

## **Intensidade de ataque de cloretos: considerações sobre a distância do concreto em relação à água do mar**

### **Intensity of chloride attack: consideration on the distance of the concrete in relation to the water of the sea**

**André. T. C. Guimarães<sup>1</sup>, Roger Castagno Jr<sup>1</sup> & Paulo R. L. Helene<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Departamento de Materiais e Construção – FURG, Rio Grande, RS – atcg@mikrus.com.br*

<sup>2</sup>*Departamento de Construção Civil PCC/USP, São Paulo, SP – helene@pcc.usp.br*

**RESUMO:** Algumas pesquisas utilizando corpos de prova têm demonstrado que a zona de névoa apresenta uma intensidade de ataque que varia com a distância da água do mar, sendo que esse fator normalmente não é considerado nos modelos de vida útil ou em normas vigentes. Esse trabalho tem por objetivo verificar a influência da distância da água do mar na intensidade de ataque de cloretos em estruturas de concreto armado em serviço. Conclui-se que obras mais distantes da água do mar podem sofrer um ataque inferior. Assim, os modelos para estruturas localizadas nesse ambiente devem ser revisados.

**ABSTRACT:** Some research using test specimens have demonstrated that the mist zone presents an attack intensity that varies with in the distance of the water of the sea, being that this factor is normally not considered in the models of service life or standards. This work has for objective to verify the influence of the distance of the water of the sea in the intensity of chloride attack in concrete structures in use. It is concluded that more distant structures of the water of the sea can have an inferior attack. Thus, models for structures located in these environmental can be reviewed.

#### **1. INTRODUÇÃO**

Os modelos de vida útil de estrutura de concreto em ambiente marítimo, normalmente consideram apenas os micros ambientes zona submersa, zona de maré, zona de respingo e zona de névoa.

Algumas pesquisas têm demonstrado que a zona de névoa apresenta uma intensidade de ataque que varia com a distância da água do mar, sendo que esse fator normalmente não é considerado nos modelos de vida útil ou em normas vigentes (NBR 6118- 2003 - Projeto de estruturas de concreto, EHE-99 - Instrucción de hormigon estructural, BS 8110-97 - Structural use of concrete – Part 1.Code of practice for design and construction, ACI Committee 318/318R-96 - Code interpretation of building code requirements for reinforced concrete).

CASTRO et al. [2] realizaram ensaios em corpos de prova de 7,5 cm de diâmetro e 15 cm de comprimento, expostos em zonas de névoa a 50 m, 100 m e 780 m, por 24 meses, observando uma

grande diminuição da intensidade de penetração de cloretos de 50 m para 780 m.

COSTA [3] realizou ensaios com corpos de prova de argamassa de 50 mm de diâmetro e 100 mm de comprimento, expostos de 72 m a 4705 m em relação a água do mar, por cinco meses, observando que a intensidade de penetração de cloretos diminuiu muito de 72 m até 532 m. Salienta-se que esses corpos de prova estavam expostos sob uma cobertura, diminuindo drasticamente o efeito de secagem e molhagem.

Portanto, as pesquisas de CASTRO et al. [2] e COSTA [3] relacionando a intensidade de ataque à distância horizontal da água do mar foram realizadas em corpos de prova pequenos e com um tempo de duração curto em relação à vida útil de uma estrutura de concreto.

O objetivo dessa pesquisa é observar em estruturas de concreto existentes se o efeito de secagem e molhagem tem capacidade de aumentar a intensidade de ataque por cloretos em uma estrutura com mais de 20 anos de uso e com distância da água do mar superior a 1000 m.

## 2. OBRAS PESQUISADAS

Foram utilizadas duas obras com idade superior a 20 anos de uso para verificar a influência da distância da água do mar sobre a intensidade de ataque de íons cloreto sobre o concreto.

Os elementos estruturais das duas obras localizam-se em zona de névoa marinha na cidade do Rio Grande – RS (Fig. 01/02).

### 2.1. Primeiro estudo de caso

#### 2.1.1. Meio ambiente

O elemento estrutural utilizado nesta pesquisa é a viga de um trecho do paramento do cais do Terminal de Containers-TECON, que se situa em zona de névoa. O cais está localizado em porto marítimo da cidade do Rio Grande – Brasil (Fig. 2).

