Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO COM ÊNFASE EM ERROS DE CONSTRUÇÃO

JEFFERSON MAIA. LIMA
Engenheiro Civil
Faculdade Ideal FACI DEVRY
Pará; Brasil
jlima20@faculdadeideal.edu.br

JOSÉ RAIMUNDO SERRA. PACHA
Engenheiro Civil
Faculdade Ideal FACI DEVRY
Pará; Brasil
jpacha@faculdadeideal.edu.br

CRISTIANE A. S. SILVA
Engenheira Civil
Faculdade Ideal FACI DEVRY
Pará; Brasil
cristiane.pleno@gmail.com

SABINO A. DE AGUIAR NETO
Engenheiro Civil
Faculdade Ideal FACI DEVRY
Pará; Brasil
saguiarneto@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho consiste em apresentar as manifestações patológicas incidentes em estruturas de concreto armado oriundas principalmente da etapa de execução das obras. A partir de vistorias nas edificações e, baseando-se em seus respectivos dados coletados em escritórios de engenharia da Região Metropolitana de Belém com expertise no assunto, efetuou-se um levantamento das principais patologias ocorridas nos elementos da superestrutura e suas causas relacionadas às falhas construtivas. Observaram-se patologias relacionadas sobretudo à corrosão das armaduras, além de lixiviação e destacamento do concreto, entre outras. É legítimo que, em todos os casos avaliados, as manifestações estão ligadas aos erros ocasionados durante a execução das peças de concreto armado. Destacam-se como causas preponderantes das patologias visualizadas: treinamento insuficiente da mão-de-obra (operários e mestres de obra), inclusive falta de domínio por parte dos responsáveis técnicos (engenheiros e técnicos) gerando falhas de planejamento e controle na preparação das armaduras, fôrmas e concretagem; carência na dosagem experimental provocando ineficiência no controle dos parâmetros envolvidos produzindo concretos com alto grau de permeabilidade; impermeabilização inadequada das estruturas.
Palavras-chave: patologias das estruturas, estruturas de concreto armado, corrosão.

ABSTRACT

This work to show the pathological manifestations incidents in reinforced concrete structures derived mainly from the execution of the work stage. From inspection of the buildings and, based on their respective information collected in engineering offices in the metropolitan Belém Region with experience in the subject, we did a survey of the main pathologies occurring in the elements of the superstructure and their causes related to construction failures. Visualize pathologies related in particular corrosion of reinforcement beyond of the leaching or detachment of the concrete, among others. It is right that, in all cases evaluated, the appearance are linked to errors caused for the execution of pieces of reinforced concrete. It stands out as most important causes of displaying pathology: insufficient training of manpower (workers and work of master), including lack of knowledge by the technicians responsible (engineers and technicians) developing planning failures and control the preparation of the ribbing, formwork and concreting; shortage in the experimental dose causing inefficiency in controlling the parameters involved producing concrete with high permeability; Inadequate sealing of structures.
Keywords: pathologies of the structures, reinforced concrete structures, corrosion.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

1. INTRODUÇÃO

O concreto é um material multicomponente composto de cimento, água e agregados inertes (normalmente areia e seixo ou brita), em partículas de diversos tamanhos. A água e o cimento, quando misturados, formam uma pasta que com o tempo endurece adquirindo resistência mecânica através da aderência às partículas de agregados. Forma-se assim um material monolítico com características de pedra. Por essa considerável simplicidade, a utilização do concreto como elemento construtivo vem acompanhando significativamente a evolução da sociedade, podendo ser ilustrado seu emprego na construção de obras como as pirâmides do Egito e o Panteão de Roma. Entretanto, a partir do estudo de escritos do arquiteto romano Vitruvius (50 A.C.) tem ocorrido poucos avanços significativos do conhecimento da química do cimento ou das estruturas de concretos até o século XVIII, quando, então, se começam a estudar grupos de cimentos constituídos basicamente de silicatos e aluminatos de cálcio, e diferentes tecnologias de manufatura [1].

