

Análise estrutural e patológica das torres de iluminação das praias de santos

Fernanda P. H. R. Santos; Jonas Luiz da Silva; Marcelo R. de Paula Dias; Salvador R. de Medeiros; Silvio José V. Vicente e Orlando Carlos B. Damin

*Unisanta – Universidade Santa Cecília – Departamento de Pós-Graduação
Programa de Mestrado em Engenharia Mecânica
Rua Oswaldo Cruz- Santos-SP, Brasil
E-mail: damin@unisanta.br; laq@unisanta.br
Received january, 2014 revised june 2014*

Resumo: A agressão ao concreto armado, por carbonatação e íons de cloretos, em regiões litorâneas pode provocar a corrosão das armaduras. Este fenômeno exige uma atenção especial, pois em ambientes marinhos, a atmosfera salinizada encontra-se impregnada, principalmente, por íons cloreto. Estes íons são adsorvidos pelos poros da estrutura e, posteriormente, difundem-se pelo concreto em direção à armadura. A taxa de corrosão das armaduras é acelerada em caso de concreto carbonatado e sujeito à salinidade da atmosfera. O concreto carbonatado reduz o teor crítico de cloreto necessário para que a corrosão ocorra e, quando a armadura é atingida, o poste deverá ser recuperado ou substituído. O fator predominante para que haja carbonatação é a presença de gás carbônico (CO₂) no ar, já para a mobilidade iônica do cloreto em estruturas à beira-mar, são elas: distância da estrutura em relação à orla marítima, velocidade e direção dos ventos, umidade relativa do ar, relação água/cimento utilizada na preparação do concreto, composição do agregado, percentual de aluminato tricálcico presente na pasta de cimento e temperatura. O objetivo do trabalho foi à avaliação crítica da profundidade de carbonatação e do teor de cloretos, no concreto armado dos postes (torres) da orla marítima do município de Santos. Foram coletadas amostras para determinação da profundidade de carbonatação e do teor de cloretos, em laboratório. Por fim, os resultados encontrados foram comparados com os níveis de deterioração estabelecido pelo boletim 162 do CEB – *Comite Euro Internacional Du Beton* (1983), e aos prescritos e aceitáveis na NBR 6118 (2007), verificando se os postes precisam de intervenções imediatas. Foi observada leve carbonatação que variou inversamente com a profundidade da amostra, não variando em função da posição do furo. Os teores de cloretos mostraram-se independentes da posição e profundidade da amostra, tendo origem provável na fabricação das torres, obtendo-se resultados inferiores ao máximo admitido por diversos autores (0,4 % da massa cimento).

Palavras chave: carbonatação; cloreto; corrosão; patologia do concreto.

Structural analysis of pathological and light towers from the beaches of Santos city

Abstract: The assault on the concrete for carbonation and chloride ions in coastal areas can cause corrosion of the reinforcement, this phenomenon requires special attention because in marine environments, the atmosphere is impregnated saline mainly by chloride ions. These ions are absorbed by the pores of the structure and subsequently diffuse toward the concrete reinforcement. The corrosion rate of the reinforcement is accelerated in the case of carbonated concrete and subjected to salt atmosphere. The carbonated concrete reduces the critical level of chloride required for corrosion to occur, and when the armor is hit, the pole must be recovered or replaced. The predominant factor for carbonation that there is the presence of carbon dioxide (CO₂) in the air, since the mobility of the chloride ion structures in the sea, they

are: distance from the structure in relation to the seafront, speed and direction of winds, relative humidity, water / cement ratio used in the preparation of concrete, household composition, percentage of tricalcium aluminate present in the cement paste and temperature. The objective was to evaluate the critical depth of carbonatation and chloride content in the concrete pylons (towers) of waterfront in the city of Santos. Samples were collected for determination of the depth of carbonatation and chloride content in the laboratory. Finally, the results were compared with the levels established by the deterioration of the CEB Bulletin 162 - Comité Euro International du Béton (1983), and the prescribed and acceptable in NBR 6118 (2007), verifying that the posts need immediate interventions. It was observed that carbonatation light varied inversely with the depth of the sample did not vary as a function of the position of the hole. The concentration of chlorine was independent of the position and depth of the sample taking likely source of the towers in manufacturing, obtaining results below the maximum permitted by several authors (0.4% by weight of cement).