A distância no sentido horizontal da água do canal do Rio Grande é nula, sendo sua altura em relação a média das marés máximas para medições de 1965 a 1975 é de 2,02 m [4]. A média anual da salinidade da água do canal do Rio Grande próximo ao cais do TECON é de 9,71 ‰, sendo o da água do mar de 34 ‰ [1].

#### 2.1.2. Características do concreto

Foram extraídos testemunhos, conforme ASTM C 42-94 - Standard test method for obtaining and testing drilled cores and sawed beams of concrete, e realizados ensaios de caracterização, além dos dados obtidos em relatórios de execução da obra. Obteve-se o perfil do teor de cloretos com material extraído com furadeira a cada 5 mm de profundidade (20 furos em cada um dos seis pontos dos 50 m de um trecho do cais que tem um total de 300 m).

O concreto da estrutura foi executado com agregado graúdo de origem granítica britada com diâmetro máximo ( $D_{\max}$ ) de 38 mm e a areia é quartzosa. O aglomerante utilizado é pozolânico com 34% de cinza volante com um consumo de 403 kg/m<sup>3</sup>. A relação a/c é de 0,44 obtendo-se um  $f_{ck}$  de 23,4 MPa, conforme NBR 7680-83 - Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto. Com 22 anos de uso (idade da extração) apresentou massa específica de 2275 kg/m<sup>3</sup> e absorção por imersão e após fervura

de 5,28 % conforme ASTM C 642-90 - Standard test method for specific gravity, absorption, and voids in hardened concrete.

O perfil de penetração de cloretos livres (ASTM C 1218-90 - Standard test method for water-soluble chloride in mortar and concrete) é mostrado na Fig. 03, sendo que a concentração de 0,07% de cloretos em relação à massa de concreto equivale a concentração de 0,4 % de cloretos em relação a massa de cimento.

### 2.2. Segundo estudo de caso

#### 2.2.1. Meio ambiente

A torre de telecomunicações possui 62 metros de altura de forma cilíndrica, com acesso ao topo por escada interna.(Fig. 04). Foram pesquisados quatro pontos a 40 metros de altura situados ao norte, sul, leste e oeste da torre.

A menor distância no sentido horizontal, a leste da torre de telecomunicações, até o canal do Rio Grande é de 2200 m (Fig. 02). A média anual da salinidade da água do canal do Rio Grande próximo a esse ponto é de 7,16 ‰, sendo o da água do mar de 34 ‰ [1].

A menor distância no sentido horizontal, ao norte da torre de telecomunicações, até o canal do Rio Grande é de 450 m (Fig. 02). A média anual da salinidade da água da Lagoa dos Patos próximo a esse ponto é de 7,17 ‰ [1].

#### 2.2.2. Características do concreto

Foram extraídos testemunhos, conforme ASTM C 42-94, e realizados ensaios de caracterização, além dos dados obtidos em relatórios de execução da obra.

O concreto da estrutura foi executado com sistema de fôrmas deslizantes utilizando cimento Portland comum. A resistência a compressão de projeto é de 15 MPa e a estimada com a extração de testemunhos é de 25,4 MPa aos 30 anos (idade da extração) e 21,2 MPa aos 28 dias (conforme NBR 7680-83). Com 30 anos de uso apresentou massa específica de 2345 kg/m<sup>3</sup> e absorção por imersão após fervura de 3,45% conforme ASTM C 642-90.

Obteve-se o perfil do teor de cloretos com material extraído com furadeira a cada 5 mm de profundidade (25 furos em cada um dos quatro pontos pesquisados). Nos quatro pontos

pesquisados os perfis foram obtidos por medições de teor de cloretos solúveis em água (ASTM C 1218-90), já que esse é que provoca a despassivação do aço. Esses ensaios foram realizados no Laboratório de Química dos Materiais do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. – IPT.

Esses perfis são mostrados nas Fig. 05 / 06 / 07 / 08.

### 3. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

No concreto do cais do TECON, a frente de ataque por cloreto livre de 0,07% em relação a massa de concreto, que equivale a 0,4% em relação a massa de cimento, encontra-se a aproximadamente 26 mm. O teor de cloretos livres na superfície deste elemento estrutural é de 0,54 % em relação a massa de concreto, o que equivale, para o traço utilizado nessa obra a 3,09% em relação a massa de cimento.