Na atualidade o concreto é considerado o material mais utilizado na construção civil, pois pode ser inserido em qualquer parte das construções, seja em fundações, infraestruturas, superestruturas, pavimentos, paredes, revestimentos, coberturas, muros, entre outros [2]. Estruturalmente, o concreto se caracteriza por apresentar boa resistência à compressão, embora apresente reduzida resistência à tração. Devido a esta última característica, o concreto é normalmente associado a armaduras de aço cuja densidade depende das alternativas que visem o equilíbrio na distribuição de tensões, evitando-se zonas de concentração e/ou superposição de esforços, ao mesmo tempo em que o concreto protege essa mesma armadura contra o fenômeno da corrosão.

Quando projetado e executado de acordo com os princípios da boa engenharia, o concreto apresenta, além da resistência, as vantagens da facilidade de execução, durabilidade e economia [2]. Porém, apesar dos avanços na tecnologia dos materiais que compõe os concretos, e nas técnicas construtivas, muitas anomalias surgem nas estruturas por diversas causas, muitas das vezes desconhecidas ou, até mesmo conhecidas, mas que no momento adequado, durante o planejamento, execução ou manutenção das estruturas, não foram tomadas atitudes simples que evitassem tais patologias.

Muito se tem discutido sobre as origens das manifestações patológicas e os processos de deterioração das estruturas de concreto armado. Assim o objetivo principal do presente trabalho é a divulgação de fatos reais de patologias ocorridas em obras que apresentaram deficiência no processo de execução com o intuito de contribuir com o meio técnico e acadêmico no que concerne à interpretação e entendimento das falhas mais comuns encontradas nas estruturas de concreto, aumentando a possibilidade de se prevenir futuras anomalias.

2. PATOLOGIAS DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

2.1 Gênese

Salvo os casos correspondentes à ocorrência de catástrofes naturais, os problemas patológicos têm suas origens motivadas por falhas que ocorrem durante a realização de uma ou mais das atividades inerentes ao processo genérico a que se denomina de construção civil. Este processo pode ser dividido nas etapas de concepção (planejamento e projeto, fabricação de materiais e componentes fora do canteiro), execução e utilização (operação e manutenção) [3] [4]. Souza e Ripper [3] enfatizam que o surgimento de problemas patológicos em dada estrutura indica, em última instância e de maneira geral, a existência de uma ou mais falhas durante a execução de uma das etapas da construção, além de apontar para falhas também no sistema de controle de qualidade próprio a uma ou mais atividades.

Várias são as falhas possíveis de ocorrer durante a etapa de concepção da estrutura. Elas podem se originar durante o estudo preliminar (lançamento da estrutura), na execução do anteprojeto, ou durante a elaboração do projeto de execução. Dentre os exemplos mais comuns temos: deficiência no cálculo da estrutura ou avaliação da resistência do solo; falta de compatibilização entre a estrutura e a arquitetura, bem como com os demais projetos civis; detalhamento insuficiente ou errado; detalhes construtivos inexequíveis.

Iniciada a construção, podem ocorrer falhas das mais diversas naturezas, associadas a causas tão diversas como falta de condições locais de trabalho (cuidados e motivação), não capacitação profissional da mão-de-obra, inexistência de controle de qualidade de execução, má qualidade de materiais e componentes, irresponsabilidade técnica e até mesmo sabotagem.

Acabadas as etapas de concepção e de execução, e mesmo quando tais etapas tenham sido de qualidade adequada, as estruturas podem vir a apresentar problemas patológicos originados da utilização errônea ou da falta de um programa de manutenção adequado. Os procedimentos inadequados durante a utilização podem ser divididos em ações previsíveis (carregamento excessivo, devido à ausência de informações no projeto, por exemplo) e ações imprevisíveis ou acidentais (alteração das condições de exposição da estrutura, incêndios, abalos provocados por obras vizinhas, choques acidentais etc.) [5]. De forma simples, os problemas patológicos ocasionados por uso inadequado podem ser evitados informando-se aos usuários sobre as possibilidades e as limitações da obra mediante um manual de utilização [3].

