

APÊNDICE C – PLANILHAS PARA INSPEÇÃO ROTINEIRA

FICHA DE CADASTRO

Registro: _____

Expedido em ____ / ____ / ____

Responsável (is) pela inspeção:

Nome (s): _____

Profissão: _____

Cargo/função: _____

Empresa/órgão: _____

Data da (s) inspeção (ões): _____

Comentários gerais:

- Precisa inspeção especializada? (por engenheiro de estruturas)

Sim

Não

Urgente?

Sim

Não

- Observações:

(Aqui devem ser relacionados os principais elementos que apresentam problemas patológicos)

Tabela C. 1: Check list para inspeção de pilares.

Nome do elemento:		Data da vistoria:	
Local:		Realizada por:	
Danos	F _p	F _I	D
Carbonatação	3		
Cobrimento deficiente	3		
Contaminação por cloretos	4		
Corrosão de armaduras	5		
Desagregação	3		
Desplacamento	3		
Desvio de geometria	4		
Eflorescência	2		
Falhas de concretagem	3		
Fissuras (2 a 5)	2		
Manchas	3		
Recalque	5		
Sinais de esmagamento	5		
Umidade na base	3		
Grau de deterioração do elemento Gde =			

Tabela C. 2: Check list para inspeção de vigas.

Nome do elemento:		Data da vistoria:	
Local:		Realizada por:	
Danos	F _p	F _I	D
Cabonatação	3		
Cobrimento deficiente	3		
Contaminação por cloretos	4		
Corrosão de armaduras	5		
Desagregação	3		
Desplacamento	3		
Eflorescência	2		
Fissuras (2 a 5)	2		
Falhas de concretagem	2		
Flechas	5		
Manchas	3		
Sinais de Esmagamento	4		
Umidade	3		
Grau de deterioração do elemento Gde =			
Croquis / Observações		Fotos	

Tabela C. 3: *Check list* para inspeção de lajes.

Nome do elemento:						Data da vistoria:	
Local:						Realizada por:	
Danos	F_p	F_I	D	Croquis / Observações		Fotos	
Carbonatação	3						
Cobrimento deficiente	3						
Contaminação por cloretos	3						
Corrosão de armaduras	5						
Desagregação	3						
Desplacamento	3						
Eflorescência	2						
Falhas de concretagem	2						
Fissuras (2 a 5)	2						
Flechas	5						
Manchas	3						
Umidade	3						
Grau de deterioração do elemento Gde =							

Tabela C. 4: *Check list* para inspeção de escadas.

Nome do elemento:						Data da vistoria:	
Local:						Realizada por:	
Danos	F _p	F _I	D	Croquis / Observações			
Carbonatação	3						
Cobrimento deficiente	3						
Contaminação por cloretos	4						
Corrosão de armaduras	5						
Desagregação	3						
Desplacamento	3						
Eflorescência	2						
Falhas de concretagem	2						
Fissuras	2						
Flechas	5						
Manchas	3						
Sinais de esmagamento	4						
Umidade	3						
Grau de deterioração do elemento Gde =							

Tabela C. 5: *Check list* para inspeção de cortinas.

Nome do elemento: Local:	Data da vistoria: Realizada por:			
	F _p	F _I	D	Fotos
Danos				
Carbonatação	3			
Cobrimto deficiente	3			
Contaminação por cloretos	4			
Corrosão de armaduras	5			
Desagregação	3			
Deslocamento por empuxo	5			
Desplacamento	3			
Desvio de geometria	3			
Eflorescência	2			
Falhas de concretagem	2			
Fissuras (2 a 5)	2			
Manchas	3			
Sinais de esmagamento	4			
Umidade	3			
Grau de deterioração do elemento Gde =				

Tabela C. 6: *Check list* para inspeção de reservatórios.

