

**XVIII COBREAP – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE
AVALIAÇÕES E PERÍCIAS – IBAPE/MG**

NATUREZA DO TRABALHO: PERÍCIA

INSPEÇÃO EM ESTRUTURA DE CONCRETO – AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

RESUMO: O presente estudo de caso tem por objeto complementar a inspeção predial regular, motivada pela necessidade de orientar a manutenção preditiva e corretiva para a recuperação de estrutura de concreto frente aos requisitos de desempenho projetados, garantindo a vida útil projetada em atendimento às normas pertinentes. Trata-se de uma inspeção especializada dirigida à avaliação do desempenho de estrutura de concreto armado tendo como parâmetro a estimativa de sua durabilidade e vida útil residual, considerada a vida útil de projeto de 50 anos.

PALAVRAS-CHAVE: *Inspeção, Desempenho, Durabilidade, Manutenção.*

1 INTRODUÇÃO

A inspeção predial está configurada em duas tipologias técnicas: a inspeção da construção (intrínseca) e a inspeção da manutenção, uso e degradação (extrínseca), no âmbito da prática do diagnóstico técnico.

No auxílio da gestão dos prédios mais antigos, propomos a avaliação do desempenho do sistema estrutural com base na avaliação da estimativa da vida útil remanescente através de inspeção predial intrínseca em que é analisado o comprometimento da proteção da armadura da estrutura, não obstante outras análises que tenham como objeto manifestações patológicas relacionadas a deformações, sobrecargas não previstas, falhas de projeto e/ou execução, entre outras.

Desta forma, a presente análise contempla a avaliação do desempenho da estrutura de concreto da edificação de um condomínio residencial, em inspeção realizada no segundo semestre do ano de 2014, quanto à proteção aos mecanismos mais comuns de deterioração por corrosão da armadura, que afetam a sua durabilidade, com impacto na segurança dos usuários e no custo de manutenção.

Trata-se de inspeção predial especializada, tendo como objeto um subsistema específico – a estrutura de concreto do subsolo –, visando à complementação da inspeção predial regular, motivada pela necessidade de orientar a manutenção preditiva e corretiva para a recuperação dos requisitos de desempenho projetados, garantindo a vida útil prevista para a estrutura, conforme indicado pela ABNT NBR-5674/2012 – Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção.

1.1 Limitações da Inspeção:

A inspeção foi realizada a partir da delimitação de trechos da estrutura de concreto armado, tendo em vista o porte da edificação e o escopo do trabalho. Desta forma, procedeu-se à vistoria de uma amostra de manifestações patológicas cuja análise resultou no diagnóstico de anomalias construtivas e no prognóstico quanto à evolução do quadro patológico, com recomendações para orientar a tomada de decisão sobre obras de recuperação e as prioridades das ações de manutenção.

Neste enfoque, deve-se ter em conta as limitações de uma inspeção visual, que não poderá alcançar a totalidade da estrutura, embora seja possível chegar-se a um parecer conclusivo dirigido aos responsáveis pelo condomínio a partir da área de amostra analisada, a fim de que procedam às ações de reparo necessárias e à contratação de serviços especializados de manutenção predial, e também para eventualmente buscarem outras consultorias especializadas que forem indicadas.

Tais limitações estão relacionadas à falta de acesso a diversos elementos da estrutura, tais como as fundações, que deverão ser inspecionadas diretamente se forem constatados sintomas de movimentações estruturais com origem em recalques, ou se houver indícios de processos de degradação por ataques químicos no concreto, como lixiviação, expansão por sulfatos ou reações álcali-agregado. O mesmo se aplica aos trechos de vigas e pilares revestidos ou localizados no interior de unidades, cujos processos de deterioração podem ficar ocultos em uma inspeção visual devido à ocupação com mobiliário e acabamentos decorativos diversos, além de eventuais reformas conduzidas por leigos e com danos frequentes a pilares e vigas para a instalação de dutos hidrossanitários, elétricos ou de ar condicionado.

