

# Procedimentos Inadequados Estabelecidos nas Diversas Etapas do Processo Construtivo que Contribuem para Redução do Tempo de Vida Útil das Estruturas de Concreto

**Paulo Márcio da Silva Aranha.** Arquiteto, M. Sc. pelo NORIE/UFRGS, Professor da UNAMA - Universidade da Amazônia Alameda Paulo Maranhão, 45 - Jardim Independência - Nazaré. Cep 66.040-330 - Belém - Pará. Fone: (091) 223-8406. Fax: (091) 226-1931.

---

RESUMO: O objetivo principal deste trabalho é auxiliar na prevenção e identificação dos procedimentos inadequados que podem ser estabelecidos nas diversas etapas do processo construtivo e que contribuem para a redução do período de vida útil das estruturas de concreto armado.

O estudo baseia-se na catalogação de 348 casos ocorridos na Região Amazônica, nos últimos vinte (20) anos, atendidos pela Empresa de maior atuação no mercado regional.

---

## 1. INTRODUÇÃO

Partindo da premissa do total desconhecimento e inexistência de qualquer levantamento, na Região Amazônica, que indique a incidência de manifestações patológicas, o custo da reparação dos danos e dos sistemas de recuperação destas manifestações, procurou-se quantificar o maior número de casos patológicos ocorridos. Com esta intenção foram cadastrados os serviços de inspeção, diagnóstico, reparo e reforço, realizados pela empresa de maior atuação no mercado regional, que desenvolve há mais de 30 anos atividades neste setor da indústria da Construção Civil, e que tem sido responsável pela grande maioria dos diagnósticos e execução de serviços de reparo e reforço de estruturas de concreto na Região.

As informações necessárias para elaboração do cadastramento das obras foram obtidas através da análise de laudos técnicos de vistorias, projetos de reparo e/ou reforço

estrutural, diários de obras, pastas de entrega de obra e entrevistas junto ao corpo técnico da referida empresa, resumido na tabela 4.1.

## 2. VIDA ÚTIL DAS ESTRUTURAS

A *Vida útil*, de acordo com as definições do CIB/RILEM<sup>9</sup> e da ASTM E 632<sup>3</sup>, é o período de tempo após a instalação de um material ou componente da edificação, durante o qual todas as propriedades excedem a um valor mínimo aceitável, tendo sofrido manutenção rotineira.

O Código Modelo MC-90 do CEB-FIP<sup>8</sup> estabelece que “as estruturas de concreto devem ser projetadas, construídas e operadas de forma tal que, sob as condições ambientais esperadas, elas mantenham sua segurança, funcionalidade e a aparência aceitável durante um período de tempo, implícito ou explícito, sem requerer altos custos imprevistos para manutenção e reparo”. Ainda segundo o MC-

90, o período de vida útil das estruturas deve atingir um período mínimo de 50 anos desde que as estruturas sejam projetadas, executadas e mantidas conforme os requisitos preconizados no código. No caso das estruturas especiais pode-se requerer um período de vida útil mais longo, por exemplo, de 100 anos, ou mais curta, 25 anos ou menos, em função do tipo da importância da edificação ou do tipo de exposição a que está submetida a estrutura.

Senthler, apud FIGUEIREDO<sup>12</sup>, diz que o tempo de vida útil de uma estrutura de concreto dependerá das considerações estabelecidas na etapa de projeto, dos prováveis problemas de durabilidade e dos critérios de desempenho observados durante a etapa de execução. SENTHLER adverte, porém, que se um longo período de vida útil é desejado, deve ser estabelecido plano de manutenção preventiva periódica, o qual deve ser precedido de inspeções de rotina.

Com relação aos efeitos da corrosão das armaduras, segundo ANDRADE<sup>4</sup>, FIGUEIREDO<sup>12</sup> e HELENE<sup>13</sup>, o modelo atualmente mais utilizado para estimar o período de vida útil das estruturas de concreto é o modelo de TUUTI - apresentado em 1982 -, segundo o qual divide-se a vida útil da armadura em dois períodos distintos - período de iniciação e período de propagação da corrosão-.

