



CONPAR

Conferência Nacional de Patologia e Recuperação de Estruturas

DIRETRIZES PARA A INSPEÇÃO, ANÁLISE E ACEITAÇÃO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS DE EDIFÍCIOS HABITACIONAIS COM OBRAS PARALISADAS

TOMAZELI, Alexandre (1); HELENE, Paulo (2)

M.Sc. Toten Engenharia e IPT, toten@toten.eng.br; PhD Engenharia, paulo.helene@concretophd.com.br

RESUMO

O presente artigo tem por objetivo o fornecimento de diretrizes técnicas para a avaliação e aceitação dos concretos e das estruturas de concreto armado de obras residenciais paralisadas, com vistas à resistência mecânica potencial estimada ($f_{ck,pot,est}$) em confronto a resistência de projeto (f_{ck}) e vistas à durabilidade ao meio agressivo inserido, apresentando uma metodologia quando a critérios de inspeção, classificação dos fenômenos patológicos, caracterização e correlação linear dos resultados obtidos nos ensaios tecnológicos destrutivos e não destrutivos do concreto estrutural para a aceitação da estrutura, tendo-se concluído a possibilidade de sua reabilitação com vistas a durabilidade e resistência mecânica.

Palavras-chave: Inspeção; Patologia; Método de investigação; Perícias; Concreto.

ABSTRACT

The present article have to provide technical guidelines for the evaluation and concretization of concretes and reinforced concrete structures of paralyzed residential works, with a view to the estimated potential mechanical strength ($f_{ck, pot, est}$), and seen the design resistance (f_{ck}), and perspectives to the durability to the inserted aggressive environment, presenting a methodology for inspection, classification of the pathological phenomena, characterization and linear correlation of the results obtained in the destructive and non-destructive technological tests of the structural concrete, for the acceptance of the structure, where haved to concluded a rehabilitation possibility with view ofr durability and mechanical strength.

Keywords: Inspeção; Patologia; Método de investigação; Perícias; Concreto

1 INTRODUÇÃO

Inúmeras cidades deste país possuem ou possuirão um dia em seu histórico uma estrutura de concreto armado inacabada ou existente de uma obra paralisada, da qual foram extraviados a documentação de controle de aceitação do concreto. Quando da retomada das obras, dúvidas ocorrerão quanto às condições de resistência, durabilidade e qualidade do concreto estrutural, resultando em dúvidas sobre como retomar e concluir definitivamente o projeto.

Esta dúvida é mais complexa quando não há históricos e documentações técnicas que comprovem a qualidade do concreto empregado na execução destas estruturas, no que se referem à conformidade da resistência mecânica à compressão especificada no projeto estrutural. A situação se agrava em face das ações do meio agressivo em que esta estrutura ficou inserida ao longo dos anos, e devido às eventuais falhas construtivas ocorridas durante a fase de construção, que poderão reduzir significativamente o desempenho da estrutura.

O presente trabalho propõe diretrizes e critérios que podem ser empregados nas inspeções, nos registros das principais falhas construtivas eventualmente encontradas, nos ensaios tecnológicos que podem ser adotados para a obtenção

das resistências mecânicas à compressão dos concretos e na durabilidade, de modo a buscar atender aos principais requisitos de qualidade de toda estrutura: capacidade resistente, desempenho em serviço e durabilidade.

Foto 1 - Vista de obra paralisada com estrutura à vista



Fonte: Arquivo pessoal do autor (Tomazeli, 2004, p.05)

2 CONHECIMENTO DOS FENÔMENOS PATOLÓGICOS NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

O concreto armado ou as estruturas executadas com este material deveriam se manter duráveis ao longo dos anos, desde que sejam projetadas e construídas dentro dos padrões de qualidade determinados em normas técnicas e das boas práticas construtivas, em concordância com o meio em que se encontram e atendendo às manutenções preventivas especificadas no Manual de Uso e Operações do Proprietário, mencionada na ABNT NBR 15575-1 – Desempenho das edificações – requisitos gerais.

Por sua vez, quando ocorrerem falhas em alguma de suas fases ou ao longo de sua vida útil operacional (projeto, execução e manutenção), a estrutura padecerá de males e doenças, denominadas ou caracterizadas por manifestações patológicas.

As estruturas e os materiais constituintes do concreto armado ou do concreto protendido, assim como as criaturas humanas, podem padecer de males congênitos e adquiridos, bem como sofrer acidentes durante a vida (Noronha, 1980, p.04).

Segundo Noronha (1980, p.04), tais falhas são geralmente causadas por projetos inadequados ou impraticáveis; métodos deficientes de execução; cargas excessivas; choques; incêndios; e mão de obra incompetente ou não devidamente qualificada.

Cumprir notar que um acidente ou mesmo muitos sintomas patológicos podem ocorrer por deficiências originárias em várias etapas do processo de construção e uso, ou seja, em geral acidentes estruturais raramente ocorrem devido a uma única razão.

Por sua vez, Andrade, Medeiros e Helene (2011, p.784) apresentam uma visão geral dos principais mecanismos físico-químicos de deterioração das estruturas de concreto armado e protendido, conforme mostrado no Quadro 1.