1.2 Estratégias de Abordagem:

A presente inspeção da estrutura de concreto teve início com uma vistoria preliminar da edificação, para detectar-se qualquer tipo de manifestação patológica e sua magnitude. Verificado o não atendimento aos requisitos de desempenho do sistema pela ocorrência precoce de degradação no pavimento de subsolo, foi dado andamento à investigação dos defeitos construtivos aparentes neste sistema.

O síndico do condomínio foi contatado para a coleta de informações sobre o programa de manutenção e sobre o conhecimento de outros eventos de anomalias construtivas e sobre as ações corretivas que tivessem sido realizadas.

A partir destas informações e da constatação visual de degradação em elementos estruturais, procedeu-se à análise dos possíveis processos de deterioração atuantes. Assim, excluída a hipótese de ataque por cloretos (ocorrentes em ambientes marinhos ou sujeitos a névoa salina, que não é o caso presente), foi realizado ensaio colorimétrico de contraste por fenolftaleína em vigas e na base de pilares, para determinar-se a profundidade da frente de carbonatação e se a armadura foi atingida, a fim de estimar-se a extensão do problema e a estimativa de vida útil residual.

Foi estabelecida a classificação de desempenho do sistema, a avaliação das tendências no caso de não intervenção e o comprometimento da vida útil da estrutura. As recomendações de reparação tiveram o objetivo de estancar a evolução dos processos deletérios, não tendo sido constatada neste momento nenhuma necessidade de interdição de uso, aplicação de escoramentos, reforços ou substituição de elementos estruturais.

2 IDENTIFICAÇÃO DO OBJETO

O objeto da inspeção constitui-se de um condomínio residencial composto por três torres residenciais de dez pavimentos: oito pavimentos tipo, andar térreo de equipamentos de lazer e subsolo de garagem. Possui estrutura convencional de concreto armado, vedações em blocos cerâmicos revestidos com reboco e acabamento de textura acrílica.

2.1 Sistema Estrutural:

O sistema estrutural é do tipo concreto convencional moldado “in loco”, a partir de concreto usinado em central, possuindo uma idade de utilização de oito anos. A estrutura é constituída por subsolo de garagem em concreto aparente com acabamento em pintura acrílica, sendo os pilares revestidos com argamassa de reboco, dispostos conforme a geometria dos três blocos de apartamentos, determinando a existência de juntas de dilatação, isto é, por descontinuidades projetadas na estrutura com a finalidade de distribuir suas movimentações em segmentos independentes.

A concepção da construção durável implica a adoção de um conjunto de decisões e procedimentos que garantam à estrutura e aos materiais que a compõem um desempenho satisfatório ao longo da vida útil da estrutura de concreto armado, e

esta vida útil pode ser tratada sob os aspectos de projeto, de execução e de uso e manutenção.

Dentre os métodos de verificação da vida útil, elenca-se o método indireto (HELENE, 2011) de proteção da estrutura.

De acordo com a ABNT NBR 6118/2014 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento, o conceito de vida útil aplica-se à estrutura como um todo ou às suas partes. Dessa forma, determinadas partes das estruturas podem merecer consideração especial com valor de vida útil diferente do todo.

2.2 Estrutura de Concreto Inspeccionada:

A inspeção da estrutura de concreto armado, embora abrangendo todas as três torres do condomínio, teve como prioridade o pavimento de subsolo, ocupado por garagem, onde ocorrem manifestações patológicas que comprometem a vida útil projetada de pilares, vigas e lajes.

Os elementos estruturais estão bem identificados no subsolo e no térreo, porém nos pavimentos tipo estão inseridos nos painéis de alvenaria, sendo necessária a medição a partir das cotas de projeto para a sua exata localização.

