o cobrimento especificado em projeto para os pilares foi de 2 cm. Para os brises técnicos e arquitetônicos, o cobrimento especificado varia entre os valores de 1,5 e 2 cm. Com estes valores pode-se constatar que os cobrimentos mínimos especificados em projeto diferem do especificado pela Norma vigente na época, ABNT NBR 6118:1980, que fixa 2,5 cm como valor mínimo de cobrimento para concreto armado aparente.

Na entrevista com o analista administrativo do Fórum foi relatado que não foi realizado nenhum serviço de manutenção, como lavagens e pinturas, nem reformas desde a entrega da edificação. O analista também relatou que a partir do final do ano de 2008, os funcionários começaram a constatar casos mais críticos de desplacamento de concreto dos brises técnicos e arquitetônicos. Após verificar os problemas com alguns brises, a Diretoria de Engenharia e Arquitetura do Tribunal de Justiça de Santa Catarina definiu que o concreto seria retirado para preservar a segurança dos usuários, porém o aço deveria ser mantido para uma posterior recuperação destes brises.

4.3 Inspeção detalhada

- Fissuras

Dos 76 pilares vistoriados, 39 deles apresentavam fissuras com aberturas iguais ou superiores ao limite da ABNT NBR 6118:2007, que é de 0,3 mm. Sendo assim, 51%, pouco mais da metade dos pilares vistoriados, possuíam fissuras em não conformidade com a Norma. As prováveis causas das fissuras encontradas foram corrosão de armaduras, retração hidráulica do concreto e má execução de junta de dilatação, a qual possuia valor inferior ao especificado em projeto, que era 2 cm. Na Figura 10, verificam-se exemplos de fissuras originadas por estas três causas, onde em (A) apresenta-se uma foto de vista frontal do elemento e uma foto da parte inferior do mesmo. Em (C), nota-se ainda uma falha de projeto, pois especificou-se um brise de tipo "B2" engastado ao pilar. Mesmo que a junta fosse executada corretamente em toda a seção do pilar, a extremidade do brise impediria o livre movimento da estrutura.

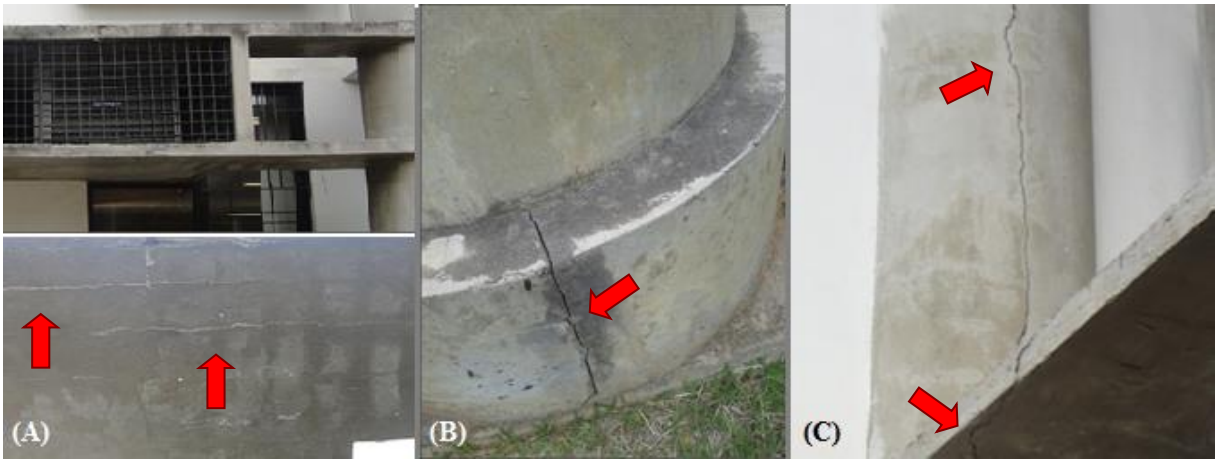

Figura 10: Fissuras devido à corrosão de armaduras (A), retração hidráulica (B) e má execução da junta de dilatação (C).

- Redução de seção transversal

Ao realizar a medição das armaduras expostas, constatou-se que os valores de diâmetro das mesmas e o número de barras determinados em projeto não correspondiam aos visualizados *in*

loco. Por não ter sido encontrada uma relação de possível adaptação de área de aço entre as armaduras visualizadas *in loco* e as descritas em projeto, presume-se uma falha na execução das armaduras destes brises. O valor de redução da seção transversal tolerado é de 15% (SOUZA; RIPPER, 1998). Acima disto, as armaduras devem ser substituídas ou reforçadas.

Apenas um dos dois brises técnicos de tipo B1 apresentou redução de seção acima do limite, o de número 8, excedendo-se em quase 27% do valor tolerado. Em contraponto, dos dois brises técnicos de tipo B2 medidos, apenas as armaduras transversais do brise de número 11 excederam o valor admissível de redução de seção.

Nos dois brises arquitetônicos ensaiados, há redução de seção acima do limite. No brise de número 75, a redução de seção ocorreu na armadura transversal. No de número 78, a redução de seção ocorreu na armadura longitudinal, sendo que as armaduras transversais não estavam expostas o suficiente para realizar a medição.