Quadro 1 – Principais mecanismos de deterioração das estruturas de concreto armado

Agressividade do ambiente		Consequências sobre a estrutura	
Natureza do processo	Condições particulares	Alterações iniciais na superfície do concreto	Efeitos a longo prazo
Carbonatação	UR 60% a 85%	Imperceptível	Redução do pH, corrosão de armaduras, fissuração superficial
Lixiviação	Atmosfera ácida, águas puras	Eflorescências, manchas brancas	Redução do pH, corrosão de armaduras, desagregação superficial
Retração	Umedecimento e secagem, ausência de cura, UR baixa (<50%)	Fissuras	Fissuração, corrosão de armaduras
Fuligem	Partículas ácidas em suspensão na atmosfera urbana e industrial	Manchas escuras por deposição sobre a estrutura	Redução do pH, corrosão de armaduras
Fungos e mofos	Colônias ácidas em temperaturas (>20°C e <50°C) com UR >75%	Manchas escuras e esverdeadas	Redução do pH, desagregação superficial, corrosão de armaduras
Concentração salina, Cl-	Atmosfera marinha e industrial	Imperceptível	Despassivação e corrosão de armaduras
Sulfatos	Esgoto e águas servidas	Fissuras	Expansão-fissuras, desagregação do concreto, corrosão de armaduras
Álcali-agregado	Composição do concreto, agregados reativos, umidade, UR>95%	Fissuras, gel ao redor do agregado graúdo	Expansão-fissuras, desagregação do concreto, corrosão de armaduras

Fonte: Andrade, Medeiros e Helene (2011, p. 784)

Por sua vez, a NBR 6118 (ABNT, 2014, p.15) descreve no item 6.3 os principais mecanismos de envelhecimento e deterioração da estrutura de concreto:

a) Mecanismos de envelhecimento e deterioração

a.1) Mecanismos preponderantes da deterioração relativos ao concreto:

a.1.1) Lixiviação: percolação de água através do concreto ou na sua superfície, carreando os compostos cimentícios por ação de águas puras, carbônicas agressivas, ácidas e outras:

a.1.2) Expansão: decorrente do ataque por águas ou solos que contenham ou que estejam contaminados por sulfatos, resultando em reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado. As reações expansivas podem resultar também de efeitos deletérios da temperatura do concreto quando esta supera os 65°C por conta de curas térmicas aceleradas ou calor de hidratação do cimento;

a.1.3) Reação álcali-agregado (RAA): segundo Hasparyk (2011, p. 940), é um termo geral utilizado para descrever vários tipos de reações químicas que podem ocorrer internamente no concreto, envolvendo alguns componentes mineralógicos presentes em rochas e agregados reativos usados em concreto e álcalis do cimento presentes na solução dos poros. Como resultado da reação, são formados produtos que, na presença de umidade, em sua maioria, são capazes de expandir e causar tensões internas, fissurações e deslocamentos, podendo levar a um comprometimento da durabilidade. Como sempre, para que ocorram reações químicas deletérias há necessidade da presença de umidade e água.

a.2) Mecanismos preponderantes de deterioração relativos à armadura:

a.2.1) Despassivação por carbonatação: é a despassivação do aço da armadura por ação do gás carbônico da atmosfera sobre o concreto;

a.2.2) Despassivação por ação de cloretos: consiste na ruptura local da camada de passivação do aço da armadura, causada por elevada concentração de íons-cloreto.

a.3) Mecanismos de deterioração da estrutura propriamente dita:

São todos aqueles relacionados às ações mecânicas (tais como fissuras e deformações excessivas), movimentações de origem térmica, impactos, ações cíclicas, retração, fluência e relaxação, bem como as diversas ações que atuam sobre as estruturas.

b) Agressividade do meio ambiente:

A agressividade do meio ambiente está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto, independentemente das ações mecânicas, das variações volumétricas de origens térmicas, da retração hidráulica e de outras previstas no dimensionamento das estruturas (NBR 6118, 2014, p.16).

3 DE MAIS CONSIDERAÇÕES QUE DEVEM SER AVALIADAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO PARALISADAS

Além dos fenômenos patológicos relacionados simplificada e no item 2 anterior, deve-se também levar em consideração numa inspeção o que segue:

3.1 Manchas escuras de fuligem e a formação do gel da proliferação de micro-organismos no concreto exposto

O concreto armado aparente de estruturas em obras paralisadas por longos anos em centros urbanos, por efeito de deposição da fuligem presente na poluição atmosférica oriunda dos combustíveis de veículos e indústrias que utilizam estes

materiais ou carvão na sua produção industrial, apresenta manchas escuras em sua superfície, principalmente nos últimos andares (Tomazeli, 2017).

Aliado a este problema, também ocorrem ao longo dos anos o ataque e a proliferação de micro-organismos tais como fungos e bolores, resultando em um gel ácido que causa manchas de cores esverdeada a preta no concreto. A ação desses agentes pode proporcionar a deterioração precoce do material, reduzindo a sua durabilidade, seu desempenho e sua vida útil. Esse mecanismo de deterioração, envolvendo a ação do agente biológico, pode ser denominado de biodeterioração (Pinheiro e Silvia, 2011, p. 1067), também conhecido por engenheiros de concreto como lixiviação.