3 ANAMNESE

O condomínio teve inspeção predial anterior, com laudo datado de março de 2010, realizado ainda no prazo de garantia legal, para que fossem apontadas todas as anomalias construtivas decorrentes de projeto ou de execução, e também as falhas de manutenção, de responsabilidade do condomínio, conforme ABNT NBR-5674, observado o manual de operação e uso previsto na ABNT NBR-14037 – Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos.

Os problemas construtivos foram relatados em um laudo que instruiu negociação com a construtora para que fossem efetuados os necessários reparos, destacando-se as seguintes anomalias:

- Ocorrência de trincamento vertical de alvenarias junto a pilares;
- Falta de vedação e infiltração de águas pluviais em caixilhos das salas de grande parte das unidades;
- Infiltração generalizada nos paramentos verticais de alvenaria de vedação em razão de trincas de juntas de movimentação;
- Inundação do subsolo em razão de mau dimensionamento do sistema de bombeamento de águas pluviais, tendo em vista que a cota do pavimento está abaixo do coletor pluvial localizado nos fundos do terreno;
- Diversas desconformidades técnicas construtivas em acabamentos de reboco, revestimentos, telhados e pinturas.

Os reparos quanto às infiltrações, inundação do subsolo, acabamentos diversos e falta de vedação foram realizados por contratação direta do Condomínio, havendo ainda hoje litígio com a construtora para a reparação econômica dos danos.

3.1 Coleta de Informações:

Nesta fase do trabalho de inspeção foi feito contato com o Síndico, que relatou o histórico de problemas construtivos desde a fase de entrega do empreendimento e forneceu as pranchas do projeto estrutural, bem como os arquivos digitalizados parciais dos projetos arquitetônico, elétrico e hidrossanitário.

A obra foi iniciada em julho de 2004 e a carta de habitação (licenciamento para ocupação) foi expedida em 07 de junho de 2006.

3.2 Dados de Projeto:

O projeto estrutural analisado compreende fundações, pilares, vigas e lajes de concreto armado e foi elaborado por empresa especializada, sendo datado de 16/02/2004, com ajuste de compatibilização em 11/10/2004 e apresentando as seguintes especificações gerais:

Especificação de materiais:

- Fck: 25MPa (classe C25)
- Módulo de Elasticidade Mínimo – ECi: ≥ 28 GPa
- Relação água/cimento: $\leq 0,60$
- Aços CA-50 ($f_y = 500$ MPa) e CA 60 ($f_y = 600$ MPa), diâmetros: 5, 6.3, 8, 10, 12,5, 16 e 20mm, módulo de elasticidade $E_s \geq 210$ GPa
- Cobrimentos mínimos:
 - Lajes: 1,5cm
 - Pilares: 2,0cm
 - Vigas: 2,0cm
 - Blocos de fundação: 3,0cm
- Dimensões das peças estruturais: indicadas no projeto
- Alvenarias: consideradas de blocos cerâmicos revestidas com 1,5cm de reboco

Prescrições de projeto para a execução:

- As fôrmas detalhadas no projeto referem-se às formas geométricas da estrutura de concreto;
- O preparo, o controle e o recebimento do concreto devem obedecer a preceitos da ABNT NBR 12655, sendo adotados controles de qualidade e limites de tolerância da variabilidade das medidas durante a execução, recomendado o uso de dispositivos espaçadores para garantir o controle do cobrimento das armaduras, visando a garantir a obediência às prescrições da ABNT NBR 6118/2003;
- Devem ser observados todos os cuidados necessários para uma boa cura do concreto, a fim de evitar movimentações térmicas e retrações hidráulicas;
- Todas as interferências do projeto estrutural com os demais projetos devem ser verificadas e aceitas pelo responsável técnico da obra.

3.3 Ocupação e Uso:

O empreendimento teve início de ocupação das unidades residenciais imediatamente após a concessão do licenciamento (carta de habitação), ou seja, no segundo semestre do ano de 2006.

