

Distância da água do mar – fator a ser considerado na intensidade de ataques por cloretos ao concreto armado

Jorge Luiz Oleinik Nunes¹; André Tavares da Cunha Guimarães²

¹*Departamento de Materiais e Construção – FURG, Rio Grande, RS – jorgenunes@cresce.net*

²*Departamento de Materiais e Construção – FURG, Rio Grande, RS – atcg@mikrus.com.br*

RESUMO

A distância da água do mar tem sido demonstrado como um fator importante na agressividade de cloretos em corpos de prova expostos ao ambiente marinho. Esse trabalho tem por objetivo verificar a influência da distância da água do mar na intensidade de ataque de cloreto em estruturas de concreto armado em serviço. Outros objetivos desta pesquisa são verificar a influência da posição geográfica e da altura na intensidade de ataque de cloretos em ambiente marinho. Essa pesquisa mostra que mesmo considerando por um longo período o efeito da secagem e molhagem, a distância da água do mar é um fator importante na intensidade do ataque de cloretos, assim como a posição geográfica e altura em relação ao nível do mar. O valor do teor de cloretos nas camadas mais próximas da superfície do concreto diminui acentuadamente até a distancia de 630 m da água do mar.

PALAVRAS – CHAVE: Concreto, cloretos, distância da água do mar, ambiente marinho.

1. INTRODUÇÃO

A extensão da costa brasileira de 7048 km banhada pelo Oceano Atlântico por si justifica a grande importância que representa o estudo da adequabilidade e durabilidade dos materiais de construção destinados ao desenvolvimento das construções na orla marítima.

São inúmeras obras importantes como complexos portuários, indústrias, obras de arte, barragens, edificações residenciais e comerciais, etc. O concreto nestas obras se caracteriza como material de uso fundamental.

As estruturas de concreto não são todas iguais, além da concepção tipológica e resistente, diferem na sua durabilidade, tendo cada uma delas em certos casos, uma vida útil difícil de determinar.

A comunidade técnica nacional e internacional tem dedicado em grande parte sua atenção nos últimos anos ao estudo da corrosão das armaduras buscando os melhores caminhos para especificação e o projeto de obras novas, assim como a execução de reparos, reforços e reconstruções de um grande número de obras com problemas patológicos. O fenômeno da corrosão das armaduras em concreto passou a ser, nos últimos 20 anos, o problema econômico de maior importância na área da construção civil da maioria dos países desenvolvidos, sendo

observado que estruturas com 5 a 10 anos de idade apresentavam sérios problemas de corrosão, quando foram projetadas para a vida útil de 50 a 100 anos.

As estruturas atuais são muito mais exigentes em cuidados que as de tempos atrás. Antigamente as seções eram superdimensionadas e suportavam durante anos as mais variadas agressões sem colocar em risco a integridade.

Isso nos leva a conclusão que, frente aos mesmos agentes agressivos, as estruturas modernas exigem mais cuidados no projeto, nos materiais que as compõe, mais rigor na execução, mais proteção para que sejam evitados gastos excessivos com manutenção e recuperação.

2. ESTRUTURAS PESQUISADAS

2.1 Planejamento da Pesquisa

O planejamento da pesquisa foi feito com base nos métodos para estudar o desempenho do concreto exposto em ambiente marinho. Foram seguidas em parte as recomendações da ASTM 1152/90 – Standard Test Method for acid-soluble chloride in mortar and concrete [1].

2.1.1 Características da Pesquisa

Foram utilizadas para a pesquisa duas estruturas existentes de concreto armado em ambiente marinho com idade superior a 15 anos, localizadas na praia do Cassino, em Rio Grande, RS, na região do extremo sul do Brasil, para verificar a influência da distância da água do mar sobre a intensidade de ataque de íons cloreto sobre o concreto.

As pesquisas anteriores realizadas: COSTA [6], MEIRA [8], CASTRO [5], utilizaram corpos de prova, BARBOSA [2] utilizou estrutura real para verificar influência da distância e da altura. A importância da presente pesquisa é a utilização de estruturas existentes, com idades significativas com resultados reais.

As etapas da pesquisa a seguir descritas tem como finalidade caracterizar as estruturas e o ambiente.