No entanto, essas manifestações só se tornam visíveis após o início da execução propriamente dita, a última etapa da fase de produção, normalmente ocorrendo na etapa de uso [4]. Alguns trabalhos comentam que a maior percentagem das manifestações patológicas está ligada à etapa de concepção [4] [6]. Por outro lado, para Cánovas [7] a patologia na execução pode ser consequência da patologia de projeto, havendo uma estreita relação entre elas. Isso não quer dizer que a patologia de projeto sendo nula, a de execução também o será. Nem sempre com projetos de qualidade desaparecerão os erros de execução. Estes sempre existirão, embora seja verdade que podem ser reduzidos ao mínimo caso a execução seja realizada seguindo um bom projeto e com uma fiscalização intensa [7].

A demonstração mais expressiva dessas afirmações encontra-se nas Tabelas 1 e 2 que retratam que as maiores incidências de danos são atribuídas à etapa de execução, tanto no Estado do Pará, na Amazônia, como no Brasil em geral [5]. A Tabela 1 relaciona a origem da patologia com os estados da região Norte. A Tabela 2, mais complexa detalha as causas (projeto, materiais, execução, utilização e naturais) por tipo de obra (residencial, comercial, industrial e hidráulica), com destaque para os números relacionados às patologias de execução no Brasil.

Tabela 1 – Distribuição das origens, por estado, das manifestações patológicas constatadas

Origem dos Danos	Amapá	Amazonas	Maranhão	Pará	Rondônia	Roraima	Amazônia
	%	%	%	%	%	%	%
Planejamento/Projeto	100,00	20,41	30,43	30,31	50,00	100,00	29,96
Materiais	-	16,33	-	4,68	-	-	5,39
Execução	-	42,85	36,96	38,84	50,00	-	38,79
Usos Previsíveis	-	4,08	21,74	20,11	-	-	18,32
Usos Imprevisíveis	-	16,33	10,87	6,06	-	-	7,54
Total	0,43	10,56	9,92	78,23	0,43	0,43	100,00

Tabela 2 – Origem das manifestações patológicas em diversos países

País	Número de Casos	Causas					Tipo de obra			
		P	M	E	U	N	R	C	I	H
Inglaterra	510	49	11	29	10	1				
Alemanha	1570	40	15	29	9	7				
Romênia	432	38	23	20	11	8				
Bélgica	3000	49	12	24	8	7				
Dinamarca	601	37	25	22	9	7				
Iugoslávia	117	34	22	24	12	8				
França	10000	37	5	51	7		68	18	14	
Espanha	586	41	13	31	11	3	57	20	12	
Brasil	527	18	7	52	13		24	19	26	12

As falhas de execução das estruturas podem ser de todo tipo, podendo estar vinculadas às fôrmas (confecção, instalação e remoção), armaduras (corte, dobra e montagem) e o concreto (dosagem, mistura, transporte, lançamento, adensamento e cura). Todas estas tarefas estão relacionadas, principalmente, ao emprego de mão-de-obra desqualificada ou falta de supervisão técnica [5].

2.2 Manifestações patológicas

Independentemente da origem dos problemas patológicos, salvo raras exceções, as manifestações nas estruturas de concreto apresentam-se com diferentes sinais externos, a partir da qual se pode deduzir qual a natureza, os mecanismos dos fenômenos envolvidos, assim como pode-se estimar suas prováveis consequências [4]. Nas estruturas de concreto,

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

de forma geral, as doenças se manifestam por um conjunto de sintomas muito variados tais como mudanças na coloração, expansões, esfoliações, fissuras, trincas etc [7]. Apresentam-se, a seguir, os mais importantes processos físicos de deterioração das estruturas.