4 VISTORIA

As vistorias do objeto em análise seguiram a estratégia pré-definida, detendo-se por fim no pavimento do subsolo, onde foi realizado ensaio expedito de apoio à inspeção visual.

4.1 Relato das Vistorias:

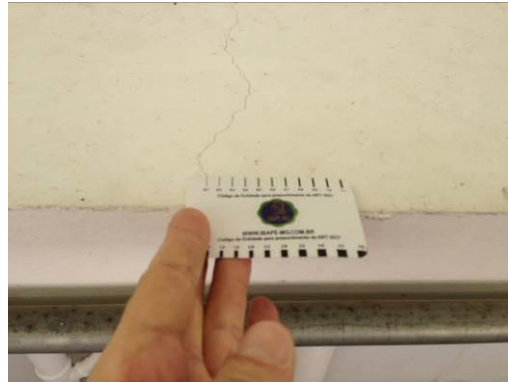
Foram realizadas três visitas ao condomínio: uma vistoria preliminar no dia 15 de outubro de 2014, e duas outras vistorias nos dias 14 e 15 de novembro de 2014. No dia 15/11 foi realizado o rompimento de arestas da base de pilares e de vigas para ensaio colorimétrico de contraste por fenolftaleína, a fim de mensurar a profundidade da frente de carbonatação, bem como verificar se houve despassivação da armadura nestes trechos da estrutura.

Seguem a descrição e o registro fotográfico das manifestações patológicas, com destaque para a ocorrência de fissuras em vigas do subsolo e o processo de corrosão de armaduras de lajes deste pavimento, conforme apresentado a seguir:

- ✓ Ocorrência de fissuração em vigas do subsolo. Note-se a existência de fissuras de natureza diversa: por esforço de tração e pela corrosão de estribos.



Fissuras em trecho de balanço de viga: vista da posição da viga na estrutura e detalhe da fissura



Fissuras com descolamento de concreto sobre estribos em processo de corrosão; à direita, fissura de 0,1mm em zona de tração de viga do subsolo

- ✓ Lixiviação em trecho da laje do subsolo, sob área com infiltração por falha da impermeabilização da mureta de contorno da área de lazer no térreo.



Lixiviação em laje do subsolo e indícios de corrosão da armadura

- ✓ Processo de corrosão de armadura com desprendimento do cobrimento da armadura em viga e laje do subsolo.



Corrosão em armadura da base de viga; corrosão da armadura em laje do subsolo

4.2 Ensaio de Durabilidade:

O ensaio de análise de carbonatação foi executado na base de pilares e em faces inferiores de vigas do subsolo, com a aplicação de solução de fenolftaleína diluída a 1% em solução de álcool etílico e água destilada em partes iguais. Este ensaio permite detectar a profundidade da frente de carbonatação pelo contraste com o reagente, que em contato com a zona não carbonatada do concreto apresenta-se na cor vermelho carmim, ficando incolor em contato com a zona carbonatada. A partir deste ensaio é possível estimar-se a durabilidade da estrutura. Os valores de profundidade obtidos foram tomados como homogêneos para todos os pontos da estrutura para efeito de cálculo.

Inicialmente, foram demarcadas as arestas e removido o revestimento de reboco dos pilares, procedendo-se à aplicação da solução reagente sobre a superfície do concreto. Como era esperado, tanto o reboco como a superfície do concreto mostraram-se carbonatados, porém a frente de carbonatação não passou além dos dois milímetros da superfície, o que representa um desempenho eficiente quanto à proteção da armadura dos pilares.

Em relação às vigas, que não são revestidas, exceto pela proteção de pintura, foi verificado que a frente de carbonatação atinge 2cm em média, alcançando os estribos e as bordas da armadura principal, já em processo de despassivação.