Nome do elemento:					Data da vistoria:	
Local:					Realizada por:	
Danos	F _p	F _I	D	Croquis / Observações	Fotos	
Carbonatação	3					
Cobrimento deficiente	3					
Contaminação por cloretos	4					
Corrosão de armaduras	5					
Desagregação	3					
Desplacamento	5					
Eflorescência	2					
Falhas de concretagem	3					
Fissuras (2 a 5)	2					
Impermeabilização deficiente	4					
Vazamento	5					
Grau de deterioração do elemento Gde =						

Tabela C. 7: *Check list* para inspeção de juntas de dilatação.

Nome do elemento:				Data da vistoria:	
Local:				Realizada por:	
Danos	F_p	F_I	D	Fotos	
Obstrução de junta	5				
Umidade	5				
Grau de deterioração do elemento Gde =					

ANEXOS

**ANEXO A – METODOLOGIA GDE/UNB PARA AVALIAÇÃO
QUANTITATIVA DE DETERIORAÇÃO DE ESTRUTURAS DE
CONCRETO.**

ROTEIRO DE INSPEÇÃO

Metodologia GDE/UnB para avaliação quantitativa da deterioração de estruturas de concreto

Prof. João Carlos Teatini Clímaco
Prof. Antonio Alberto Nepomuceno

Formulação desenvolvida e validada nas
dissertações de Mestrado no PECC/UnB de:

Regis Pamplonet Fonseca (2007)

Plinio Boldo (2002)

Benedito Arruda Lopes (1998)

Eliane Kraus de Castro (1994)

FICHA DESCRITIVA DA EDIFICAÇÃO

Nome: _____

Localização: _____

Natureza do uso: _____

Área construída aproximada: _____

Idade: _____

Número de pavimentos: _____

Sistema construtivo: _____

Classes de agressividade ambiental / Condições de exposição (Tab 2,
NBR 6118: 2003): _____

Observações: _____

Data da(s) inspeções: _____

Responsável(is) pela inspeção:

Nome(s): _____

Profissão: _____

Cargo/função: _____

Empresa/órgão: _____

1. INTRODUÇÃO

O presente *Roteiro de Inspeção* é parte integrante de uma metodologia destinada à avaliação quantitativa do grau de deterioração de estruturas de concreto de edificações usuais. Essa metodologia foi desenvolvida e testada em diversas edificações de naturezas distintas, trabalho constante de projetos de fim de curso e de três dissertações de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da UnB (ver item 5. Referências: Castro, E. K., 1994; Lopes, B.A.R., 1998; Boldo, P., 2002, já tendo sido publicada em vários artigos, com a apresentação, em forma sintética, de resultados de sua aplicação (Castro, Clímaco e Nepomuceno (1995); Castro e Clímaco (1999); Lopes et alli (1999); Boldo e Clímaco (2002)).

A avaliação é feita mediante um programa de inspeções periódicas, com o uso deste roteiro, e tem por objetivo contribuir para a definição das ações necessárias à garantia da durabilidade da edificação, nos aspectos de segurança, funcionalidade e estética, auxiliando a tomada de decisões de engenheiros e técnicos da área de manutenção e recuperação de estruturas.

Neste caderno, são consideradas as disposições do texto contido na Norma: Projeto de estruturas de concreto (NBR-6118/2003), referentes à durabilidade de estruturas de concreto.

2 - PARÂMETROS DE INSPEÇÃO

2.1- Considerações Preliminares

2.1.1 - Agressividade do ambiente

A norma NBR 6118/2003 dispõe sobre os requisitos para a durabilidade, considerando a agressividade do meio ambiente, relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto, independentemente das ações mecânicas, das variações volumétricas de origem térmica, da retração hidráulica e outras previstas no dimensionamento das estruturas de concreto.