Um fator muito importante para a deterioração da estrutura de concreto é o tempo, que proporciona a instalação e o crescimento dos micro-organismos sobre a superfície do concreto, acelerando a deterioração do material.

O pH do concreto é altamente alcalino ($11 < \text{pH} < 13$), o que restringe a capacidade do micro-organismo de crescer e de se desenvolver. No entanto, quando o concreto está exposto a condições ambientais como poluentes atmosféricos e o dióxido de carbono, estes reduzem seu pH e aumentam a biorreceptividade do material, formando uma película chamada de biofilme sobre o substrato.

Após a instalação do biofilme há a fixação de outros micro-organismos e partículas do meio na superfície do concreto, formando manchas e pátinas biológicas que descaracterizam o material. Esse fenômeno pode ser chamado de biodeterioração estética (Pinheiro e Silvia, 2011, p. 1067).

3.2 Aspectos geométricos da estrutura de concreto armado

Nas inspeções de campo devem ser verificadas as condições dos aspectos geométricos da estrutura de concreto armado.

Repette (1991, p.14) descreve que o não cumprimento das especificações de projeto, como erros na confecção das fôrmas acarretando desvios nas locações e alterações nas dimensões das peças estruturais, são tidos como falhas eminentemente construtivas e muitas vezes são detectados já mesmo durante as operações de acabamento das edificações. As principais especificações mencionadas pelo autor que se devem ser verificadas são:

- Prumo de pilares ou peças lineares: deve-se neste caso verificar se o desaprumo atende aos limites estabelecidos no item 9.2.4 da NBR 14931 (ABNT, 2014, p.23);
- Verificação da excentricidade de pilares: a NBR 14931 (ABNT, 2014, p.23) prescreve que na verificação deve ser respeitada uma tolerância de +/- 5 mm entre eixos de pilares em relação ao projeto;
- Nível e flechas de lajes e vigas: estas deformações, por sua vez, devem respeitar os limites estabelecidos na tabela 13.2 do item 13.3 da NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto armado – Procedimento (ABNT, 2014, p.71).

4 CRITÉRIOS PARA A INSPEÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

As estruturas de concreto devem ser inspecionadas nos seus mais diversos aspectos (itens), de forma que a verificação da sua segurança seja feita com base em dados o mais próximo possível da realidade e, sendo assim, ser possível a adoção de uma conduta de intervenção. No sentido de atingir o objetivo proposto no presente item, primeiramente deve-se ter o conhecimento das seguintes considerações:

- Critérios de vistoria em superestruturas de concreto armado de edifícios;
- As tipologias e as frequências das anomalias e deteriorações das superestruturas de concreto armado e do próprio material concreto, além dos diagnósticos das origens destas anomalias;
- Os critérios para a avaliação e aceitação da resistência do concreto para fins de durabilidade e desempenho.

O processo então se encerra com a execução dos serviços descritivos, ou seja, na emissão do laudo técnico (termo usado somente por perito judicial) ou do parecer técnico (termo usado por qualquer assistente técnico de causa judicial ou qualquer engenheiro para relatar uma opinião ou avaliação), feitos com a finalidade de manter formalizada a história da obra e suas condições físicas atuais, para possíveis intervenções futuras que se fizerem necessárias para o seu restabelecimento (Tomazeli, 2017).

Pode-se compreender basicamente no Fluxograma 1 o critério de inspeção e avaliação proposto por este autor, para a avaliação do desempenho de superestruturas de concreto paralisadas. Feitas as devidas análises, cabe ao engenheiro civil, após as devidas avaliações e conclusões finais, emitir um parecer técnico.

Cumpra frisar que a equipe técnica de inspeção de campo deverá ser treinada como estabelece a NBR 16230 – Inspeção de estruturas de concreto – Qualificação e certificação de pessoal – Requisitos (ABNT, 2013). Estas inspeções também deverão ser realizadas por empresa capacitada ou especializada, segundo a NBR 5674 – Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção (ABNT, 2012).

Partindo por esta ótica, poderá ser adotado o seguinte critério:

- Elaboração de novas plantas de fôrmas para o registro dos fenômenos patológicos detectados na fase de inspeção, devidamente legendados (Figura 2);
- As inspeções poderão ocorrer da cobertura ao último andar (térreo ou último subsolo), e adotar um único sentido de inspeção da estrutura;
- Elaboração dos ensaios tecnológicos para a determinação das origens da corrosão de armadura e a determinação da resistência mecânica potencial estimada ($f_{ck,pot,est}$);
- As fotografias das manifestações patológicas nas peças estruturais deverão ser obtidas de uma distância adequada, onde seja possível uma visualização adequada do conjunto estrutural (Foto 2). Também se faz necessário fotografar a ocorrência em detalhe, como ilustra a Foto 3;
- Na fase de inspeção de campo deverão também ser coletadas as amostras de concreto para os ensaios de determinação do teor de íons cloreto sobre

a massa de cimento (smc), geralmente em pilares ou vigas das faces voltadas para as fachadas. Os locais de coletas das amostras devem ser indicados nas plantas de fôrmas de cada pavimento;