4.2.1 Registro do ensaio na base de pilar do subsolo (P3):



Demarcação, extração e aspersão do reagente na superfície do concreto e na borda do revestimento de reboco



Marcação da superfície não carbonatada do concreto, numa profundidade média de dois a três milímetros

4.2.2 Registro do ensaio na base inferior de viga do subsolo (V2):

Diferentemente do pilar, a viga apresentou uma frente de carbonatação que alcança a armadura principal, já tendo ultrapassado o deficiente cobrimento dos estribos.

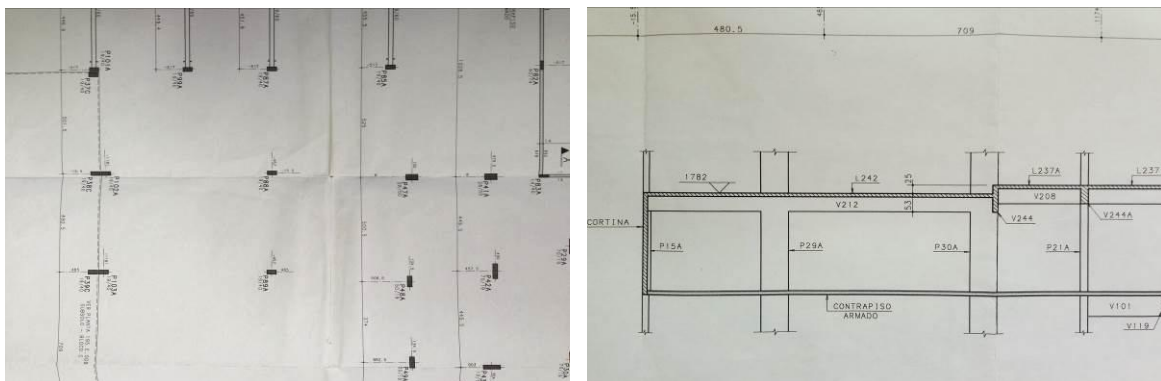


Demarcação da zona de escarificação da viga para o ensaio, local com ocorrência de desprendimento do concreto de cobrimento



Superfície marcada pelo reagente em uma profundidade média de 20mm de carbonatação em ambas as faces de viga ensaiada

4.2.3 Diagrama de Localização de Elementos Ensaçados:



Pilares e vigas do pavimento de subsolo

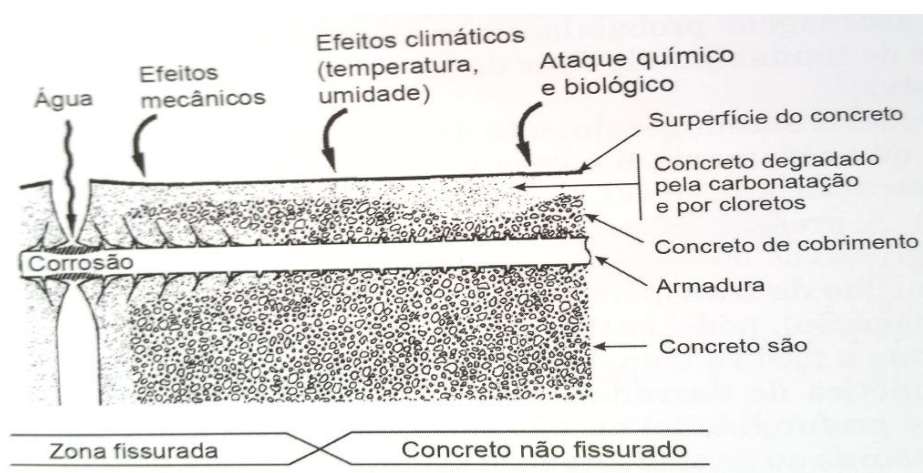
5 DIAGNÓSTICO

A análise foi feita partir das informações obtidas e relatos das vistorias. Mesmo na vistoria preliminar já foi possível um diagnóstico de exclusão de anomalias de fundações, devendo ser investigada a origem da deterioração estrutural das lajes e vigas do subsolo.