2.2. Primeiro estudo de caso

2.2.1. Ação ambiental

A primeira peça estrutural utilizada nesta pesquisa é a viga de cobertura do Terminal Turístico da Praia do Cassino. Esta estrutura teve utilização durante curto período de tempo, sendo logo em seguida totalmente abandonada, possui idade superior a 15 (quinze) anos, sem cobertura, o que a deixa totalmente exposta ao ambiente marinho e sua localização está a uma distância horizontal do mar de 630 m (Fig. 1).

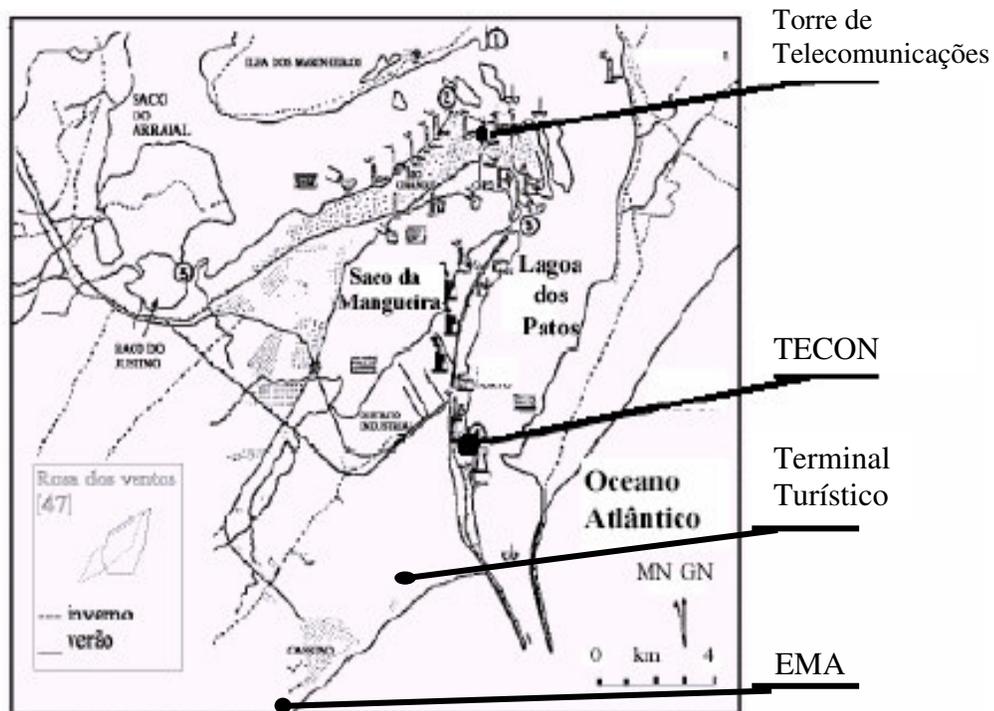


Figura 1 - Localização das estruturas pesquisadas na região do extremo sul do Brasil

Trata-se de estrutura de concreto aparente com localização em zona de névoa marinha (Fig. 2).

A estrutura foi construída com técnicas de construção convencionais. Devido à falta de informações sobre a execução da obra, não foram colhidos maiores subsídios sobre o histórico da construção.



Figura 2 – Viga da estrutura abandonada do Terminal Turístico – Praia do Cassino – Rio Grande – RS

2.2.2. Metodologia Amostral

As amostras foram obtidas através de furação com específico para a retirada de amostras pulverizadas.

Devido à dificuldade de acesso e falta de energia nos locais das estruturas pesquisadas, foi utilizado gerador de energia para alimentação da furadeira.

Coleta de amostras

Na viga as amostras foram coletadas nas faces laterais, lado noroeste, face voltada para o lado do continente e lado sudoeste, face voltada para o mar.

Foram realizados 20 (vinte) furos de diâmetro 12,7 mm a cada 5 mm, até a profundidade de 30 mm para retirada de amostra pulverizada. Nos pontos pesquisados os perfis foram obtidos por medições de teor de íons cloretos solúveis em ácido, conforme ASTM 1152/90 [1].