O período de iniciação compreende a etapa na qual a armadura no interior do concreto permanece passiva, ainda que no concreto estejam ocorrendo trocas físicas e químicas induzidas pelo seu entorno, trocas estas que podem acabar despассивando a armadura. O período de propagação inicia-se no momento em que os agentes agressivos, em contato com a armadura, induzem a sua despассивação e começa a propagação da

corrosão até um estado limite no qual a integridade estrutural ou funcional da estrutura deixa de ser aceitável. \*\*

### 3. MANUTENÇÃO

A Manutenção de estruturas de concreto pode ser entendida como o conjunto de ações de reduzido alcance, como forma de prevenir ou identificar o surgimento de danos (Manutenção preventiva) e, quando a estrutura apresentar perda significativa, como forma de se evitar o comprometimento da segurança da estrutura (Manutenção corretiva).

SEELEY, apud CLÍMACO e NEPOMUCENO<sup>7</sup>, aponta que as atividades de manutenção das edificações, até recentemente, têm sido negligenciadas, embora o custo de implantação dos edifícios representem investimentos elevados. Na Inglaterra, mais de um terço dos recursos da indústria da construção civil são direcionados à manutenção; contudo, ainda são insatisfatórias as condições de conservação dos edifícios. Possivelmente um dos fatores que mais contribui para a configuração desse quadro seja a insuficiência de disposições normativas específicas, frente à problemática de manutenção. CLÍMACO e NEPOMUCENO<sup>7</sup>, relatam que grande parte das publicações - CEB, EUROCODE - abordam a durabilidade das estruturas com mais ênfase às disposições relativas ao projeto e à execução das obras, não estabelecendo critérios objetivos quanto à manutenção.

\*\* ANDRADE (1993) propõe ao CEN - Comitê Europeu de Normalização - a delimitação do período de propagação, tendo sugerido o limite de 5% da perda da seção da armadura e/ou quando do surgimento de fissuras adjacentes à armadura for superior a 0.3mm, desde que trate de estruturas de concreto armado não protegidas e que a corrosão tenha ocorrido devido à carbonatação do concreto.

A Federação Internacional de Protensão<sup>11</sup>, tabela 3.1, apresenta uma metodologia para estabelecimento de intervalos de inspeção e manutenção em função da classe da estrutura, condição ambiental de exposição e de carregamento da estrutura. Propõe que as estruturas sejam classificadas da seguinte forma:

- a) Classe 1 - estruturas em que a ocorrência de ruptura possa ter conseqüências catastróficas e/ou quando a funcionalidade da estrutura é de vital importância à comunidade.
- b) Classe 2 - estruturas em que a ocorrência de ruptura possa gerar perda de vidas e/ou quando a funcionalidade da estrutura é de considerável importância.
- c) Classe 3 - estruturas onde é improvável que a ocorrência de uma ruptura possa causar perda de vidas e/ou quando é possível realizar intervenções na estrutura, para execução de recuperação, sem grandes perdas à comunidade.
- A FIP<sup>11\*</sup>, estabelece, ainda, em função do tipo de ambiente em que se encontra a estrutura e tipo de solicitação, a seguinte classificação das condições de exposição:
- a) Muito Severa - quando a estrutura está localizada em ambiente agressivo, submetida a carregamento cíclico e existe possibilidade de fadiga.
- b) Severa - quando a estrutura está localizada em ambiente agressivo, submetida a carregamento estático, ou quando o tipo de ambiente é normal, com carregamento cíclico e existe possibilidade de fadiga.
- c) Normal - quando a estrutura está localizada em ambiente normal - “não agressivo”- e submetida a carregamento estático.

**Tabela 3.1** - Proposta de periodicidade, em anos, para realização de inspeções de rotina e extensiva (FIP<sup>61</sup>, 1988).

Condições ambientais de exposição e de carregamento da estrutura	Classes de Estruturas					
	1		2		3	
	Inspeção Rotineira	Inspeção Extensiva	Inspeção Rotineira	Inspeção Extensiva	Inspeção Rotineira	Inspeção Extensiva
Muito Severa	2*	2	6*	6	10*	10
Severa	6*	6	10*	10	10*	
Normal	10*	10	10*		**	**

\* Intercalada entre inspeções extensivas

\*\* Apenas inspeções superficiais

\* Segundo FIP pode-se classificar os tipos de inspeções nas estruturas em:

- Rotineira: aquelas que são realizadas em intervalos regulares, com planilhas específicas da estrutura, elaboradas em conjunto pelos técnicos responsáveis pelos projetos e pela manutenção.

Extensiva: aquelas que são realizadas em intervalos regulares, alternadas com as inspeções de rotina. Consistem da investigação minuciosa dos elementos e das características dos componentes da estrutura.