A classe de agressividade ambiental, no presente caso, é a II (ambiente urbano), com o agravante de termos no subsolo da garagem um local úmido e com alta concentração de CO₂ do escapamento dos veículos (concentração de CO₂ estimada acima de 0,1%).

5.1 Análise das Manifestações Patológicas:

O concreto, constituído de agregados, de cimento e de armadura, pode deteriorar-se pela alteração de um desses constituintes, igualmente importantes, pois cada um tem a sua parcela no desempenho mecânico e função estrutural do concreto, cujos fenômenos patológicos e suas possíveis causas são as seguintes:



Item	Fenômeno Observado	Causas Prováveis
Armadura	Corrosão da armadura, expansão e fissuração do concreto	Perda de proteção pelo cobrimento: fissuração e carbonatação
Agregados	Expansão, desagregação e perda de resistência	Lixiviação de álcalis ou de carbonatos
Cimento	Porosidade, fissuração, carbonatação e perda de resistência	Condensação e infiltração de umidade, e ação de CO ₂

5.2 Hipóteses de Causas e Mecanismos de Degradação:

A perda da proteção natural oferecida à armadura pelo cobrimento do concreto ocorre por fatores preponderantes como a despassivação por carbonatação ou por cloretos (Helene, 1983).

O concreto normalmente possui pH entre 12,6 e 13,5. Ao carbonatar-se, estes números são reduzidos para valores próximos de 8,5. A carbonatação inicia-se na superfície da estrutura e forma a “frente de carbonatação”, composta por duas zonas com pH distintas (uma básica e outra neutra). Esta frente avança em direção ao interior do concreto e quando alcança a armadura ocorre a despassivação do aço e este se torna vulnerável.

Após a despassivação, o processo de corrosão será iniciado se ao mesmo tempo houver umidade (eletrólito), diferença de potencial (exemplo: diferença de aeração ou tensões entre dois pontos da barra ou do concreto), agentes agressivos (exemplo: CO₂ ou fuligem) e oxigênio ao redor da armadura.

Os danos causados são vários, como fissuração do concreto, destacamento do revestimento do aço, redução da seção da armadura e perda de aderência desta com o concreto.

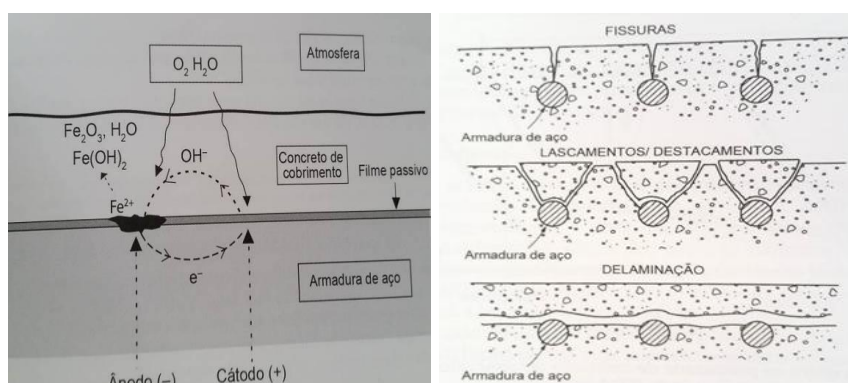
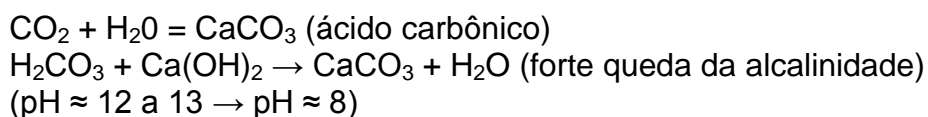
No caso em análise, não temos o histórico da ação de ataque por íons de cloretos, sendo a estrutura de concreto classificada levando em consideração a agressividade de classe II.