Como não foi possível resgatar o traço utilizado na torre, supõe-se que a despassivação do aço ocorra entre 0,05% e 0,1 % de cloretos livres em relação à massa de concreto. Dessa forma conclui-se que o concreto da torre de telecomunicações não apresenta frente de ataque, pois todos os teores são inferiores a 0,05% em relação a massa de concreto. O maior teor de cloretos livres em relação a massa de concreto da superfície da torre foi de 0,02% obtido no lado oeste.

O valor de contaminação de cloretos na superfície do cais mostra uma alta contaminação, enquanto que na superfície do concreto da torre é praticamente desprezível.

### 4. CONCLUSÕES

Como a estrutura da torre está com maior idade de serviço e mesmo assim apresenta uma contaminação muito menor, nota-se que a distância em relação a água do mar e a altura do ponto pesquisado apresentam uma grande influência na intensidade de ataque por cloretos. O efeito da secagem e molhagem, para distância horizontal da água do mar e a altura como a da torre de telecomunicações, não são capazes de fixar altos

teores de cloretos na superfície do concreto, mesmo para um tempo de exposição de 30 anos.

Portanto, mesmo se tratando de duas obras em ambiente marítimo, a intensidade do ataque é muito diferente entre os micros ambientes estudados. Sendo assim, obras mais distantes da água do mar podem sofrer um ataque bem inferior, devendo-se rever os modelos de vida útil para estruturas localizadas nesses micros ambientes.

Outras estruturas expostas a ambientes com secagem e molhagem, com valores intermediários da distância da água do mar, deverão ser pesquisadas com o objetivo de verificar a influência desses fatores na intensidade de ataque.

### AGRADECIMENTOS

À FAPESP pelo auxílio à pesquisa, o qual viabilizou a realização desse trabalho.

### REFERÊNCIAS

1. BAUMGARTEN, M. G. Z. *Avaliação de Balanus improvisus como indicador dos níveis metálicos do estuário da Lagoa dos Patos (RS-Brasil)*. Rio Grande, 1987. Tese (Mestrado), Fundação Universidade do Rio Grande, Oceanografia Biológica.
2. CASTRO, P.; DE RINCÓN, O. T.; PAZINI, E. Chloride penetration profiles in Marini environments. In: II International Conference on High-Performance Concrete, and Performance and Quality of Concrete Structures, Gramado, ACI SP-186, p. 371-389, 1999.
3. COSTA, E. A. L. *Determinação do potencial de agressão dos sais marinhos sobre as argamassas de revestimento na região metropolitana de Salvador*. Porto Alegre, 2001. Tese (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Engenharia Civil.
4. GUIMARÃES, A. T. C. *Vida útil de estruturas de concreto armado em ambientes marítimos*. São Paulo, 2000. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, Engenharia Civil.