- O registro da localização das fotografias deverá ser executado durante as inspeções nas plantas de fôrmas da estrutura, como indicado na planta da Figura 1, nas setas situadas dentro dos retângulos tracejados na cor azul:

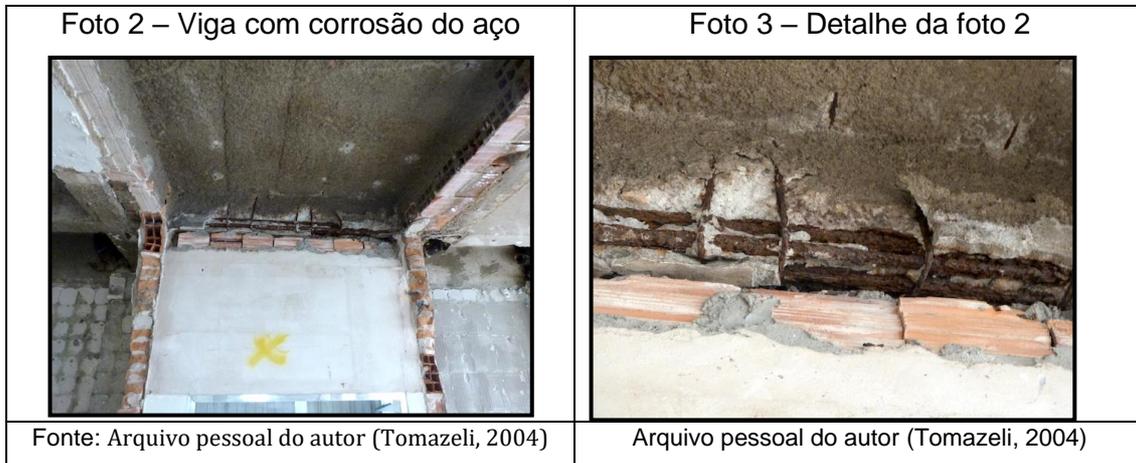
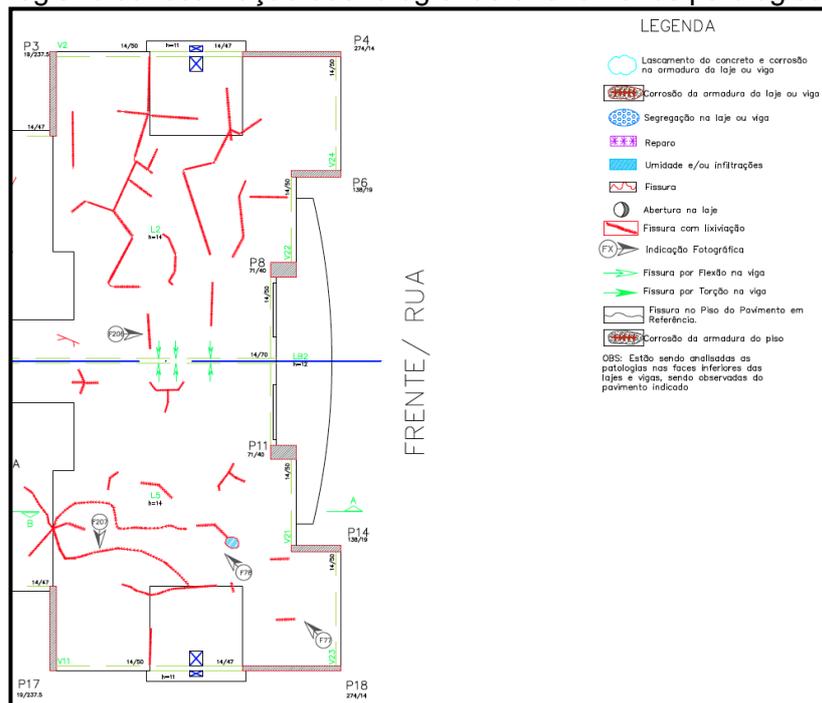


Figura 1 – Registro da localização das fotografias e fenômenos patológicos em plantas



Fonte: Desenho desenvolvido pelo autor (Tomazeli, 2017).

5 DETERMINAÇÃO DA CORRELAÇÃO ENTRE OS ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS E DESTRUTIVOS PARA A OBTENÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO POTENCIAL ESTIMADA DO CONCRETO ($f_{ck, pot, est}$)

Nesta fase da análise da resistência à compressão potencial estimada do concreto ($f_{ck, pot, est}$) da estrutura, deverão ser adotadas as diretrizes preconizadas neste item, que envolverão a determinação dos lotes, o número de testemunhos

a serem extraídos dos concretos, os lotes de ensaios esclerométricos para a obtenção do índice esclerométrico e a obtenção dos valores finais de resistência.