2.3. Segundo estudo de caso

2.3.1. Ação Ambiental

A segunda peça estrutural utilizada nesta pesquisa é a laje de cobertura da casa de bombas da EMA (Estação Marítima de Aquacultura – FURG) localizada na Querência, Praia do Cassino (Fig. 1).

A estrutura está encravada no meio das dunas, possui idade superior a 10 (dez) anos, com distância horizontal do mar de 160 m. É também estrutura de concreto aparente com localização em zona de névoa marinha. A figura 3 mostra a casa de bombas da EMA e a sua distância horizontal da água do mar.



Figura 3 – Casa de bombas da EMA – Praia do Cassino - Rio Grande – RS

2.3.2. Metodologia Amostral

Para a metodologia amostral e a coleta de amostras foram utilizados processos similares à estrutura anterior (Terminal Turístico). Foram retirados pontos nos quatro quadrantes geográficos.

3. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Na primeira peça estrutural, a viga de cobertura do Terminal Turístico da Praia do Cassino, as extrações foram realizadas nas faces sudeste e noroeste. Os perfis de cloretos solúveis em ácido em relação à massa de concreto são apresentados nas figuras 4 e 5.

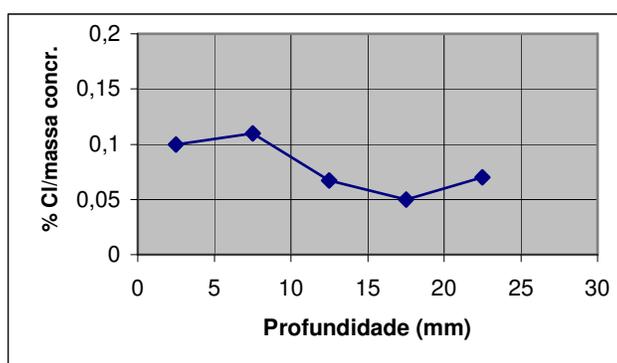


Figura 4 – Perfil de cloretos da viga do Terminal Turístico – lado sudeste – face voltada para o mar

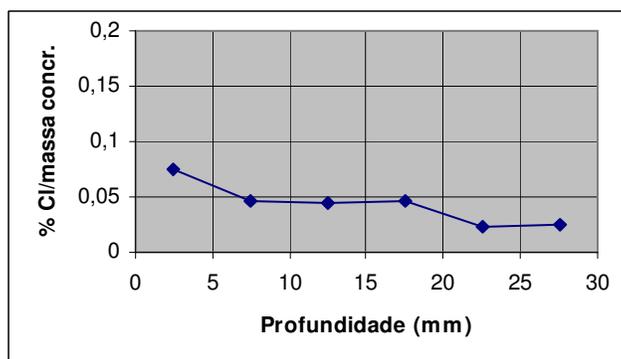


Figura 5 – Perfil de cloretos da viga do Terminal Turístico – lado noroeste

Na segunda peça estrutural as extrações da laje de cobertura da casa de bombas da EMA (Estação Marítima de Aquacultura – FURG) na Querência, Praia do Cassino, foram realizadas nas faces: Noroeste, Sudeste, Nordeste e Sudoeste. Esses perfis são mostrados nas figuras 6, 7, 8 e 9.