- Especial: como o próprio nome sugere, são aquelas realizadas, excepcionalmente, quando indicadas por inspeções de rotina ou extensiva, ou face à ocorrência de acidentes que comprometam a segurança da estrutura, ou sua funcionalidade.

Para determinar o período mais adequado para realização da manutenção da estrutura, segundo BÁRCENA DIAZ<sup>10</sup>, deve-se proceder a realização de inspeções de rotina e detalhada. As *Inspeções de Rotina* devem ser realizadas periodicamente em todos os tipos de estruturas de concreto, por técnicos que se dedicam à manutenção em geral, não sendo necessária a presença de especialista em patologia do concreto. As *Inspeções Detalhadas* devem ser realizadas sempre que na inspeção de rotina for identificada alguma patologia singular, quando for observado algum tipo de deterioração ou ainda, a estrutura estiver submetida à ação de cargas imprevistas. Este tipo de investigação requer uma

organização e um planejamento adequado, deve ser realizada por pessoal qualificado-especialista em patologia do concreto - e contar com apoio de laboratório idôneo para realização de ensaios.

BÁRCENA DIAZ<sup>10</sup> sugere - tabela 3.2 - que a periodicidade da realização de inspeções de rotina e detalhada, nas estruturas de concreto, seja estabelecida em função do uso a que se destinam e tipo de exposição. Nas estruturas onde existe a possibilidade de deterioração acelerada o controle da estrutura pode ser aumentada através da diminuição dos períodos de realização das inspeções.

**Tabela 3.2** - Proposta de periodicidade para realização de inspeções de rotina e detalhada (BÁRCENA DIAZ, 1992).

Tipo de Uso	Inspeção de Rotina	Inspeção Detalhada
• Residencial, escritórios, escolas ...	Bianual	10 anos
• Estádios, quadras polivalentes, piscinas, estacionamentos	Anual	5 anos
• Estruturas industriais em ambientes pouco agressivos	1 a 2 anos	10 anos
• Pontes rodoviárias e ferroviárias importantes (dimensão ou localização)	Anual	5 anos
• Pontes Secundárias	Bianual	10 anos

MORENO, SESEÑA, VELASCO et al<sup>17</sup> questionam a falta de manutenção dos edifícios de forma mais ampla e detalhada e propõem o estabelecimento de planos de manutenção em todas as partes e componentes da edificação. Especificamente para as estruturas de concreto armado-tabela 3.3 - apresentam proposta de monitoramento através da verificação das deformações, amplitude das

fissuras e resistência do concreto. Cabe salientar que a proposta contempla apenas as edificações convencionais, e para obras com estruturas especiais, como no caso das indústrias, sugere que os planos de manutenção sejam elaborados conjuntamente com os técnicos envolvidos diretamente no processo produtivo e os profissionais envolvidos em atividades de manutenção em geral.

**Tabela 3.3** - Proposta de periodicidade para realização de inspeções de rotina (MORENO, SESEÑA, VELASCO et al).

Período	Cada três anos	Cada cinco anos	Cada dez anos
Flechas		• Verificar as deformações estão dentro dos limites estabelecidos em projeto	
Fissuras	• detectar e estudar a causa		
Resistência			• Analisar a evolução através de ensaio esclerométrico

RAFAEL ARIOLA<sup>17</sup>, “contador del colegio Oficial de Aparejados y Arquitectos Técnicos de Madrid”, apresenta no prólogo da obra “Mantenimientos de los Edificios” que, em geral, aceita-se sem resistência a necessidade de um automóvel ou um eletrodoméstico ser submetido a sucessivas etapas de manutenção como forma de garantir ou estender-se a vida útil desses bens, e infelizmente ainda verifica-se forte resistência na adoção da mesma conduta em nossas edificações. Possivelmente a causa que mais contribui para a configuração desse quadro seja a ausência de “Manual de utilização e manutenção da edificação”, onde poderiam

ser dispostos, dentre outras informações, as limitações quanto a carregamentos e uma programação de manutenção preventiva, o que certamente contribuiria para a reversão desse quadro.\*

#### 4. CLASSIFICAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES EM FUNÇÃO DO USO E NÚMERO DE PAVIMENTOS

Para estabelecimento da codificação de cada edificação, foi empregada uma classificação quanto ao tipo de utilização e número de pavimentos, conforme apresentado na tabela 4.1.