Os pilares são as peças estruturais que mais dependem da resistência à compressão do concreto para que qualquer estrutura de concreto armado mantenha-se estável. Suas resistências, por sua vez, deverão atender às especificações do projeto estrutural.

No presente item, aborda-se o critério sugerido para se obter a resistência à compressão potencial estimada do concreto ($f_{ck,pot,est}$).

5.1 Curva de correlação entre resistência mecânica e índice esclerométrico

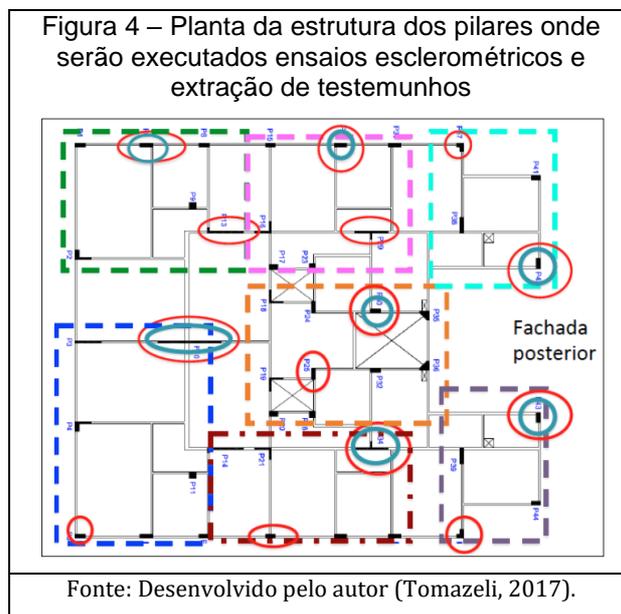
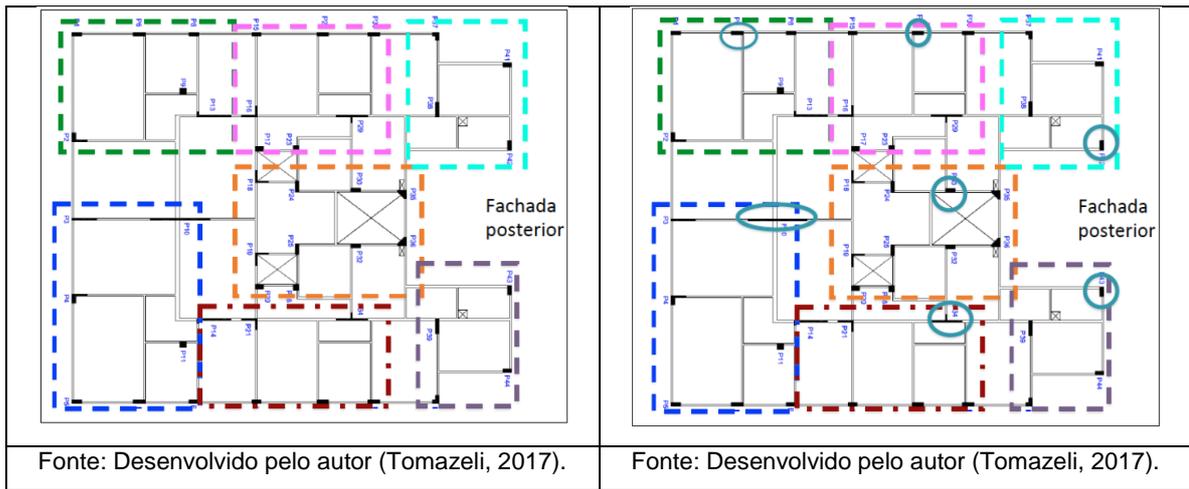
Do princípio que o projeto estrutural da edificação esteja correto, determinam-se as resistências mecânicas estimadas dos concretos à compressão ($f_{ck,pot,est}$) de uma estrutura já executada e paralisada em qualquer idade em que ela se encontre.

Este $f_{ck,pot,est}$ pode ser determinado por meio de ensaios à compressão dos testemunhos, extraídos de alguns pilares pré-determinados desta estrutura que representam uma propriedade mecânica do concreto, e de ensaios de esclerometria, obtendo-se um índice esclerométrico que representa uma propriedade física deste concreto.

Usualmente procede-se um número maior de lotes de ensaios esclerométricos do que a extração das amostras de concreto que, de algum modo, pode afetar a integridade do elemento estrutural ensaiado, além de ser um ensaio muito mais oneroso.