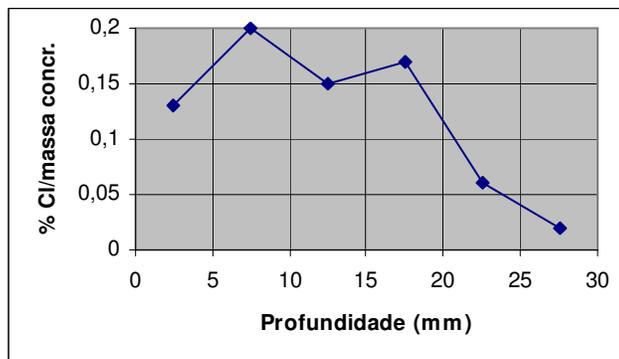


Figura 6 – Perfil de cloretos na face lateral da laje da EMA – lado noroeste

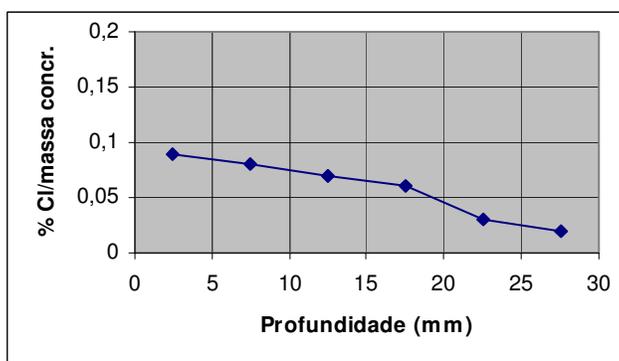


Figura 7 – Perfil de cloretos na face lateral da laje da EMA – lado sudeste - face voltada para o mar

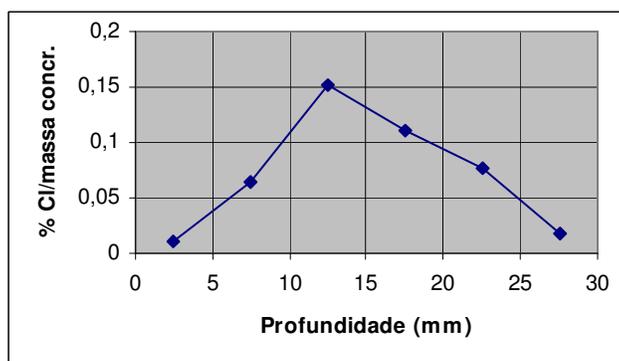


Figura 8 – Perfil de cloretos na face lateral da laje da EMA – lado nordeste

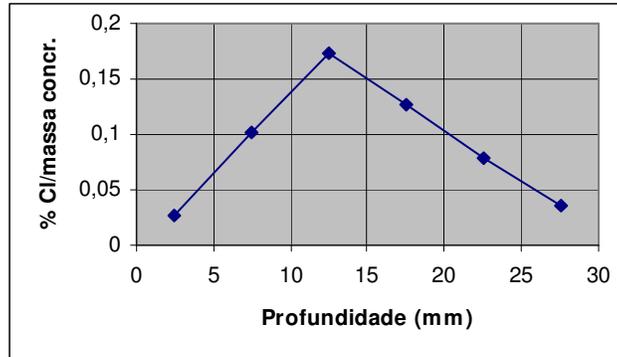


Figura 9 – Perfil de cloretos na face lateral da laje da EMA – lado sudoeste

3.1 Estudos de caso – comparação de resultados

A seguir são mostrados dois estudos de casos GUIMARÃES [7] – Tecon e CASTAGNO JUNIOR [4] – Torre de Telecomunicações, ambas as pesquisas realizadas em Rio Grande, em estruturas características em ambiente marinho.

3.1.1. Estudo de caso de GUIMARÃES [7] – TECON

O elemento estrutural pesquisado por GUIMARÃES [7] é a viga de um trecho do paramento do cais do Terminal de Contêineres - TECON (fig. 10), que se situa em zona de névoa. O cais está localizado em porto marítimo da cidade do Rio Grande – Brasil (fig. 11)



Figura 10 – Viga do Paramento – Cais TECON – Rio Grande – RS

A distância no sentido horizontal da água do canal do Rio Grande é nula, sendo sua altura em relação à média das marés máximas para medições de 1965 a 1975 é de 2,02 m [7]. 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 ‰ [3].