Keywords: carbonatation, chloride, corrosion, condition of the concrete.

1. Introdução

A agressão a estruturas de concreto armado por carbonatação e por íons cloreto é um fenômeno relativamente comum, podendo provocar a corrosão das armaduras e até o colapso da estrutura. Este tipo de patologia exige atenção especial em locais próximos ao mar onde, além do CO₂ atmosférico, a presença do cloreto de sódio é intensa. Segundo Aguina (2011), nos anos 80, a orla e a faixa de areia foram as primeiras no mundo a receberem iluminação em toda extensão. Foi verificado um total de 68 postes (torres), do tipo duplo tê (DT), com altura de 25m, carga nominal variando de 800 a 1200daN (decaNewton) e peso aproximado de 7 toneladas, sustentado por base de concreto armado com dimensões de 3,0 x 3,0 x 3,0m.

Este estudo visou avaliar a situação das torres de iluminação da orla marítima do município de Santos, verificando a existência e a eventual gravidade destes tipos de patologias nestas estruturas.

2. Objetivos

- Identificar a ocorrência de carbonatação através de métodos qualitativo e quantitativo;
- Avaliar o teor de cloretos totais pelo método de Mohr;
- Comunicar à Secretaria de Serviços Públicos da Prefeitura de Santos sobre as conclusões do estudo, principalmente no caso da existência de alguma condição crítica que viesse a demandar intervenção imediata.

3. Materiais e Métodos

A utilização da técnica de determinação de amostras pelo esforço amostral, indicou a quantidade de torres há ser vistoriadas;

A escolha das torres foi determinada através do método da amostragem aleatória simples, por meio de números randômicos, sendo avaliadas 10 torres de um total de 68;

Para coleta das amostras foi executada a perfuração do concreto utilizando furadeira elétrica com broca de 12 mm de diâmetro, com indicadores de profundidade (5, 15 e 25 mm), sendo o material acondicionado em frascos plásticos com tampa de pressão. Da população de 10 (dez) torres, foram feitos dois furos, sendo um de frente para o mar (f) e outro de frente para a avenida (c), a uma altura aproximada de 1,30m, gerando 60 amostras;

Para o ensaio qualitativo de carbonatação foi pesado 0,080 ± 0,001 g de cada amostra, adicionados 25 mL de água destilada, homogeneizado e filtrado em papel filtro, adicionadas duas gotas de solução de fenolftaleína, obtendo-se coloração rosa para amostras não carbonatadas e incolor para as carbonatadas;

O ensaio quantitativo de carbonatação utilizou-se da mesma preparação do ensaio qualitativo, sendo medido o pH da solução obtida que pode ser correlacionado à carbonatação;

No ensaio para cloretos foi utilizado o método de Mohr que consiste na pesagem da amostra, adição de 5 mL de HNO₃ (ácido nítrico) 1:10 (v/v) e 30 mL de água destilada, agitação, filtração, neutralização com CaCO₃ (carbonato de cálcio), adição de K₂CrO₄ (cromato de potássio) e titulação com AgNO₃ (nitrato de prata) 0,01 molar até a obtenção de coloração avermelhada;

Foi utilizado o teste t de *Student* (nível de significância de p = 0,05) como método estatístico, através do programa Excel® da Microsoft®.

4. Resultados

- Determinação do número de postes (amostra) em relação à quantidade de novas manifestações patológicas,

figura 1. Não havendo necessidade de ampliação da amostra (quantidade de torres de iluminação);
 b) Não foi detectada a presença de carbonatação em nenhuma amostra pelo ensaio qualitativo;
 c) Foi comprovada a existência de leve carbonatação pelo ensaio quantitativo, figura 2 e quadro 1, a qual variou em função da profundidade, mas não variou em

função da posição do furo, verificando-se que amostras com profundidades distintas apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,001$);
 d) O teor de cloretos oscilou entre 0,03 e 0,32 %, independentemente da posição ou profundidade das amostras, figura 3 e quadro 2, não havendo diferença estatisticamente significativa entre os pontos coletados ($p > 0,05$).