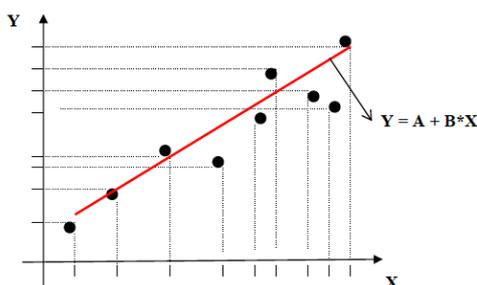
A quantidade mínima de extrações pode-se atender a tabela 1 da NBR 7.680-1 (ABNT, 2015, p. 4) quanto à amostragem parcial, adotando-se um plano de concretagem, limitado entre 6 a 8 metros cúbicos de concreto consumido nos pilares, e ao longo dos pavimentos fazendo-se um rodízio destes pilares, tanto para as extrações como para os ensaios de dureza superficial, podendo ser no mínimo o dobro das amostras dos testemunhos extraídos, como indicado nas figuras 2, 3 e 4:

<p>Figura 2 – Esquema hipotético na determinação dos lotes em função do volume do concreto representados pelas cores</p>	<p>Figura 3 – Planta da estrutura dos pilares onde serão extraídos testemunhos de concreto representativos dos lotes</p>
--	--



Com base nos resultados dos ensaios dos corpos de prova extraídos (ou seja, na determinação da resistência à compressão axial) e dos respectivos resultados dos índices esclerométricos (determinação das suas durezas superficiais) nos mesmos elementos estruturais e locais onde se executarão as devidas extrações de testemunhos, determina-se a curva de correlação linear entre os valores dos dois resultados de ensaios distintos destes concretos ensaiados para uma determinada obra executada em qualquer período ou data. A expressão que relaciona a resistência à compressão com a dureza superficial do concreto é a regressão linear de uma reta, como segue a Figura 5, representada pela equação que segue:

Figura 5 – Ilustração esquemática da curva de correlação linear



Fonte: Gráfico elaborado pelo autor (Tomazeli, 2015, p. 38)

$$Y = A + B * X \quad (1)$$

Onde:

Y = Valor da resistência característica mecânica estimada (ensaio mecânico);

X = Valor do índice esclerométrico obtido no ensaio (ensaio físico);

A = Constante calculada;

B = Constante calculada.

Esta equação representa a reta média entre a interpolação dos resultados em um gráfico X e Y, onde X representa todos os valores obtidos nos ensaios de dureza superficial e Y, os valores obtidos nos ensaios de ruptura à compressão axial dos testemunhos extraídos e rompidos na prensa hidráulica.

Com esta equação, estimam-se valores de resistência mecânica à compressão em pilares onde somente foram procedidos ensaios esclerométricos, pois entende-se que as concretagens dos pavimentos foram executadas com concreto distintos em datas diferentes. A Tabela 1 indica exemplos de valores hipotéticos, onde em azul são os valores obtidos das resistências estimadas dos pilares com base na equação de correlação, onde foram somente executados os ensaios de esclerometria e a equação da curva de correlação linear do pavimento analisado; e em vermelho são os valores de $f_{ck,pot,est}$ obtidos da correlação linear entre o índice e o $f_{ck,pot,ext}$.

A aceitação do concreto e a obtenção do $f_{ck,pot,est}$ podem ser obtidos por dois meios, como indicado na Tabela 1 anterior, sendo eles:

- Distribuição normal denominada como Gauss: a distribuição normal ou de Gauss é um modelo matemático que pode representar de maneira satisfatória a distribuição das resistências à compressão do concreto sempre que o coeficiente de variação ($v_c\%$) observado seja igual ou menor a 30% (Vieira, 2007, p. 68);
- Determinação da resistência pela NBR 12655 (ABNT, 2015): esta norma considera dois tipos de controle de resistência: o controle estatístico do concreto por amostragem parcial e o controle do concreto por amostragem total. Para o controle por amostragem parcial é prevista uma forma de cálculo do valor estimado da resistência característica ($f_{ck,pot,est}$) do lote de concreto em estudo.

Tabela 1 – Representação final das resistências estimadas com base na curva de correlação do lote de concreto analisado

OBRA :						
Pavimento:				Data:		
Coluna 01	Coluna 02	Coluna 03	Coluna 04	Coluna 05	Coluna 06	Coluna 07
Nomenclatura Projeto	Nomenclatura Certificados	Numero do pilar ensaiado	Índice Esclerométrico	Resistência à compressão potencial dos testemunhos (MPa)	Resistência compressão estimada pela curva de correlação (MPa)	Fck estimado dos pilares por pavimento (MPa)
Pilares que sustentam a laje do 2. subsolo	1 subsolo	P01	38,4	33,9	xxxxxx	Curva correlação Y = - 42,59 + 1,915X
		P02	42,6	xxxxxx	39,0	
		P03	xxxxxx	36,2	xxxxxx	Resultado por Gauss:
		P04	37,5	xxxxxx	29,2	
		P05	42,1	xxxxxx	38,0	fck,est,pot = X - s* t
		P06	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	
		P07	43,1	36,2	xxxxxx	X = 35,60MPa σ = 8,80
		P08	39,8	xxxxxx	33,6	
		P09	36,4	27,2	xxxxxx	v = 24,72%
		P10	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	
		P11	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	t = 1,78 n = 12.
		P12	35,6	xxxxxx	25,6	
		P13	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	Resultado NBR 12655 fck,est,pot = 19,94MPa
		P14	42,2	43,1	xxxxxx	
		P15	38,6	27,1	xxxxxx	
		P16	52,6	xxxxxx	58,1	
		P17	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	
		P18	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	

Fonte: Tabela desenvolvida pelo autor (Tomazeli, 2017)

Obs.: As quantidades de corpos de prova e ensaios do índice de dureza superficial poderão ser aumentadas, conforme forem se obtendo os resultados de ruptura dos testemunhos do laboratório. Ou seja, se os resultados forem não conformes, faz-se necessária a extração de mais corpos de prova, com o aval do projetista estrutural, dos pilares mais solicitados.