## FIGURAS



Figura 01 – Localização da cidade do Rio Grande

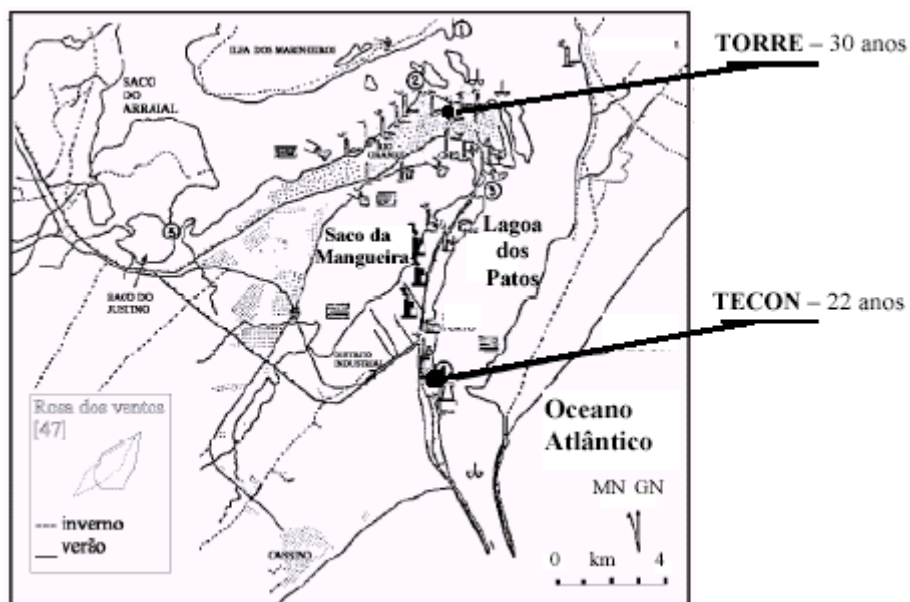
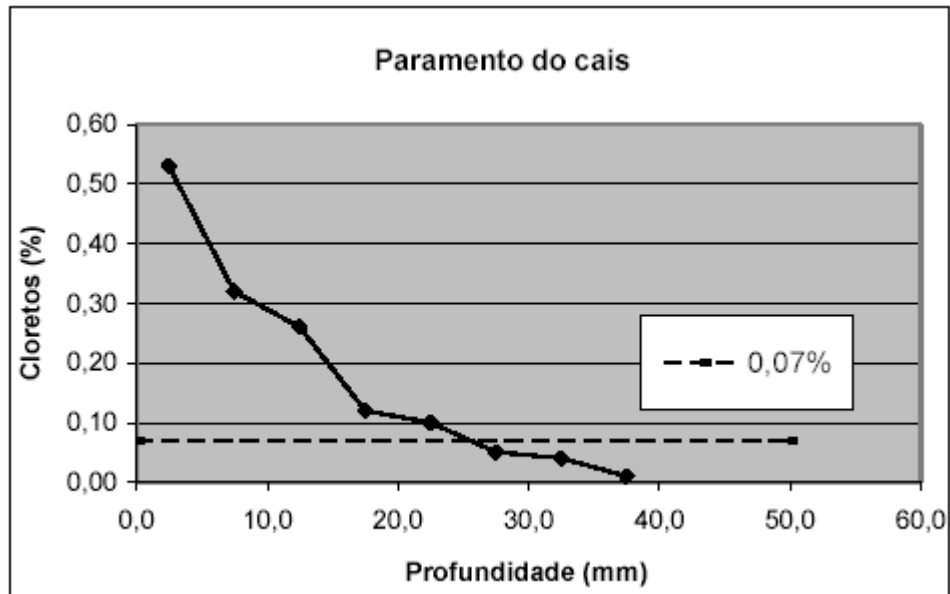


Figura 02 – Localização da torre de telecomunicações e do cais do TECON



Obs: o teor de 0,07% equivale a 0,4% em relação a massa de cimento

Figura 03 – Perfil de íons cloreto livres (% de massa em relação a massa de concreto)