2.2.1 Lixiviação do concreto

A lixiviação consiste na dissolução e arraste do hidróxido de cálcio [$Ca(OH)_2$] existente na massa de cimento Portland endurecido (liberado na hidratação) onde, através da deposição desta solução, podem ser formadas as conhecidas estalactites e estalagmites na superfície dos concretos [3].

Entre as causas que mais contribuem para o surgimento da lixiviação estão a alta permeabilidade do concreto e a circulação e renovação de água por fontes diversas. Além disso, as juntas de concretagem mal executadas, ninhos de concretagem e fissuras na superfície do concreto podem colaborar de forma preponderante.

2.2.2 Ninhos de concretagem

Os ninhos de concretagem são conhecidos como grandes vazios na massa de concreto endurecido, geralmente ocasionando falta de uniformidade por conta dos agregados limpos sem o devido envolvimento pela argamassa. O não preenchimento completo das fôrmas pelo concreto tem como causas comuns as deficiências no processo de concretagem (dosagem, preparação, lançamento, adensamento).

2.2.3 Corrosão das armaduras

A corrosão das armaduras nas estruturas de concreto é um fenômeno de natureza eletroquímica que se dá em meio aquoso, que pode ser acelerado pela presença de agentes externos (ambiente) ou internos ao concreto [8].

Primeiramente, em estado normal, as armaduras de aço presentes nas estruturas de concreto encontram-se no interior de um meio altamente alcalino. A alcalinidade do concreto é devida principalmente ao $Ca(OH)_2$ que se forma durante a hidratação dos silicatos presentes do cimento Portland e aos álcalis (gerando NaOH e KOH) originários do cimento. Para Andrade [9], através da presença destas substâncias o pH na fase aquosa contida nos poros do concreto situa-se em valores entre 12,6 e 14,0. A estes valores de pH e em presença de uma certa quantidade de oxigênio, o aço das armaduras encontra-se passivado, isto é, recoberto de uma capa de óxidos transparentes, compacta e contínua que o mantém protegido por períodos indefinidos, mesmo em presença de umidade elevada no concreto.

Nesse momento, a função do cobrimento de concreto é primordial. Para tanto, a espessura correta do cobrimento deve possibilitar uma proteção adequada às armaduras do ataque de agentes agressivos externos, enquanto que, a característica qualidade desse mesmo cobrimento, garantido por um concreto de boa compacidade e homogêneo, deve atuar na manutenção e proteção da película protetora das armaduras [8]. Logo, pode-se afirmar que enquanto a armadura estiver protegida fisicamente (cobrimento de concreto) e quimicamente (alcalinidade da fase líquida) não haverá corrosão, posto que a película impede o acesso de umidade, oxigênio e agentes agressivos à superfície do aço, dificultando a dissolução do ferro [10].

Diversos são os fatores que causam o início do processo de corrosão. Pode-se destacar a permeabilidade do concreto à água e gases, o nível de carbonatação em que o concreto foi atingido, umidade relativa do ar e a presença de agentes agressivos tanto na atmosfera quanto no concreto [8].

Entretanto, para que seja iniciada a corrosão é indispensável a presença de oxigênio (ar), umidade (a água forma uma película de eletrólito sobre a superfície do aço) e o aumento da heterogeneidade da estrutura (diferença de potencial gerada pela alteração da umidade, tensões no concreto ou no aço; variação na espessura do cobrimento; falhas construtivas como ninhos de concretagem) [7][8].

2.2.3 Lascamento do concreto

O lascamento é o termo conhecido como destacamento de placas de concreto ocasionado pelas tensões de expansão dos produtos de corrosão (três a dez vezes o volume original da armadura) na direção radial das barras. Geralmente estas expansões provocam um quadro de fissuramento do concreto na direção paralela à barra corroída e, consequentemente, ocasiona a perda de aderência entre o aço e o concreto, deixando as armaduras expostas [7] [10].