**Tabela 4.1** - Resumo das obras vistoriadas

NATUREZA DAS EDIFICAÇÕES					
Estrut.	Uso		Nº pavimentos	Nº Unidades	%
C* O N V E N C	R E S	Unifamiliar (U)	térreo (RES-U-1)	20	5.75
			até 2pav. (RES-U-2)	34	9.77
		Multifamiliar (M)	até 4pav. (RES-M-3)	20	5.75
			mais de 4pav. (RES-M-4)	50	14.37
	D I V	Comércio/ Serviço (CS)	térreo (DIV-CS-1)	18	5.17
			até 2pav. (DIV-CS-2)	27	7.76
			até 4pav. (DIV-CS-3)	9	2.59
			mais de 4 pav.(DIV-CS-4)	8	2.30
		Institucional (OP)	térreo (DIV-OP-1)	33	9.48
			até 2pav. (DIV-OP-2)	27	7.76
			até 4pav. (DIV-CS-3)	7	2.01
			mais de 4pav. (DIS-CS-4)	7	2.01
E** S P	E S P	Industrial (I)	térreo (ESP-I-1)	7	2.01
			até 2pav. (ESP-I-2)	4	1.15
		Viadutos/ pontes/ trapiches (ESP-VP)		19	5.46
		Reservatórios/ piscinas/ cisternas (ESP-R)		30	8.62
		Arrimos/ base torre/ base de apoio (ESP-A)		6	1.72
		Praças esportivas (ESP-E)		16	4.60
		Demais obras (ESP-DO)		6	1.72
Total				348	100.00

\* Obras com estruturas convencionais

\*\* Obras com estruturas especiais

\* JOHN e CREMONINI<sup>18</sup> sugerem que o Manual de uso e manutenção deve ser entendido como última etapa do ato projetual e, em linhas gerais, devem compreender recomendações para uso e operação, documentação sobre riscos, planos de inspeção e manutenção, relação de documentos e ficha para registro de mudanças realizadas durante a utilização.

#### 4.1 Origem das manifestações patológicas

Ao serem estudados os casos da literatura e os casos coletados no levantamento, observou-se que existem diversas manifestações patológicas que podem ter a mesma causa. Para facilitar a análise dos resultados procurou-se definir a causa como o procedimento inadequado, estabelecido em qualquer etapa do processo construtivo, que alterou o comportamento esperado ou desejado, de parte ou da totalidade da estrutura, criando o ambiente propício à ocorrência de danos na estrutura (manifestação patológica).

Em muitos casos não é tarefa fácil a simples identificação dos danos; obviamente, estabelecer a causa de uma manifestação patológica é às vezes tarefa bem complexa. Em alguns casos é extremamente difícil identificar-se a origem de uma causa, podendo o dano caracterizar mais de uma origem. Por exemplo, para um concreto de baixa resistência, pode-se atribuir a origem do dano à etapa de execução da obra por não terem sido atendidas as especificações de projeto ou à etapa de projeto, por não existirem as especificações quanto à qualidade do concreto a ser produzido, à durabilidade desejada, à trabalhabilidade, ao diâmetro máximo dos agregados, dentre outras.

Devem ser consideradas ainda situações em que não se consegue definir claramente uma única etapa do processo construtivo a qual se deva atribuir a origem do dano. Na análise das 348 obras estudadas, várias manifestações tiveram origem em mais de uma etapa, motivo pelo qual foram contabilizadas 464 origens, conforme pode ser observado nas tabelas 4.1 e 4.3.

Consubstanciado no levantamento realizado e nas informações obtidas na

literatura apresenta-se no item 4.1 os principais procedimentos inadequados que possibilitam a ocorrência dos danos em estruturas de concreto.

##### 4.1.1 Classificação quanto à origem das manifestações nas etapas do processo construtivo

Para efeito de classificação, o processo construtivo foi dividido em quatro etapas: planejamento/ projeto, materiais, execução e uso 1.3.15.16.18

##### 4.1.1.1 Origem das manifestações patológicas atribuída ao projeto/ planejamento

Na etapa projeto/ planejamento os danos estão relacionados a dois aspectos fundamentais. O primeiro está relacionado à deficiência do conhecimento técnico na época do projeto (arquitetônico, estrutural e de fundação). Um exemplo pode consistir em não se dispor de modelo de cálculo capaz de prever, satisfatoriamente, as solicitações a que estará submetida a estrutura, como se pode citar as estruturas sujeitas a solicitações dinâmicas. O segundo, aos erros atribuídos aos projetistas, tais como: deficiência na coordenação dos diversos projetos, erros de programação, deficiência do detalhamento e da concepção e da estrutura, dentre outros.