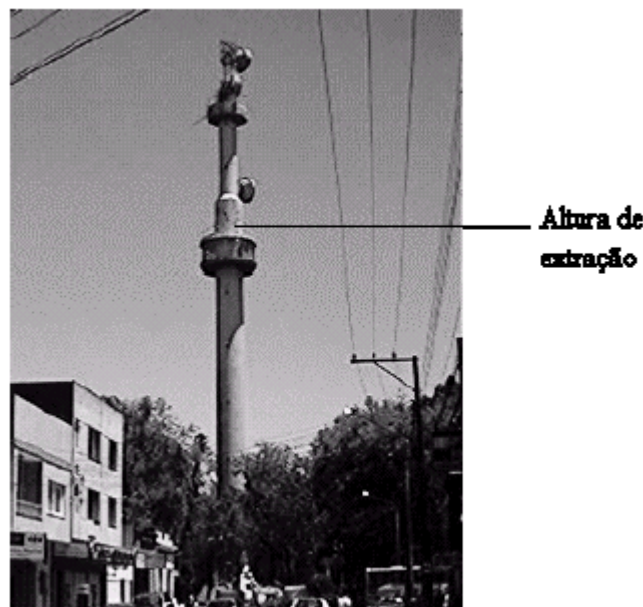


Figura 04 – Torre de telecomunicações

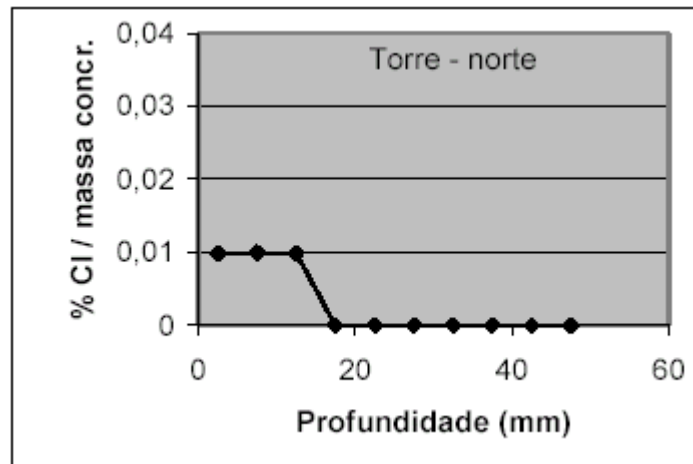


Figura 05 – Perfil de cloretos solúveis em água na torre de telecomunicações – lado norte

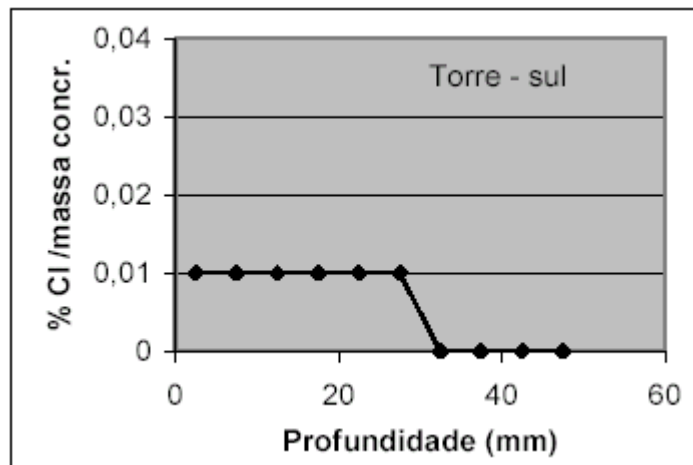


Figura 06 – Perfil de cloretos solúveis em água na torre de telecomunicações – lado sul

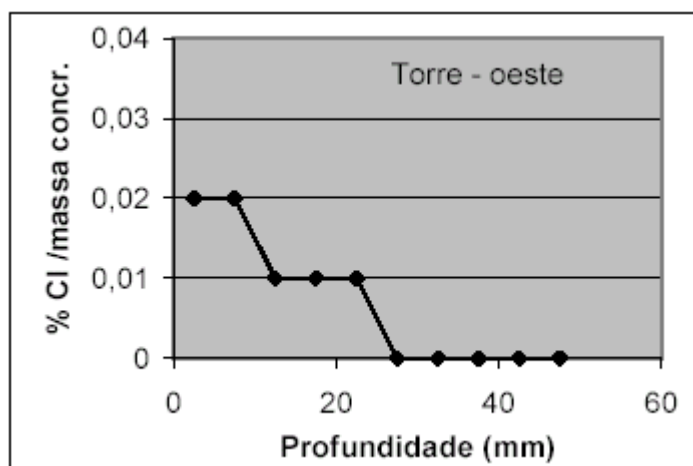


Figura 07 – Perfil de cloretos solúveis em água na torre de telecomunicações – lado oeste

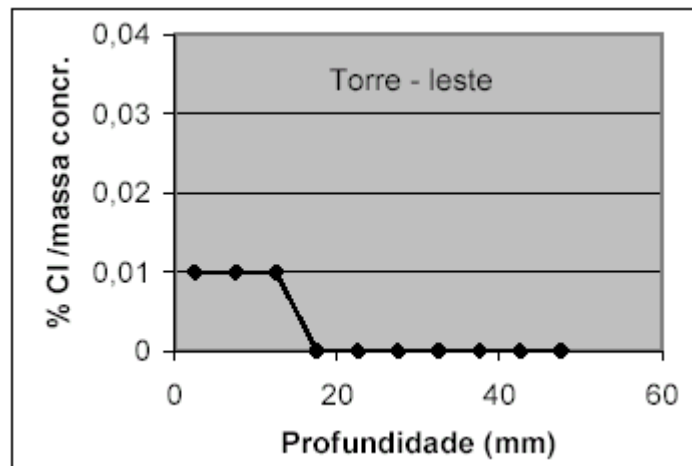


Figura 08 – Perfil de cloretos solúveis em água na torre de telecomunicações – lado leste