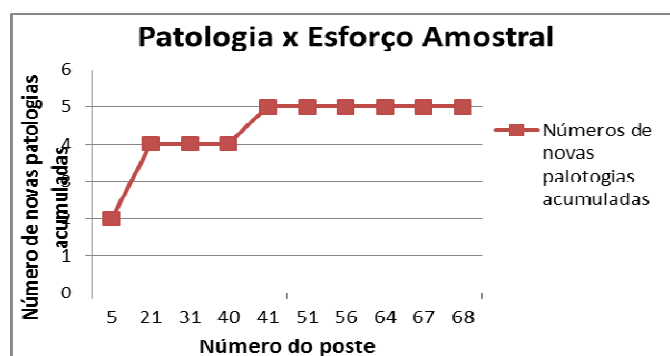


Figura 1: Quantificação da amostra de postes pela determinação do esforço amostral, a partir do poste 41 a

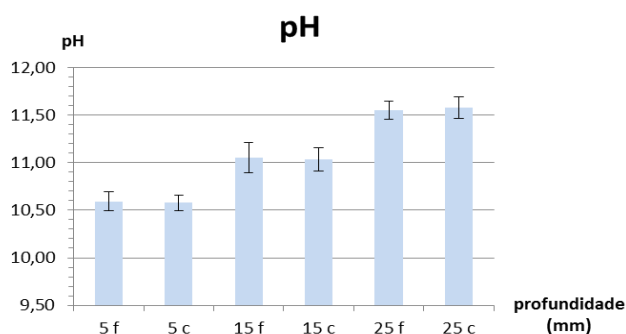


Figura 2. Medições de pH e respectivos desvios-padrão (n=9). (5f = frente do poste para o mar a 5 mm; 5c = costa do poste para o mar a 5 mm; 15f = frente do poste para o mar a 15mm; 15c = costa do poste para o mar a 15 mm; 25f = frente do poste para o mar a 25 mm; 25c = costa do poste para o mar a 25 mm)

Amostra	Média ± dp
5 f ^a	10,59 ± 0,10
5 c ^a	10,58 ± 0,08
15 f ^b	11,05 ± 0,16
15 c ^b	11,04 ± 0,12
25 f ^c	11,55 ± 0,10
25 c ^c	11,58 ± 0,11

Quadro 1: Resultados do teste *t* (carbonatação).

Diferentes letras sobrescritas indicam diferenças estatisticamente significativas ($p = 0,05$).

(5f = frente do poste para o mar a 5 mm; 5c = costa do poste para o mar a 5 mm; 15f = frente do poste para o mar a 15 mm; 15c = costa do poste para o mar a 15 mm; 25f = frente do poste para o mar a 25 mm; 25c = costa do poste para o mar a 25 mm)

Letras sobrescritas iguais indicam que não houve diferença estatisticamente significativa ($p = 0,05$).

(5f = frente do poste para o mar a 5 mm; 5c = costa do poste para o mar a 5 mm; 15f = frente do poste para o mar a 15 mm; 15c = costa do poste para o mar a 15 mm; 25f = frente do poste para o mar a 25 mm; 25c = costa do poste para o mar a 25 mm).