Na etapa projeto/ planejamento pode-se listar alguns dos principais procedimentos inadequados:

##### **a) Avaliação inadequada das condições a que a estrutura estará sujeita:**

- fck incompatível;
- cobertura insuficiente da armadura;
- abertura excessiva de fissuras e
- tipo de cimento inadequado.

**b) Especificações:**

- escolha inadequada da cor da superfície do concreto;
- abatimento (slump) incompatível e
- ausência de especificação quanto ao tipo de aditivo-aceleradores de pega, plastificantes/ superplastificantes e retardadores, dentre outros-.

**c) Sobrecarga:**

- má concepção do projeto;
- avaliação incorreta das cargas atuantes e
- erros de cálculo.

**d) Detalhes construtivos:**

- ausência de ressaltos e pingadeiras;
- zonas que permitem o acúmulo de água;
- detalhes construtivos deficientes ou inadequados;
- ausência de detalhamento: passagem de dutos e eletrodutos;
- juntas de concretagens (falta de previsão ou previsão inadequada) e
- juntas de dilatação (falta de previsão ou previsão inadequada).

**e) Composição do concreto:**

- alto ou baixo consumo de cimento;
- alto fator água/ cimento;
- alta proporção de agregados finos;
- alta finura do cimento;
- cimento com alta proporção de C3A e C3S;
- deficiência granulométrica dos agregados e
- deficiência no estabelecimento do sistema de cura em relação ao proporcionamento do concreto.

**f) Definição das armaduras:**

- concentração de barras de armaduras;
- barras de diâmetro elevado;
- disposição inadequada de barras de armaduras;
- cobrimento insuficiente de emendas por transpasse;
- ausência de armadura de suspensão;
- ausência de armadura para absorver momentos volventes e
- armadura insuficiente em zonas de mudança de direção dos esforços.

**g) Definição de fôrmas:**

- cargas sub-estimadas;
- projeto incompleto ou execução incorreta devido à ausência de projeto e
- não previsão de ações a serem estabelecidas nas operações de desforma.

**h) Fundações:**

- falta de investigação do subsolo;
- tipo de fundação inadequada à situação e
- adoção de diversos tipos de fundação na mesma estrutura.

4.1.1.2. Origem das manifestações patológicas atribuída aos materiais

Em geral as causas relacionadas aos materiais estão ligadas ao emprego de materiais impróprios ao tipo de obra a ser executada e à deficiência no controle de compra-qualidade inferior à especificada nos projetos-, recebimento e estocagem, estabelecendo-se procedimentos incompatíveis aos previstos nos projetos e permitindo-se a deterioração dos mesmos.

Dentre os principais procedimentos inadequados relacionados aos materiais pode-se citar:

#### a) Cimento

a.1) Compra e recebimento: falta de controle das características físicas, químicas e mecânicas limitadas por normas;

- resíduo insolúvel (RI) em excesso;
- perda ao fogo (PF) em excesso;
- óxido de magnésio (MgO) em excesso;
- trióxido de enxofre (SO<sub>3</sub>) em excesso;
- finura elevada resultando em calor de hidratação elevado;
- finura reduzida, dificultando a hidratação;
- tempo de início de pega < 1 hora;
- expansibilidade a quente > 5mm e
- não obtenção das resistências à compressão estabelecidas nas normas aos 3,7 e 28 dias, dentre outras exigências.

a.2) Armazenamento inadequado, permitindo o início do processo de hidratação.

**b) Agregado miúdo:** compra, recebimento e armazenamento:

- excesso de material pulverulento (> 3% em concretos submetidos a desgaste superficial e > 5% nos demais tipos de concreto);
- excesso de torrões de argila (> 1,5%) e materiais friáveis;
- excesso de impurezas orgânicas (> 300 ppm);
- excesso de materiais carbonosos (> 0,5% em concreto aparente e > 1,0% nos demais tipos de concretos);

- excesso de sais solúveis (principalmente sulfatos e cloretos) (> 2,0 %);

- deficiência de materiais finos e

- armazenamento deficientes, permitindo contaminação ou mistura com outros agregados.