A Figura 11 é uma foto de uma armadura exposta, com diâmetro provável de 12,5 mm, antes e depois da limpeza feita para a realização do ensaio. Nota-se a avançada redução das mossas do aço, fator que afeta a aderência aço-concreto e uma rugosidade superficial excessiva. Esta morfologia é característica da corrosão por carbonatação, pois segundo Isaia (2011), a corrosão generalizada é desencadeada pela carbonatação.



Figura 11: Antes e depois da limpeza da armadura.

- Investigação sobre a corrosão das armaduras nos pilares

Quanto ao ensaio de profundidade de carbonatação, dos dez pilares ensaiados, apenas em três a carbonatação alcançou as armaduras longitudinais. Sendo que o menor valor encontrado foi de 1 cm e o maior valor foi de 2,5 cm. Logo, pode-se afirmar que, em geral, os pilares não estão sofrendo corrosão devido à carbonatação, salvo certos pontos, porque a profundidade de carbonatação não atingiu a armadura longitudinal.

Quanto ao ensaio de teor de cloretos todos os dez pilares ensaiados possuíam teor de cloretos totais acima de 0,1% em relação ao peso da amostra de concreto ─ limite estabelecido por Andrade (1992) ─. O menor valor encontrado foi de 0,2323% e o maior valor 1,1802%. Apesar dos valores de teor de cloretos estarem mais altos do que o limite, *in loco* não foram

observados sinais de corrosão por cloretos, como a morfologia característica de corrosão pontual.

5. CONCLUSÃO

Por meio do presente estudo, pôde-se obter informações relevantes sobre as condições em que se encontram os elementos estruturais de concreto armado aparente da parte externa do edifício do Fórum de Itajaí, percebendo pelo conhecimento prático, a necessidade da manutenção periódica nos edifícios.

Na inspeção visual verificou-se as ocorrências de manifestações patológicas existentes nas estruturas de concreto armado, sendo as fissuras as mais ocorrentes nos elementos estudados. Com o levantamento do histórico da edificação, constatou-se a incoformidade das espessuras de cobrimento especificadas em projeto, as quais eram de 0,5 a 1 cm inferiores ao especificado na Norma da época da construção do edifício, ABNT NBR 6118:1980. Além disto, verifica-se a ausência de conservação, visto que o edificio totalizou 13 anos sem nenhum serviço de manutenção ou reforma.

Por meio da inspeção detalhada, averiguou-se a situação dos elementos quanto às suas fissuras, redução de seção transversal das armaduras e corrosão nos pilares. Nota-se que 51% dos pilares vistoriados apresentavam fissuras com desempenho inaceitável em relação às especificações da ABNT NBR 6118:2007, pois excediam seu limite.

Quanto à redução de seção transversal das armaduras expostas, constata-se que as mesmas sofreram redução de seção expressiva e que algumas devem ser descartadas caso haja reconstituição das lajes.

Quanto às investigações de corrosão nas armaduras dos pilares, pode-se afirmar que, em geral, os mesmos não estão sofrendo corrosão devido à carbonatação, salvo certos pontos, porque a profundidade de carbonatação não atingiu a armadura longitudinal. Além disto, apesar de em todos os pilares ensaiados o teor de cloretos totais ter sido superior ao limite, *in loco* não foram observados sinais de corrosão por cloretos, como a morfologia característica de corrosão pontual.

Com a análise da situação atual do edifício através de todos os estudos realizados, observou-se que o mesmo se encontra em tais condições por erros de projeto — como o cobrimento mínimo inadequado (inconformidade com a ABNT NBR 6118:1980) e a definição de engaste de um brise em um pilar que possui uma junta de dilatação —, por erros de execução — como a má execução de juntas de dilatação e a não conformidade das armaduras dos brises com as descritas em projeto — e por ausência de manutenção — como o desplacamento do revestimento e a presença de vegetação.

6. REFERÊNCIAS

ANDRADE, C. **Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 1980.

_____. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2007.

BALNEÁRIO CAMBORIÚ, Lei n° 2805. Balneário Camboriú, 2008.

ISAIA, G. C. (ed.). **CONCRETO: Ensino, pesquisa e realizações**. São Paulo: IBRACON, 2005. 2 v. 1600 p.

CASCUDO, O. **O controle da corrosão de armaduras em concreto:** inspeção e técnicas eletroquímicas.Goiânia: UFG, 1997.

HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1992.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das Construções**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1986. Disponível em: <http://publicacoes.pcc.usp.br/PDF/btpcc06.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2013.

NORDTEST. Concrete, hardened: Chloride content by volhard tritation – NT BUILD 298. NORDTEST, 1996. Disponível em: < http://www.nordtest.info/index.php/methods/building/item/concrete-hardened-chloride-

content-by-volhard-titration-nt-build-208.html> Acesso em: 5 ago. 2013.

SAHUINCO, M. H. C; BITTENCOURT, T. N. Utilização de métodos não destrutivos e semi-destrutivos na avaliação de pontes de concreto: estudo de caso. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012. Disponível em: < http://publicacoes.pcc.usp.br/PDF2012/BT575.pdf>. Acesso em: 4 abr. 2013.

SILVA, P. F. A. **Durabilidade das estruturas de concreto aparente em atmosfera urbana**. ed. 1. São Paulo: Pini, 1995.

SOUZA, V.C.M; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1998.

VERÇOZA, Enio José. **Patologia das Edificações**. Porto Alegre, Sagra, 1991.