A Tabela 1, a seguir, apresenta a classificação da agressividade do ambiente, a ser considerada nos projetos de estruturas correntes pode ser avaliada, simplificada, segundo as condições de exposição da estrutura ou de suas partes de acordo com a tabela abaixo:

Tabela 1 – Classes de agressividade ambiental
(Tabela 6.1 da NBR-6118/2003)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1),2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^{1),}	Grande
		Industrial ^{1),2)}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1),3)}	Elevado
		Respingos de maré	

1) Pode-se admitir um micro clima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

2) Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

3) Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

2.1.2 - Identificação dos elementos estruturais

A aplicação da metodologia exige representações gráficas da estrutura (plantas de forma, croquis, etc.), que permitam localizar e identificar, da forma mais clara possível, os elementos vistoriados, quanto à sua natureza, pavimento, tipo de ambiente, etc. É, também, de grande valia uma documentação fotográfica da inspeção, que pode auxiliar o processo de avaliação de danos, diagnóstico e laudos técnicos.

2.2 - Tipos de danos em estruturas

Apresenta-se, a seguir, uma conceituação sucinta dos danos mais freqüentes em estruturas de concreto, em ordem alfabética, visando padronizar a terminologia e, permitir, posteriormente, a quantificação dos danos, conforme formulação apresentada no Anexo 1. Cabe ressaltar a importância de se recorrer a bibliografia complementar

sobre o tema, algumas das quais referenciadas neste texto.

a) Carbonatação:

Fenômeno decorrente da penetração do dióxido de carbono, CO_2 , presente na atmosfera, através das redes de poros do concreto, e de sua reação com os constituintes alcalinos da pasta de cimento, principalmente o hidróxido de cálcio. Como consequência desse fenômeno tem-se a redução do pH do concreto provocando a despassivação das armaduras, ou seja elas se tornam susceptíveis à corrosão. Ocorre a partir da superfície, avançando progressivamente para o interior do concreto. Segundo o CEB/148(1982), a velocidade de carbonatação aumenta quando o ambiente possui grandes concentrações de CO_2 (garagens, túneis etc.) e em concretos de elevada relação água/cimento (a/c) principalmente em ambientes com umidade relativa entre 50 e 70 °C. É um dano difícil de ser visualizado numa inspeção. Para ser detectada faz-se necessário o uso de um ensaio simples, com a aplicação de fenolftaleína com indicador na superfície recém fraturada do concreto. A parte do concreto carbonatada fica incolor (pH < 9,3) e a parte não carbonatada adquire a cor vermelho-carmim. Depois de carbonatado o concreto é grande o risco de corrosão de armaduras na presença de umidade.

b) Cobrimento deficiente:

É um dano quando o cobrimento da peça de concreto não está atendendo ao cobrimento mínimo exigido pela norma de estruturas de concreto de acordo com a agressividade ambiental. A peça estrutural quando apresenta um cobrimento deficiente é mais suscetível à penetração de agentes agressivos que podem atacar as armaduras e dar início ao processo corrovisivo.

A NBR6118/2003, recomenda que o projeto e a execução devem considerar o cobrimento nominal (c_{nom}), que é o cobrimento mínimo acrescido da tolerância de execução (Δc). Quando houver um controle de qualidade rigoroso, pode ser adotado um valor $\Delta c=5\text{mm}$ especificando este controle nos desenhos de projeto. Em caso contrário, nas obras correntes, seu valor deve ser de, no mínimo, $\Delta c=10\text{ mm}$, o que determina os cobrimentos nominais indicados na Tabela 2.

Tabela 2 – Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal para $\Delta c=10$ mm
(Tabela 7.2 da NBR-6118/2003)

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ³⁾
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ²⁾	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido ¹⁾	Todos	30	35	45	55

1) Cobrimento nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.

2) Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contra piso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas por 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

3) Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Segundo a norma, os cobrimentos nominais e mínimos são sempre, referidos à superfície da armadura externa, em geral a face externa do estribo. O cobrimento nominal de uma determinada barra deve sempre ser:

$$c_{nom} \geq \Phi \text{ barra}$$

$$c_{nom} \geq \Phi \text{ feixe} = \Phi_n = \Phi \sqrt{n}$$

$$c_{nom} \geq 0,5 \Phi \text{ bainha}$$

Ainda segundo a norma, em se tratando de elementos estruturais pré-fabricados, os valores de cobrimento mínimo das armaduras devem seguir o disposto na NBR 9062.

c) Contaminação por cloretos:

A contaminação do concreto por cloretos pode ser causada: pelo emprego de aditivos à base de cloretos na execução do concreto, principalmente em peças pré-moldadas; pela penetração de cloretos presentes no meio ambiente (como no caso de regiões à beira-mar); pelo uso de sais de degelo usados em climas frios; e água ou agregados contaminados. Também podem ser introduzidos no concreto pelo uso

de produtos de limpeza de pisos e fachadas, que contenham cloretos como soluções de HCl em baixas concentrações (ácido muriático) e qualquer ambiente contaminado por cloretos, como caixas d'água (especialmente o fundo da laje da tampa), locais de armazenamento de produtos à base de cloretos, etc.

O principal dano que provoca nas estruturas de concreto armado ou protendido é a corrosão das armaduras. As manifestações mais comuns são as fissuras, sobre as armaduras, quando a corrosão já está em estado mais avançado e a presença de manchas no concreto devido à retenção de umidade, freqüentemente com a criação de fungos.

Existe um valor limite de concentração de íons cloreto para que se possa iniciar o processo de corrosão das armaduras, sendo mais favorável em ambientes úmidos, uma vez que a água presente nos poros facilita o transporte de cloretos por difusão. De acordo com o ACI 318-21 (2001) o conteúdo máximo de cloretos com relação à massa de cimento deve ser $\leq 0,15$ % em ambientes com cloretos, $\leq 0,3$ % em ambientes normal, ≤ 1 % em ambiente seco e $\leq 0,06$ % para concreto protendido.

Já a NBR 6118/2003 não se reporta ao teor de cloretos, mas enfatiza que não é permitido o uso de aditivos que os contenham em sua composição, tanto para concreto armado como para protendido.

d) Corrosão de armaduras:

A corrosão é um processo físico-químico gerador de óxidos e hidróxidos de ferro, produtos que ocupam um volume significativamente superior (em até 6 vezes) ao volume corroído das armaduras, provocando no concreto elevadas tensões de tração (de até 15 MP_a). Essas tensões ocasionam a fissuração e o posterior deslocamento do cobrimento do concreto (Cánovas, 1988). No início, a corrosão pode se manifestar com o aparecimento de manchas marrom avermelhada ou esverdeada na superfície do elemento estrutural, devido à *lixiviação* dos produtos de corrosão. Com o passar do tempo a sua evolução, pode chegar até à perda total da seção da armadura.

Além dos danos ao concreto e da redução da capacidade resistente da armadura, a corrosão provoca a perda de aderência entre o aço e o concreto, e reduz a ductilidade da armadura.

e) Desagregação:

Separação física de partes de concreto ou dos agregados, principalmente, graúdos, com perda de monolitismo e, na maioria das vezes, perda da capacidade aglomerante entre a pasta e os agregados. É um fenômeno característico de ataques químicos do concreto, em formas diversas: reação álcali-agregado, reações expansivas com sulfatos, ataques ácidos e também por ações biológicas (microorganismos). Quando existe a suspeita desses ataques químicos é requerida uma inspeção mais detalhada da sua extensão e causa.

f) Deslocamentos por empuxo:

Deslocamento de peças estruturais devido ao empuxo de terra, em especial sobre paredes de contenção, proveniente da pressão ativa exercida por um maciço não-coesivo, sobre um anteparo vertical. As cortinas devem ser providas de drenos, para evitar o acúmulo de água entre o terrapleno e a mesma, que resultaria em acréscimo do empuxo hidrostático. Além disso, o deslocamento pode ser causado pela saturação do maciço, podendo, ainda, ser agravado pela passagem de veículos.