**c) Agregado graúdo:** compra, recebimento e armazenamento:

- excesso de material pulverulento (partículas de silte e argila) (> 1,0 %);
- excesso de torrões de argila e materiais friáveis (> 1,0 % em concreto aparente, > 2,0 % em concreto submetido a desgaste superficial e > 3,0 % nos demais casos);
- excesso de materiais carbonosos (> 0,5 % em concreto aparente e > 1,0 % nos demais casos);
- dimensão máxima característica incompatível com a densidade da armadura, dimensão das formas e sistema de transporte do concreto;
- índice de forma elevado (> 3,0 %);
- granulometria deficiente e
- armazenamento deficiente, permitindo contaminação ou mistura com outros agregados.

**d) Aço:** compra, recebimento e armazenamento:

- aço com resistência a tração inferior ao especificado em projeto e
- estocagem em local e de maneira inadequados.

**e) Madeira:** compra, recebimento e armazenagem:

- tábuas ou pranchas deformadas;
- madeira absorvente em demasia;

- fôrmas de baixa qualidade, número excessivo de nós e
- estocagem deficiente, permitindo contaminação e empenamento das peças.

#### f) Água

- Ph fora dos limites recomendados entre 5,8 e 8,0.
- excesso de matéria orgânica ( expresso em oxigênio consumido > 300 mg/I )
- excesso de resíduo sólido ( > 5000 mg/I )
- excesso de sulfatos (expresso em íons  $SO_4$  > 300mg/I)
- excesso de açúcar ( > 5 mg/I )
- excesso de cloretos (expresso em íons  $Cl^-$  > 500 mg/I )

#### 4.1.1.3 Origem das manifestações patológicas atribuída à execução

As falhas de execução das estruturas podem ser de todo tipo, podendo estar vinculadas à confecção, instalação e remoção das fôrmas e cimbramentos; corte, dobra e montagem das armaduras e dosagem, mistura, transporte, lançamento, adensamento e cura do concreto, todas elas relacionadas, principalmente, ao emprego de mão de obra desqualificada ou falta de supervisão técnica.

Como principais procedimentos inadequados na execução identifica-se:

##### a) Execução das armaduras:

###### a.1) Dobramento:

- ângulo de dobramento das barras inferior ao mínimo admissível.

###### a.2) Montagem das armaduras:

- pouco cuidado quanto à disposição das barras;
- deficiente instalação das barras;

- baixa qualidade dos espaçadores-espessura variada, traço diferente ao traço do concreto da estrutura e baixa resistência à compressão.

- ausência ou distanciamento excessivo dos espaçadores;

- troca de bitola da armadura;

- falta de proteção das armaduras-deslocamentos, deformações- e

- utilização de barras corroídas.

##### b) Execução das fôrmas:

###### b.1) Montagem:

- armação inadequada dos cantos;
- espaçamento elevado entre gravatas;
- deficiente contraventamento das escoras;
- escora fora de prumo ou excessivamente esbelta;
- apoio inadequado das escoras;
- utilização de fôrmas danificadas ou deformadas e
- falta de estanqueidade das fôrmas.

###### b.2) Deforma

- ausência de substância anti-aderente (desmoldante);
- alteração do diagrama de solicitações;
- falta de planejamento quanto à manutenção do escoramento parcial em lajes;
- desforma precoce e
- desforma violenta.

##### c) Execução do concreto:

###### c.1) Dosagem:

- ausência de dosagem e
- medição incorreta dos materiais.

**c.2) Mistura:**

- ordem inadequada de colocação dos materiais;
- tempo de mistura dos materiais e/ou velocidade de rotação da betoneira insuficientes ou excessivos e
- betoneira com volume de materiais além de sua capacidade ótima.

**c.3) Transporte:**

- equipamentos e/ou velocidade de transporte inadequados e
- transporte inadequado.

**c.4) Lançamento:**

- altura de lançamento excessiva;
- lançamento inadequado, ocasionando movimentação das armaduras;
- lançamento em pontos localizados, sobrecarregando excessivamente as fôrmas;
- temperatura ambiente muito baixa ( $< 4^{\circ} \text{C}$ );
- baixa umidade relativa do ar e/ou vento excessivo na superfície do concreto e/ou temperatura ambiente elevada, sem cuidados especiais;
- Interrupção da concretagem de forma inadequada e
- desobediência a planos de concretagem.