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

Este trabalho procura apresentar as principais manifestações patológicas com ênfase em erros de execução encontradas em estruturas de concreto armado de algumas edificações situadas no município de Belém. Adotaram-se exemplos de estruturas que foram vistoriadas por empresas e profissionais com expertise no assunto, atuantes no Estado do Pará. Ressalta-se que essas vistorias, por ter cunho de serviços de recuperação das estruturas e, não de perícias por motivos diversos, nem sempre foram levantados aspectos sobre todos os processos de execução das estruturas, análises de cargas nos elementos portantes, e tampouco, questionários e entrevistas com os responsáveis técnicos, usuários e transeuntes das edificações. Portanto, este documento trata somente da constatação, registro de patologias e comentários de possíveis causas. As etapas principais da metodologia adotada para o alcance dos diagnósticos foram a inspeção nas edificações seguida de levantamento bibliográfico.

3.1 Inspeção preliminar

A partir da realização de visitas in loco registraram-se fotos que pudessem demonstrar, de forma clara, as anomalias encontradas nas estruturas. Nestas visitas, anotaram-se os aspectos que pudessem servir de parâmetros para o momento do diagnóstico das patologias, principalmente, no que tange aos aspectos físicos (espessuras de cobrimento e revestimentos, dimensões das peças, espessura e trajetórias de fissuras e trincas, etc) e ambientais (áreas molhadas, insolação, umidade, ventilação, contaminação química e biológica).

3.2 Levantamento bibliográfico

Para dar suporte no diagnóstico das patologias visualizadas, utilizou-se de documentos que retratam os fenômenos patológicos em estrutura de concreto armado, inclusive internacionais, com destaque para estudos desenvolvidos na Região Metropolitana de Belém, relacionando o tipo de manifestação com as prováveis causas.

4. APRESENTAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Esse tópico propõe relatar alguns casos de patologias em estruturas de concreto armado que provavelmente venham a ter como origem a deficiência no processo de execução. Os casos foram dispostos neste trabalho em função do mecanismo patológico observado. De forma resumida, a Tabela 3 apresenta as manifestações patológicas registradas e suas respectivas causas.

Tabela 3 – Patologias com causas prováveis em erros de execução

Patologia	Causas
Lixiviação do concreto (Figura 1)	Falhas na impermeabilização
Ninhos de concretagem (Figura 2)	Falhas na concretagem
Corrosão de Armaduras (base de pilar) (Figura 3)	Alta densidade de armadura
Corrosão de Armaduras (vigas) (Figura 4)	Juntas de dilatação com infiltrações
Corrosão de Armaduras (lajes) (Figura 5)	Cobrimento insuficiente
Lascamento do concreto (Figura 6, 7 e 8)	Corrosão das armaduras

4.1 Lixiviação do concreto

A Figura 1, a seguir, demonstra um trecho de laje de um prédio residencial com a presença do fenômeno da lixiviação do concreto (estalactites). Deve-se relatar que na área superior desta laje foi construída uma floreira, a qual, por natureza, recebe grandes quantidades de água para a manutenção das flores e plantas do jardim, além das aguas pluviais da região. Evidentemente que a impermeabilização apresentava falhas. Neste caso, por intermédio de averiguações, observou-se que as proteções necessárias às infiltrações de água na superfície da laje de concreto foram executadas em alguns trechos somente. Além disso, os dutos de drenagem encontravam-se obstruídos. Essas falhas aliadas a alta permeabilidade do concreto foram preponderantes para o início da patologia registrada.

4.2 Ninhos de concretagem

Na Figura 2 é possível visualizar claramente ninhos de concretagem nas laterais e no topo do pilar. A análise apontou falta de planejamento e controle nas etapas de montagem das fôrmas e concretagem, não sendo executadas as devidas

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

aberturas para lançamento e adensamento adequado do concreto. Ademais, o descimbramento mal executado também afetou a parte intermediária do pilar ocasionando perda de cobrimento das armaduras.