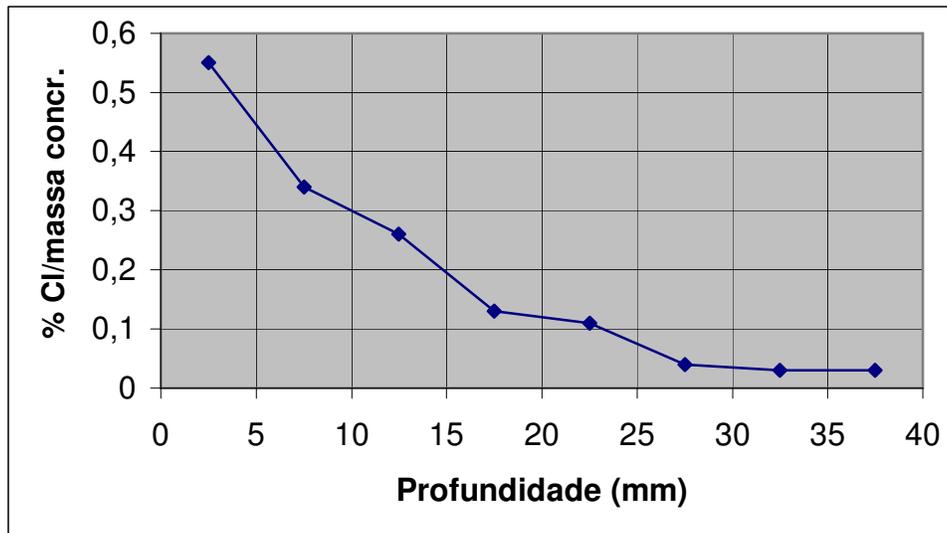


Figura 11 – Perfil de cloretos na face vertical da viga do paramento do TECON [7]

3.1.2. Estudo de caso de CASTAGNO JUNIOR [4] - Torre de Telecomunicações

A torre de telecomunicações possui 62 metros de altura de forma cilíndrica, com acesso ao topo por escada interna, conforme figura 12.

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. 13).



Figura 12 – Torre de Telecomunicações – Rio Grande - RS

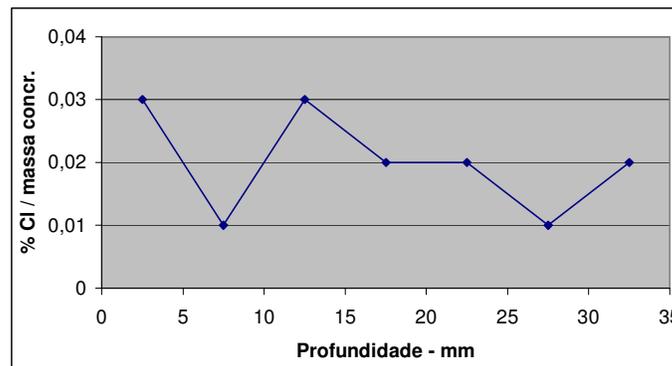


Figura 13 – Perfil de cloretos solúveis em ácido na face leste – Torre de Telecomunicações [4]

3.2. Comparação dos resultados em relação a distância da água do mar

Para avaliar-se os resultados serão comparados os maiores teores de cloretos próximos à superfície de cada estrutura.

Foi considerado que normalmente o teor de cloretos em relação à massa de cimento equivale entre 5 a 6 vezes o teor de cloretos em relação a massa de concreto.

No concreto do Terminal Turístico o percentual de cloretos totais máximo é de 0,11% em relação à massa de concreto que equivale a 0,55% a 0,66% em relação à massa de cimento e encontra-se a uma profundidade de 7,5 mm.

No concreto da EMA o percentual de cloretos totais máximo é de 0,20% em relação à massa de concreto, que equivale a 1,0% a 1,2% em relação a massa de cimento, encontrando-se uma profundidade de 7,5 mm.

No TECON o teor de cloretos solúveis em ácido mais alto foi obtido na primeira camada, sendo seu valor de 0,55% em relação à massa de concreto que equivale a 3,10% em relação à massa de cimento, conforme o traço utilizado na época da execução.

Na Torre de Telecomunicações o teor mais alto também foi na camada mais externa sendo seu valor de 0,03% em relação à massa de concreto, que equivale a 0,15% a 0,18% em relação à massa de cimento.

Na figura 14 são comparados os valores obtidos no TECON, EMA e Terminal Turístico, pois são estruturas pesquisadas com baixas alturas em relação ao nível do mar. Observa-se uma grande influência da distância da água do mar sobre o teor de cloretos depositados nas camadas mais externas do concreto.