**c.5) Adensamento:**

- vibração das armaduras, provocando deslocamento das barras em relação ao concreto já adensado, propagando esforços à massa de concreto adjacente, já adensado;
- vibração excessiva provocada por uso de equipamento inadequado, duração excessiva ou aplicação de procedimentos incorretos de operação e

- vibração insuficiente causada por espaçamento excessivo entre pontos de penetração, duração insuficiente ou falta de interpenetração entre camadas.

**c.6) Cura**

- falta de proteção da superfície do concreto contra a perda de água de amassamento e
- adoção de sistema de cura inadequado ao tipo de exposição da estrutura.

**4.1.1.4 Origem das manifestações patológica atribuída à utilização.**

Os procedimentos inadequados durante a utilização, última etapa do processo construtivo, segundo alguns autores<sup>5,15</sup>, podem ser divididos em dois grupos: ações previsíveis e ações imprevisíveis ou acidentais.

O primeiro grupo compreende as ações previsíveis, envolvendo os procedimentos que podem ser perfeitamente programados como as etapas de manutenção, presença de ambientes agressivos e sobrecargas excessivas - quando pela ausência de informação nos projetos e/ou inexistência de manual de utilização ocorre carregamento além do estabelecido em projeto-. Como exemplo pode-se citar: prédios destinados a guarda de material explosivo, indústrias químicas, edificações situadas em áreas salinas e ampliações ou alterações no uso do último pavimento - cobertura-.

No segundo grupo, encontram-se as ações imprevisíveis: alteração das condições de exposição da estrutura, incêndios, abalos provocados por obras vizinhas, paralisação da obra por longo período e choques acidentais; ou os acidentes razoavelmente previsíveis - as ações que até podemos imaginar sua ocorrência, entretanto, o custo para previni-las é extremamente elevado, sendo preferível

correr o risco delas virem a ocorrer, por exemplo um abalo sísmico de grande intensidade no Brasil-.

Na análise dos 348 casos, os procedimentos inadequados durante a utilização foram divididos em dois grupos. No primeiro agrupou-se as ações previsíveis como a falta de manutenção preventiva (por ser perfeitamente possível programá-la) e sobrecargas (carregamento excessivo da estrutura além do estabelecido em projeto). No segundo grupo encontram-se as ações imprevisíveis: alteração das condições de exposição da estrutura, abalos provocados por obras vizinhas, paralisação da obra por longo período, incêndios e choques.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na Amazônia, da mesma forma como observado nas demais regiões brasileiras, por CARMONA e MAREGA<sup>6</sup>, é premente enfatizar o controle da qualidade da execução das obras, bem como não medir esforços na direção de treinamento da mão-de-obra e do corpo técnico. O treinamento da mão-de-obra pode ser feito através de cursos técnicos a nível executivo, e do corpo técnico, por meio de cursos de atualização e de conscientização. Nesse sentido, acredita-se ser vital a participação das universidades amazônicas, não apenas por meio da docência, mas também no desenvolvimento de atividades de extensão e de pesquisa. Cabe salientar que, em geral, disciplinas como patologia das edificações, controle da produção do concreto e qualidade das construções, dentre outras, na grande maioria das Universidades da Região não fazem parte das grades curriculares dos cursos de Engenharia Civil e de Arquitetura. Nestas disciplinas, quando o conteúdo programático é efetivamente desenvolvido, muito se contribui para a formação de novos

profissionais qualificados e mais conscientes de suas responsabilidades.

Uma crítica que deve ser colocada consiste na falta de participação dos técnicos, da Região, na busca de soluções (preventivas) e/ou estudo dos procedimentos inadequados que foram, são e, possivelmente, continuarão sendo, por longo período, estabelecidos nas diversas etapas do processo construtivo, e que contribuem para o surgimento de danos em nossas estruturas. Como consequência, frequentemente, observa-se a redução da vida das estruturas. Segundo HELENE<sup>13</sup>, a expectativa de vida de uma estrutura deve situar-se entre 50 e 100 anos, dependendo do tipo de edificação, das condições de utilização e tipos de exposição. Há de ser questionado, portanto, como as estruturas inseridas na Amazônia haverão de responder a estes longos períodos de uso.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARANHA, Paulo. Contribuição ao estudo das Manifestações Patológicas em Estruturas de Concreto Armado na Região Amazônica. Porto Alegre, 1994, 161p. Dissertação de (Mestrado em Engenharia) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS.
2. ALONSO, M.C.; ANDRADE, M.C. Patologia de materiais. Problemas patológicos de los materiales hormigon y acero y su relacion con la durabilidad de la estructura. In: Cursos de estudios mayores de la construccion - CENCO 92, seminário S. 4, Madrid, Instituto Eduardo Torroja, 1992, 38p.
3. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard recommended practice for developing short-term accelerated test for prediction of the service life building components and materials: E 632/78, Philadelphia, 1980.
4. ANDRADE, C. Vida útil de estruturas de hormigon armado: obras nuevas y deterioradas. In: Simpósio internacional EPUSP/ FOSROC sobre patologia das estruturas de concreto - uma visão moderna, 1992, São Paulo, SP. Anais... São Paulo: EPUSP, 1992, 17p.