5.3 Resultado da Análise:

Dos pontos de prospecção analisados, constatamos um revestimento deficiente das armaduras, este já carbonatado junto à ferrugem da estrutura tanto das vigas como das lajes do subsolo. Nos pilares verificou-se que a frente de carbonatação é superficial, não atingindo a armadura, em função do revestimento adequado de concreto, e da proteção de reboco existentes nos pilares da garagem.

Não foi constatada a perda de seção da armadura das vigas objetos do ensaio, porém ocorre em grande extensão em relação aos estribos de vigas, bem como da armadura inferior das lajes do subsolo, onde também foi constatado revestimento deficiente.

As hipóteses para a ocorrência de corrosão nas armaduras das lajes e vigas do pavimento de subsolo levam em conta a classe de agressividade ambiental e a concentração de CO₂, o histórico de acúmulo de águas pluviais por deficiência de drenagem e a deficiência de revestimento da armadura prevista em projeto, conforme atuação do seguinte mecanismo de degradação:



6 ANÁLISE DE DESEMPENHO

Caracteriza-se pela análise e avaliação de falhas e anomalias, classificação dessas deficiências quanto ao potencial de risco aos usuários, dentro do conceito de inspeção predial como “a avaliação do estado da edificação e de suas partes constituintes, realizadas para orientar as atividades de manutenção”.

O critério utilizado para esta análise consiste na classificação das anomalias e falhas identificadas nos diversos componentes de uma edificação quanto ao atendimento dos requisitos de desempenho esperados, relacionado com fatores de segurança, habitabilidade, funcionalidade, manutenibilidade e durabilidade.

6.1 Classificação do Desempenho da Estrutura:

A avaliação do desempenho da estrutura considera, numa análise geral da edificação, a classificação quanto à criticidade para a segurança, habitabilidade e durabilidade, e ainda quanto aos aspectos de capacidade de utilização e expectativa de vida útil da estrutura. Podemos considerar a estrutura em análise como enquadrada na classe 2 de desempenho, segundo a seguinte classificação:

- ✓ Classe 1: Desempenho adequado ao uso, sem restrições que impeçam o seu uso normal da edificação;
- ✓ Classe 2: Desempenho adequado ao uso, porém com ações de manutenção preventiva programadas, sem risco à segurança dos usuários;
- ✓ Classe 3: Desempenho adequado ao uso, porém com ações emergenciais de manutenção corretivas para recuperação dos sistemas, evitando-se o comprometimento da segurança dos usuários e a vida útil da edificação;
- ✓ Classe 4: Desempenho inadequado ao uso, quando a situação verificada das manifestações patológicas detectadas, que coloquem em risco a segurança ou saúde dos usuários, com possibilidade de ocorrência de acidentes ou até mesmo a ruína da edificação.

6.2 Impacto das Desconformidades na Vida Útil da Estrutura:

Como vida útil projetada da estrutura entende-se o período de tempo no qual ela é capaz de desempenhar as funções para as quais foi projetada sem sofrer intervenções não previstas, decorrentes de manutenções corretivas em função da deterioração por corrosão das armaduras, podendo-se estabelecer duas etapas distintas no desenvolvimento deste processo deletério:

- ✓ Período preliminar: tempo de vai até a despassivação da armadura, denominado também de período dormente, de incubação ou de iniciação, para que a frente de carbonatação atinja a armadura, na qual são estabelecidas as condições favoráveis ao desenvolvimento da corrosão;
- ✓ Período de propagação: tempo em que é observado o surgimento dos produtos da corrosão da armadura, como o surgimento de manchas de óxidos e hi-

dróxidos da corrosão na superfície de concreto (quando ocorrem fissuras no cobrimento, ou ainda quando há o destacamento do concreto de cobrimento).