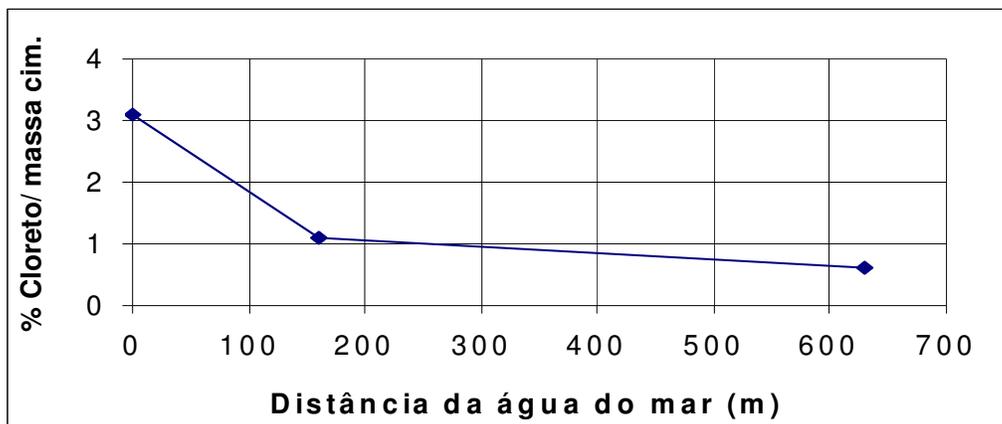


Figura 14 – Teor de cloreto em relação a massa de cimento nas camadas mais externas da estrutura de concreto em função da distância da água do mar – TECON: distância de zero metros; EMA: distância de 160 m; Terminal Turístico: distância de 630 m

3.3. Comparação dos resultados em relação a distância da água do mar e a altura

A Torre de Telecomunicações apresenta uma menor intensidade de ataque sendo que além da distância da água do mar, o ponto pesquisado encontra-se a uma altura relativamente acentuada.

BARBOSA et al. [2] analisaram os teores de íons cloretos retirados de pilares de uma estrutura com aproximadamente 700 m de distância da água do mar, mostrando a influência da altura com medidas em vários pavimentos. Os resultados encontrados a 40 m de altura são semelhantes aos encontrados para a altura próxima na Torre de Telecomunicações, que foram na camada mais externa 0,03% em relação à massa de concreto, o que equivale a 0,15% a 0,18% em relação à massa de cimento.

3.4. Comparação dos resultados da pesquisa atual conforme a posição geográfica da peça estrutural

Para a análise dos resultados conforme a posição geográfica foram comparados os resultados das orientações sudeste e noroeste da viga do Terminal Turístico e Laje da EMA. Devido ao formato da viga do Terminal Turístico não foram comparados os resultados das orientações: sudoeste e nordeste.

Lado Sudeste

No concreto da face lateral da viga do Terminal Turístico o percentual de cloretos encontrado é de 0,11% em relação a massa de concreto que equivale a 0,55% a 0,66% em relação a massa de cimento e encontra-se a uma profundidade de 7,5 mm.

No concreto da face lateral da laje da EMA (Estação Marítima de Aquacultura) o percentual de cloretos encontrado é de 0,08% em relação a massa de concreto que equivale a 0,40% a 0,48% em relação a massa de cimento e encontra-se a uma profundidade de 2,5 mm.

Lado Noroeste

No concreto da face lateral da viga do Terminal Turístico o percentual de cloretos encontrado é de 0,075% em relação a massa de concreto que equivale a 0,375% a 0,45% em relação a massa de cimento e encontra-se a uma profundidade de 2,5 mm.

No concreto da face lateral da laje da EMA (Estação Marítima de Aquacultura) o percentual de cloretos encontrado é de 0,20% em relação a massa de concreto que equivale a 1,0% a 1,2% em relação a massa de cimento e encontra-se a uma profundidade de 7,5 mm.

Lado Sudoeste

No concreto da face lateral da laje da EMA (Estação Marítima de Aquacultura) o percentual de cloretos encontrado é de 0,175% em relação a massa de concreto que equivale a 0,875% a 1,05% em relação a massa de cimento e encontra-se a uma profundidade de 7,5 mm.

Lado Nordeste

No concreto da face lateral da EMA (Estação Marítima de Aquacultura) o percentual de cloretos encontrado é de 0,15% em relação a massa de concreto que equivale a 0,75% a 0,90% em relação a massa de cimento e encontra-se a uma profundidade de 7,5 mm.