5. BUENO, A. R. Patologia por excessiva deformabilidade de la estructura: limitacion de deformaciones en estructuras de edificacion. In: Cursos de estudios mayores de la construccion - CENCO 92, seminário S.4, Madrid, Instituto Eduardo Torroja, 1992, 29p.
6. CARMONA FILHO, A.; MAREGA, A. Retrospectiva da patologia no Brasil, estudo estatístico. In: Trabajos presentados en la jornada español y portugues sobre estructuras y materiales, 1988, Madrid. Anais... Madrid: CEDEX/ICCET, 1988, p. 99-124.
7. CLÍMACO, J.C.T.; NEPOMUCENO, A.A. Parâmetros para uma metodologia de manutenção de estruturas de concreto. In: 36ª Reunião do Instituto Brasileiro do Congresso, 1994, Porto Alegre, RS. Anais... Porto Alegre: IBRACON, 1994, 2v. v.1, p.109-120.
8. COMITE EURO-INTERNACIONAL DU BETON. Durability of concrete - CEB/FIP MODEL 90 (MC - 90) - final draft, Paris, 1991. (Bulletin D'Information, n.203).
9. CONSIL INTERNATIONAL DU BATIMENT POUR LA RECHERCHE L'ETUDE ET AL DOCUMENTATION, REUNION INTERNATIONALES DES LABORATOIRES D'ESSAIS ET DES RECHERCHES SUR LES MATERIAUX ET LES CONSTRUCTIONS. CIB W 80/RILEM 71 - PSL. On predction of service life of building materials and components. Rotterdam, 1983, 98p.
10. DIAZ, J.M.B. Inspeccion y diagnostico de estructuras de hormigon. In: Curso de reparacion de obras de hormigon. Bilbao, 1992. 32p.
11. FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DE PROTENSÃO. Guide to good practice: inspection and maintenance of reinforced and prestressed concrete structures. Londres: Thomas Telford publications, 1988.p.
12. FIGUEIREDO, E.J.P. Avaliação do desempenho de revestimentos para proteção da armadura contra a corrosão através de técnicas eletroquímicas - contribuição ao estudo de reparo de estruturas de concreto armado. São Paulo, 1994. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo.
13. HELENE, P.R.L. Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado. São Paulo, 1993, 231p. 75 Tese (Livre-Docência) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
14. JOHN, W.M., CREMONINI, R.A. Manutenção predial: uma visão sistemática In: X Simpósio nacional de tecnologia da construção civil - A manutenção na construção civil, 1989, São Paulo, SP. Anais... São Paulo: EPUSP, 1989, p. 115-128.
15. LIMA, L.J. Comportamientos patológicos en estructuras. In: I Congreso Latino Americano de Patologia de la Construccion y III de Control de Calidad, 1991, Cordoba. Anais... Cordoba: COMPAT, 1991, 2v. v.1, 14p.
16. MONTERO, R.O. Estadística de patologias construtivas en los edificios de la Universidad Nacional de Mar del Plata - um caso pitolo.
17. MORENO, A.O.; SESEÑA, R.R.; VELASCO, S.R. et al. Mantenimento de los edificios. Madid. 95p. [ s.n., 198].
18. VALE, G.A. Patologia de ejecucion. Problemas patologicos como consecuencia de erros o defeitos de ejecucion. Tipologias mas usuales. Critérios para evitar y/o corrigir este tipo de problema. In: Cursos de estudios mayores de la construccion - CENCO 92, seminário S.4, Madrid, Instituto Eduardo Torroja, 1992, 27p.