Além das falhas de execução assinaladas, dois outros fatos não vinculados à patologia chamaram a atenção nesta situação. A primeira, sendo de responsabilidade do proprietário, está relacionada ao nível de abandono da obra, podendo ser visto pela alta concentração de limo na estrutura como um todo. O outro se destaca pela exposição da falta de habilidade técnica na reparação do ocorrido, tentando-se fechar os vazios no cume do pilar de concreto com blocos cerâmicos de vedação. Estes dois testemunhos podem, à curto prazo, levar à propagação de novas manifestações patológicas, tais como a lixiviação do concreto, por exemplo.



Figura 1: Lixiviação em laje de concreto armado



Figura 2: Ninhos de concretagem no encontro do pilar com a viga

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

4.3 Corrosão de armaduras (base de pilar)

Em se tratando de base de pilar os cuidados devem ser aumentados em razão dos problemas geralmente encontrados e divulgados por diversos autores. São eles: elevada densidade de armadura por conta da ancoragem o que dificulta o processo de adensamento do concreto; lançamento de elevadas alturas provocando a segregação, gerando zonas de agregados sem o devido envolvimento pela argamassa; a concentração de umidade é mais elevada próximo ao piso.

A Figura 3 mostra a base de um pilar com alta densidade de armadura em processo de corrosão. Visualiza-se que a presença de elevada densidade de armaduras na base do pilar acarretou uma espessura de cobrimento insuficiente. Em alguns pontos, o envolvimento das armaduras pelo concreto era ínfimo. Além disso, os estribos encontravam-se rompidos e as armaduras com seção expandidas por conta de corrosão generalizada. Durante a investigação no pilar de concreto não foram encontradas pastilhas ou espaçadores que garantiriam o cobrimento mínimo estipulado em projeto.



Figura 3: Alta densidade de armadura como causa da corrosão das armaduras em base de pilar

4.4 Corrosão de armaduras (vigas)

A base das vigas visualizadas na Figura 4 apresenta processo de corrosão avançado. Entre as principais causas que provocaram o evento destacam-se as infiltrações pela junta de dilatação do concreto provocando umidade elevada nas vigas. Essas infiltrações levam aos ciclos de molhagem e secagem alternados colaborando para o fenômeno de lixiviação e carbonatação culminando na corrosão precoce nas peças.

Aliado à este episódio, percebe-se a alta concentração de armaduras na base das vigas, inclusive sem a presença de distanciadores, dificultando o cobrimento adequado às mesmas. Além disso, o cobrimento na base das vigas apresentadas pode ser considerado de menor qualidade (falta de argamassa) em virtude de que as peças delgadas, com alta densidade de armaduras, tendem a apresentar superfícies com vazios em razão do não envolvimento completo pelos concretos. Esses fatos levaram à propagação da corrosão das armaduras em toda a extensão das vigas.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 4: Infiltração pela junta de dilatação como causa da corrosão das armaduras

4.5 Corrosão de armaduras (lajes)

A laje demonstrada na Figura 5 apresenta processo de corrosão generalizada. Detectou-se que a laje foi executada sem o mínimo de cobrimento para proteção da armadura. Somado a isto, as armaduras coincidiram com as juntas das fôrmas; provocando corrosão generalizada e expansão da seção das armaduras. Outra falha provável que pode ser descrita é a insuficiência de estanqueidade das fôrmas por conta da fuga de nata de cimento pela abertura nas juntas.



Figura 5: Laje executada sem o mínimo de cobrimento provocando corrosão generalizada

4.6 Lascamento do concreto

Pode-se visualizar nas Figuras 6, 7 e 8 o processo de lascamento do concreto em lajes e vigas. As três imagens representam estruturas que se encontram em garagem veicular de prédio residencial. É sabido que estes locais são úmidos, com baixa ventilação e com a presença de monóxido de carbono em maior volume oriundos do escapamento dos veículos. A união desses fatores e a estrutura de concreto armado apresentando problemas de espessura do concreto de cobrimento foram preponderantes para o desencadeamento da corrosão das armaduras.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 6: Lascamento do concreto devido à expansão dos produtos de corrosão nas armaduras da laje