g) Deslocamento:

Ocorrência de lascas ou escamas que se destacam do concreto não resultantes de ataque químico no concreto, e sim devido a um ou mais fatores: choques, movimentações térmicas, pressão ou expansão das armaduras no interior do concreto (corrosão).

h) Desvios de geometria:

Perda de alinhamento de elementos estruturais com relação ao seu eixo, produzindo excentricidade de carga. Pode ter como causas: deficiências na execução por movimentação ou incorreção de formas, ou movimentação da estrutura, por esforços não considerados corretamente ou imprevistos

i) Eflorescência:

De maneira geral, trata-se de uma manifestação da dissolução dos produtos de hidratação do cimento presentes no interior do concreto, principalmente os hidróxidos de sódio e potássio, em água (especialmente a água pura e branda) que são transportados para o exterior (lixiviação). Os produtos alcalinos e o hidróxido de cálcio que se depositam sobre a superfície do concreto, na presença do CO_2 do ambiente, são carbonatados formando carbonatos, um produto insolúvel e esbranquiçado, podendo inclusive formar estalactite se a água for abundante. Se a água não for abundante e pressão for pequena, os produtos carbonatados pode inclusive colmatar possíveis fissuras ou falhas por onde a água migra. Quando existe a possibilidade da água presente conter algum tipo de ácido que ataque os produtos hidratados (silicatos e aluminatos hidratados) do cimento, deve-se fazer uma avaliação mais detalhada.

j) Falha de concretagem (nichos ou ninhos de concreto):

Deficiência na concretagem da peça, com exposição de agregados, devido a um ou mais dos fatores: dosagem inadequada, diâmetro máximo do agregado graúdo não condizente com as dimensões da peça, lançamento e/ou adensamento inadequados, taxas excessivas e espaçamento inadequado de armaduras e perda de nata de cimento por aberturas nas formas. Podem ocorrer situações em que não somente os agregados ficam expostos, como a possibilidade de exposição das armaduras dos elementos estruturais, nesse caso pode-se iniciar o processo corrosivo.

k) Fissuração inaceitável:

A NBR 6118/2003 dispõe que a fissuração é nociva quando a abertura das fissuras na superfície do concreto. A abertura máxima característica w_k^* das fissuras, desde que não exceda valores da ordem de 0,2 mm a 0,4 mm para o concreto armado, conforme a Tabela 3 :

Tabela 3 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental
(Tabela 13.3 da NBR-6118/2003)

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	---
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação freqüente
	CAA II a CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto Protendido Nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação freqüente
Concreto Protendido Nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação Freqüente
		ELS-D1)	Combinação quase permanente
Concreto protendido Nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D1)	Combinação Freqüente

1) A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 25$ mm (figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV exige-se que as cordoalhas não adrentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

Somente deve-se considerar nesse dano o surgimento de fissuras relacionadas ao estado fresco e endurecido do concreto e fissuras oriundas de cargas impostas. Portanto, aqui, as fissuras de ataque químico responsáveis por desagregação e corrosão devem ser desconsideradas.

* w_k - Abertura característica de fissuras na superfície do concreto.

I) Flechas excessivas:

A Norma 6118/2003 apresenta, dentre outros, os limites de deslocamento de peças estruturais, e o que eles podem causar nas estruturas dividindo em 4 grupos básicos ao que se refere à e mostrados na Tabela 4 :

- 1) Aceitabilidade sensorial – podem causar vibrações indesejáveis ou efeito visual desagradável;
- 2) Efeitos específicos – podem impedir a utilização adequada da estrutura;
- 3) Efeitos em elementos não estruturais – podem ocasionar defeito em elementos que não fazem parte da estrutura, mas, estão ligados à ela;