5.2 Considerações quanto aos aspectos de segurança na estrutura

Os resultados de $f_{ck,pot,est}$ obtidos dos concretos extraídos de uma estrutura são muito mais representativos do que os resultados obtidos dos corpos de prova moldados e rompidos que representam o concreto lançado em uma estrutura, que podem, durante as moldagens, sofrer falhas ao não serem exatamente os que potencialmente foram lançados, adensados e curados na estrutura em condições que não são 100% de pleno conhecimento por parte do engenheiro de campo e muito menos por parte do tecnologista de concreto.

Helene (2011, p. 39) relata que, por essa razão, é possível reduzir o f_{ck} por dispor-se de um resultado que abarca maior conhecimento dos “desconhecimentos”, ou seja, uma vez que é melhor conhecido aquilo que foi executado, pois a amostra extraída vem dele (do executado). Na prática, significa majorar de algo o resultado do extraído. As normas existentes e consagradas divergem sobre essa “majoração”, a saber:

a) o item 12.4.1 da NBR 6118 (ABNT, 2014) com base na segurança, recomenda:

$$f_{ck} = 1.1 \cdot f_{ck,est} \quad (2)$$

Onde: aceitando uma redução de γ_c em nome da maior representatividade de $f_{c,ext}$ em relação a $f_{c,ef}$.

b) o ACI 318:2005 Building Code Requirements for Structural Concrete, nos itens 9.3 e 20.2, recomenda:

$$f_{ck} = 1.06 \text{ a } 1.22 \cdot f_{ck,est,eq} \quad (3)$$

c) o **EUROCODE II. EN 1992. Dec. 2004. Design of Concrete Structures. General Rules for Buildings. Annex A**, no item A.2.3 – EN 13791 *Assesment of Concrete Compressive Strength in Structures or in Structural Elements (p. 200)*, recomenda para revisão da segurança:

c.1) para uma estrutura bem executada, revisar a segurança adotando:

$$\gamma_s = 1.05 \text{ (ao invés de 1.15)} \quad (4)$$

$$\gamma_c = 1.35 \text{ (ao invés de 1.50)} \quad \longrightarrow \quad (5)$$

c.2) a partir de testemunhos extraídos, revisar adotando:

$$f_{cj} = 1,18 * f_{c,ext,j} \quad (6)$$

Para ser conservador e estar em conformidade com a NBR 6118 (ABNT, 2014), deve-se majorar em apenas 10%, apesar de que esse coeficiente de correção é muito conservador e francamente a favor da segurança e contra a economia, se comparado a valores de outras normas consagradas.

6 ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO OU PARECER FINAL

De posse da coleta de dados e das informações da estrutura mencionadas anteriormente, parte-se para a elaboração do Parecer Técnico de entrega ao contratante. Como não existe uma norma brasileira da ABNT específica para a inspeção de fenômenos patológicos em estruturas de concreto armado, sugere-se adotar o que prescreve o item 4.2.2 da NBR 5674 (ABNT, 2012, p.2), que descreve um conteúdo básico do relatório de inspeção, como segue:

- “descrever a degradação de cada sistema, subsistema, elemento ou componente e equipamento da edificação;
- apontar e, sempre que possível, estimar a perda do seu desempenho;
- recomendar ações para minimizar os serviços de manutenção corretiva;
- e conter um prognóstico de ocorrências”.

A adaptação com mais tópicos para a emissão de laudos sugerido no Decreto Federal nº 10671 (2009, p.25-26) é o que mais se assemelha ao que este autor entende como adequado, como ilustrado no Quadro 2 abaixo:

Quadro 2 – Tópicos dos laudos e pareceres técnicos

Item	Conteúdo
Introdução	Identificação do solicitante ou contratante
	Classificação do objeto da vistoria: tipologia construtiva, sistema construtivo, nomes dos setores, objeto, documentação
	Localização da obra com mapa e foto aérea (fonte Google)
Introdução	Data de vistoria e relação da equipe técnica de inspeção e responsável
	Fotografias da obra em várias vistas das fachadas e áreas internas gerais
	Anamnese
	Relação das normas consultadas

	Listagem dos anexos
Desenvolvimento do corpo do laudo	Descrição técnica do objeto da vistoria
	Nível de verificação da estrutura
	Critério e metodologia de inspeção adotados
	Descrição dos elementos construtivos vistoriados, a localização e seus fenômenos patológicos
	Classificação, análise das anomalias e grau de risco
	Descrição dos ensaios tecnológicos elaborados em campo e a conclusão destes resultados
	Planilhas com os resultados dos ensaios que determinaram a resistência $f_{ck,pot,est}$ da estrutura
	Observações pertinentes às inspeções de campo
Corpo do laudo	Análise de não conformidades
	Orientações técnicas preventivas
	Lista de prioridades das falhas e anomalias, definição dos aspectos restritivos e indicação de ensaios complementares
	Fornecimento de especificações referentes aos métodos construtivos e materiais que podem ser empregados nas obras de recuperação e/ou reforços estruturais
	Data, assinaturas dos responsáveis e validade do laudo
Conclusão	Conclusões e considerações finais da segurança da estrutura
Anexos	Fotografias, ARTs, plantas, certificados de ensaios tecnológicos, tabelas de cálculos e outros documentos