7 PROGNÓSTICO

Como prognóstico, diante das não conformidades técnicas construtivas e da perda parcial de desempenho do sistema estrutural, sem que apresente ainda uma situação que impeça o uso normal da edificação em relação à segurança dos usuários, e frente à constatação de manifestações patológicas agregadas a falhas de manutenção preventiva e corretiva, entendemos que, se não tomadas as providências para o combate inicial da deterioração da estrutura, será seriamente comprometida a vida útil do sistema.

Um dos modelos mais empregados para representar a penetração de agentes agressivos através da rede de poros do concreto é denominado modelo da raiz quadrada do tempo (Helene, 2007), sendo representado pela fórmula abaixo:

$$x = k (t)^{1/2}, \text{ sendo:}$$

x = profundidade de carbonatação (cm);
k = coeficiente de carbonatação (cm/ano);
t = tempo da vida útil (anos).

Quanto às vigas e lajes de concreto armado do nível do subsolo, podemos calcular a vida útil remanescente com base no cálculo da estimativa de vida útil em função da carbonatação, conforme segue:

$$x = k (t)^{1/2}, \text{ sendo } k = 0,09 \text{ e } x = 2\text{cm, temos que } t = 22 \text{ anos}$$

Vida útil remanescente da estrutura: 22 anos

O prognóstico é de severa redução da vida útil remanescente de vigas e lajes do subsolo, que deveria ser de 42 anos (50 – 8 anos), para apenas 22 anos.

Os pilares não apresentaram frente de carbonatação identificável pelo ensaio, uma vez que estão protegidos por revestimento argamassado e pintura.

8 RECOMENDAÇÕES

Como recomendações técnicas, além dos serviços de manutenção corretiva, podemos determinar o monitoramento periódico, com a realização de novas investigações e inspeções da estrutura de concreto armado, sendo priorizados os locais em que já tenham ocorrido manifestações patológicas relevantes e com exposição ambiental de maior agressividade, como o pavimento de subsolo de garagem.

As manifestações patológicas existentes no condomínio residencial em questão não afetam as condições de utilização e habitabilidade dos espaços de uso comum e privativo, mas comprometem a durabilidade e a vida útil projetada, sendo de

grande relevância a inspeção periódica da estrutura, com a prospecção de processos deletérios decorrentes de anomalias construtivas, como a deficiência de cobrimento da armadura.

É importante que se desenvolvam práticas de inspeção desde a execução da obra, tendo em vista que as causas mais frequentes de anomalias estão na falta de qualidade técnica nesta etapa da vida de uma edificação, com sequelas como a redução da vida útil projetada e a ocorrência de acidentes estruturais com danos irreparáveis ou de custosa reparação.

Também é interessante destacar que em qualquer demanda de intervenções de manutenção preventiva ou corretiva, é de fundamental importância a contratação de profissionais qualificados, assegurando assim a qualidade desejada de durabilidade e desempenho das edificações, sob pena de comprometimento da vida útil projetada.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, J.J. O, HELENE P. R. L., MEDEIROS, M.H.F., Durabilidade e Vida Útil das Estruturas de Concreto, São Paulo: IBRACON-SP, 2011;
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. NBR 6118:2014;
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção – NBR 5674:2012;
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos – NBR 14.037:2011;
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Edificações habitacionais – Desempenho – NBR 15.575:2013, partes 1 a 6;
- CASCUCO, O. e CARASEK, H. Durabilidade do Concreto, São Paulo: IBRACON, 2014;
- GOMIDE, T. L. F.; PUJADAS, F. Z. A. e FAGUNDES NETO, J. C. P., Técnicas de Inspeção e Manutenção Predial, Ed. Pini, São Paulo-SP, 2006;
- HELENE P. R. L. Manual Prático Para Reparo e Reforço de Estruturas de Concreto. São Paulo: Ed. Pini, 1988;
- INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA – IBAPE Nacional – Norma Técnica de Inspeção Predial – requisitos e diretrizes;
- SOUZA V. C. M. de; RIPPER T. Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. São Paulo: Ed. Pini, 1998.