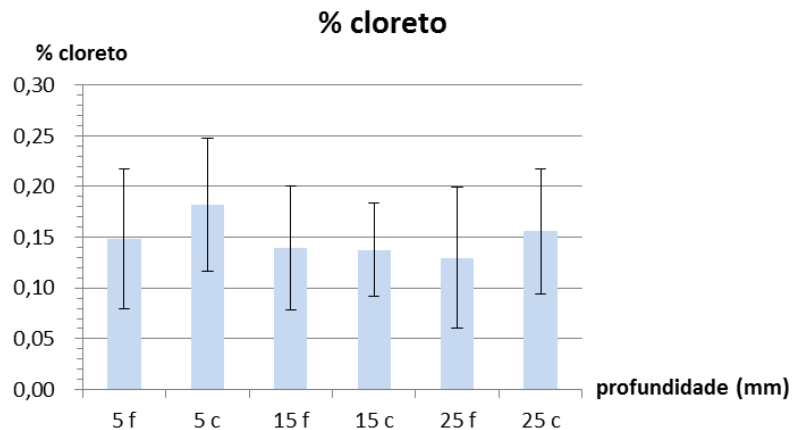


Figura 1. Medições do teor de cloretos e respectivos desvios-padrão ($n=9$). (5f = frente do poste para o mar a 5 mm; 5c = costa do poste para o mar a 5 mm; 15f = frente do poste para o mar a 15 mm; 15c = costa do poste para o mar a 15 mm; 25f = frente do poste para o mar a 25 mm; 25c = costa do poste para o mar a 25 mm)

Profundidade (mm)	Média $\pm$ dp
5 f ^a	0,15 $\pm$ 0,07
5 c ^a	0,18 $\pm$ 0,07
15 f ^a	0,14 $\pm$ 0,06
15 c ^a	0,14 $\pm$ 0,05
25 f ^a	0,13 $\pm$ 0,07
25 c ^a	0,16 $\pm$ 0,06

Quadro 2: Médias do test t (cloreto) e respectivos desvios padrão ($n=9$).

5. Conclusão

Foi observada leve carbonatação que variou inversamente com a profundidade da amostra, mas não variou em função da posição do furo. Os teores de cloretos mostraram-se independentes da posição e profundidade da amostra, tendo origem provável na fabricação das torres, obtendo-se resultados inferiores ao máximo admitido por diversos autores (0,4 % da massa cimento). Concluiu-se que as torres avaliadas encontram-se dentro da normalidade, requerendo apenas manutenção periódica de rotina.

6. Referências Bibliográficas

AGUINA, P. Engenheiro Eletricista, Secretaria Municipal de Serviços Públicos, Departamento Serviços Públicos. Prefeitura Municipal de Santos. **Entrevista via e-mail**. Nov. 2011.

(ABNT). Associação Brasileira de Normas Técnicas **NBR 6118**. Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2007.

BATISTA, J. R. A. Engenheiro Civil e de Segurança do Trabalho, Professor da Universidade Santa Cecília. **Ficha de Vistoria (SD)**. Set.2011.

CASCUDO, O. **O controle da corrosão de armaduras em concreto**: Inspeção e técnicas eletroquímicas. São Paulo: Pini, 1997, 237p.

(CEB). Comité Euro-International du Béton **Boletim Informativo 162**. Assessment of concrete structures and design procedure for upgrading (redesign). Paris, 1983.

CRAUSS, C. **Penetração de Cloretos em concreto com diferentes tipos de cimento submetidos a tratamento superficial**. 2010. 100p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

DAMIN, O. C. B., MORAES Jr, D. , A. R SANTOS., **Application of Parametric Statistics in the evaluation of the construction and demolition waste (CDW) in Santos city, Brazil**, UNISANTA – Science and Technology, ISSN: 2317-1316, Vol 1, No 1, p.p. 39-42, 2012.

DAMIN, O. C. B. Engenheiro Civil, Professor da Universidade Santa Cecília. **Notas de aula de da disciplina de Patologia**. Out.2011.

DAMIN, O. C. B., MORAES Jr, D. , A. R SANTOS., **Sequestration of carbon dioxide (CO2) for construction and demolition waste**, UNISANTA – Science and Technology, ISSN: 2317-1316, Vol 2, No 2, p.p. 50-55, 2013.

JORNAL ELETRÔNICO NOVO MILÊNIO, Ago.2010. Disponível em: <<http://www.novomilenio.inf.br/santos/h0432.html>>. Acesso em 26 set. 2011.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 2. Ed. São Paulo: Pini, 1997. 828p.

TORRES, A. S. **Corrosão por cloretos em estruturas de concreto armado: Uma meta-análise**. 2011. 186p. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/29405/000777122.pdf?sequence=1>>. Acesso em 21 Nov. 2011.

VOGEL, A. I., tradução: Afonso, J. C; Aguiar, P. F; Alencatro, R. B. **Análise química quantitativa**. Rio de Janeiro: LTC, 2002, 462p.