Fonte: Adaptado pelo autor com base no Decreto Federal nº 10.671 (2009, p. 25-26)

Este trabalho procurou fornecer subsídios para análise de estruturas de concreto de edifícios paralisadas, assim como sugestões para uma futura metodologia brasileira específica para análise, proteção e recuperação de estruturas de edifícios residenciais em concreto armado paralisadas, que deveria conter:

- nomenclaturas e glossários a serem adotados;
- classificação do tipo de estrutura a ser inspecionada ou analisada;
- níveis de inspeção;
- definição de modelos ou sistemas de registros, tais como legendas, plantas, tabelas, registros fotográficos etc.;
- roteiro de inspeção das estruturas;
- fornecimento da lista dos principais fenômenos patológicos que poderão ser encontrados durante as inspeção de estruturas existentes paralisadas;
- definições quanto aos ensaios tecnológicos e quanto aos critérios de adoção dos mesmos;
- caracterização dos níveis de intervenção estrutural para a garantia do restabelecimento da sua capacidade de resistência mecânica e durabilidade, atendendo tanto quanto possível as prescrições das normas brasileiras, principalmente as NBR 7680 (ABNT, 2015); NBR 6118 (ABNT, 2014), NBR 12655 (ABNT, 2015), NBR 15575-1 e NBR 15575-2 (ANBT, 2013);
- sugestão de roteiro para a elaboração do relatório final descritivo, no sentido de criar-se um padrão de entrega incluindo seus anexos, como sugerido pelo autor no quadro 02 anterior.

REFERÊNCIAS

NORONHA, Maria Aparecida de Azevedo. **Diagnóstico dos males e terapia das estruturas**. São Paulo: FDTE/EPUSP/IPT, 1980. (Apostila do curso de Patologia das Construções de Concreto).

ANDRADE, Jairo José de Oliveira; MEDEIROS, Marcelo Henrique Farias de; HELENE, Paulo. **Concreto: Ciência e Tecnologia - Volume II: Durabilidade e Vida Útil das Estruturas de Concreto**. São Paulo: Ibracon, 2011. 969 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. 3 ed. Rio de Janeiro, 2014. 238 p.

HASPARYK, Nicole Pagan. **Concreto: Ciência e Tecnologia – Volume I: Reação Álcali-Agregado no Concreto**. São Paulo: Ibracon, 2011. 931 p.

PINHEIRO, Sayonara Maria de Moraes; SILVA, Moema Ribas. **Concreto: Ciência e Tecnologia - Volume II: Ações de Agentes Biológicos no Concreto**. São Paulo: Ibracon, 2011. 933 p.

REPETTE, Wellington Longuini. **Contribuição à inspeção e avaliação da segurança de estruturas acabadas de concreto armado**. 1991. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991, 169 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931** – Execução de estruturas de concreto – Procedimento. 2 ed. Rio de Janeiro, 2004. 54 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16230** – Inspeção de estruturas de concreto – Qualificação e certificação de pessoal – Requisitos. Rio de Janeiro, 2013. 19 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674** – Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro, 2012, 25 p.

VIEIRA FILHO, José Orlando. **Avaliação da resistência à compressão do concreto através de testemunhos extraídos: contribuição à estimativa do coeficiente de correção devido aos efeitos do broqueamento**. 2007. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007, 217 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655** – Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. 1 ed. Rio de Janeiro, 2015. 23 p.

HELENE, Paulo. **Análise da resistência do concreto em estruturas existentes para fins de avaliação da segurança**. São Paulo: PhD Engenharia, www.phd.eng.br, 2011. 40 p.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI COMMITTEE 318-05**: Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. 1 ed. Farmington Hills, 2005.

EUROCODE II. EN 1992. Dec. 2004. Design of Concrete Structures. General Rules for Buildings.

Decreto Federal nº 10671, de 16 de maio de 2009. Regulamenta o art. 23 do Estatuto do Torcedor, Lei nº 10671. **Elaboração de Laudo de Vistoria de Engenharia Substituem Integralmente As Diretrizes Básicas Para Elaboração de Relatórios de Inspeção Predial em Estádios de Futebol**. Distrito Federal, DF, 16 maio 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7680-1** – Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto – Parte 1: Resistência à compressão axial. 1 ed. Rio de Janeiro, 2015. 24 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575** – Edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

Tomazeli, Alexandre. **Diretrizes para inspeção, análise e aceitação de superestruturas em concreto armado de edifícios habitacionais com obras paralisadas**. São Paulo, 2017. 222p.