Figura 7: Lascamento do concreto devido à expansão dos produtos de corrosão nas armaduras da laje e viga

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 8: Lascamento do concreto devido à expansão dos produtos de corrosão nas armaduras da laje e viga

5. CONCLUSÕES

Em relação aos relatos de casos reais abordados, tem-se a ideia que devem ser tomadas medidas preventivas referentes às manifestações patológicas quando da execução das estruturas de concreto armado em geral. Baseando-se nos dados das Tabelas 1 e 2, conclui-se que o processo construtivo é falho, e que, ele deve ser totalmente controlado visando à qualidade final do produto para que o mesmo tenha um desempenho satisfatório, ou seja, que venha a resistir as condições de exposição para o qual foi concebido. Na verdade, existe todo um processo executivo errado, o que aponta para falhas no controle de qualidade do mesmo, quando existe.

Considerando as fissuras, a carbonatação, a corrosão das armaduras, como fatores que influenciam diretamente na durabilidade das estruturas, não há dúvidas, que se não forem obedecidos detalhes como a relação a/c, cura do concreto, espessura e qualidade de cobrimento da armadura, necessariamente, em pouco tempo, essa mesma estrutura precisará ser recuperada.

Todos os processos de deterioração das estruturas podem ser de origem física, química ou biológica, sendo estes, decorrentes na maioria das vezes do ambiente em que estão inseridos. Porém, é legítimo que, em todos os casos avaliados, as manifestações estão ligadas aos erros ocasionados durante a execução das peças de concreto armado. Para a ocorrência das patologias visualizadas, deve-se atentar para a contribuição elevada do treinamento insuficiente da mão-de-obra de operários e mestres de obra, inclusive a falta de domínio por parte do corpo técnico. Estes fatores levam à falhas de planejamento e controle na preparação das armaduras, fôrmas e concretagem; carência na dosagem experimental provocando ineficiência no controle dos parâmetros envolvidos produzindo concretos com alto grau de permeabilidade; impermeabilização inadequada das estruturas.

Entende-se que, na impossibilidade de eliminar totalmente as causas das doenças, pode-se reduzir consideravelmente esses fatores, aumentando a durabilidade das estruturas para que elas venham suportar o processo de deterioração e que tenha um período de vida útil mínimo para o qual foi projetada.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às empresas Paulo Brígido Engenharia e Paulo Barroso Engenharia pela disponibilidade de acesso ao material técnico que fundamentou a produção deste estudo.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

7. REFERÊNCIAS

[1] JOHNSON, R.x., "Structural Concrete", London, Ed. McGraw-Hill, 1968.
[2] MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: PINI, 1994.
[3] SOUZA, Vicente C.; RIPPER, Thomaz. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: PINI, 1998.
[4] HELENE, Paulo R. L. Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto. 2ª ed. São Paulo: PINI, 1992.
[5] REVISTA IBRACON. Estruturas de concreto na Amazônia. São Paulo: Ed. Abril, n. 12 p. 19-27 , Abril 1996.
[6] PACHA, José R. S. Avaliação experimental comparativa da corrosão de armaduras em concretos estruturais. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Fluminense, Centro Tecnológico, Curso de Mestrado em Engenharia Civil. Niterói, 1997.
[7] CÁNOVAS, Manuel F. Patologia e terapia do concreto armado; tradução de M. Celeste Marcondes, Beatriz Cannabrava. São Paulo: PINI, 1988.
[8] HELENE, Paulo R. L. Corrosão em armaduras para concreto armado. São Paulo: PINI: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1986.
[9] ANDRADE, Maria del C. P. Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão das armaduras; tradução e adaptação Antonio Carmona e Paulo Helene. São Paulo: PINI, 1992.
[10] CASCUDO, Oswaldo. O controle da corrosão de armaduras em concreto: inspeção e técnicas eletroquímicas. 1ª ed. Goiânia: Editora UFG, 1997. 237p.