A tabela abaixo resume os resultados dos perfis de penetração de cloretos conforme a orientação geográfica.

Tabela 1 – Percentual de cloretos

ORIENTAÇÃO GEOGRÁFICA	PERCENTUAL DE CLORETOS EM RELAÇÃO À MASSA DE CONCRETO	
	TERMINAL TURÍSTICO	E.M.A
SUDOESTE	-	0,175 Profundidade 7,5 mm
NORDESTE	-	0,15 Profundidade 12,5 mm
SUDESTE	0,11 Profundidade 7,5 mm	0,08 Profundidade 2,5 mm
NOROESTE	0,075 Profundidade 2,5 mm	0,20 Profundidade 7,5 mm

Tabela 2 – Percentual de cloretos

ORIENTAÇÃO GEOGRÁFICA	PERCENTUAL DE CLORETOS EM RELAÇÃO À MASSA DE CIMENTO	
	TERMINAL TURÍSTICO	E.M.A
SUDOESTE	-	0,875 a 1,05 Profundidade 7,5 mm
NORDESTE	-	0,75 a 0,90 Profundidade 12,5 mm
SUDESTE	0,55 a 0,66 Profundidade 7,5 mm	0,40 a 0,48 Profundidade 2,5 mm
NOROESTE	0,375 a 0,45 Profundidade 2,5 mm	1,0 a 1,2 Profundidade 7,5 mm

O maior ataque na EMA foi a Noroeste e no Terminal Turístico foi a Sudeste. Possivelmente, isso se deve a que a estrutura do Terminal Turístico é uma peça de pouca espessura, sendo que a Noroeste tem uma insolação maior, podendo provocar a absorção maior de água a Sudeste.

4. CONCLUSÕES

> A diminuição da concentração de cloretos ocorre de forma acentuada entre 160 m e 630 m de distância em relação à água do mar. Isto mostra diferenças grandes de agressividade em zonas de ambiente marinho e, conseqüentemente um incremento na variação da vida útil das estruturas;

> Com relação à posição geográfica, o lado que apresentou maior concentração de cloretos foi o lado noroeste;

> As pesquisas anteriores que estudaram ataques de cloretos em relação à distância da água do mar, obtiveram resultados semelhantes aos encontrados na presente pesquisa para distâncias próximas das pesquisadas;

> As construções localizadas na orla marítima devem prever diferentes tratamentos na fase de projeto para obtermos um incremento de sua durabilidade em função da distância da água do mar;

> Conforme aumenta a altura em relação a água do mar ocorre uma redução acentuada da concentração de cloretos.

4.1. Considerações finais

Em função da enorme extensão do litoral brasileiro, a existência de inúmeras obras de concreto armado, e muitas ainda a serem construídas, esta pesquisa deve ter continuidade, para obtenção de mais resultados obtidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASTM 1152/90 – Standard Test Method for acid-soluble chloride in mortar and concrete. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia (USA), 1990.
2. BARBOSA, P.; HELENE, P. R. L.; PEREIRA, F.; GRULLÓN, M.; MEDEIROS, M. *Influência de ciclos de molhamento e secagem, da altura e do posicionamento de pilares no teor de íons cloreto presentes no concreto de estrutura com 30 anos de idade*. Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2004.
3. 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 Federal do Rio Grande, Oceanografia Biológica.
4. CASTAGNO JUNIOR, R. *Durabilidade do concreto armado em atmosfera marinha*. Rio Grande, 2002. Dissertação (Mestrado), Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Engenharia Oceânica.
5. CASTRO, P.; DE RINCÓN, O. T.; PAZINI, E. *Chloride penetration profiles in marine environments*. In: II INTERNACIONAL CONFERENCE ON HIGH-PERFORMANCE CONCRETE, ANDA PERFORMANCE AND QUALITY OF CONCRETE STRUCTURES, Gramado. Anais. ACI SP-186, p. 371-389, 1999.
6. 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. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Engenharia Civil.
7. 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.
8. MEIRA, G. R.; PADARATZ, I. J.; ALONSO, M. C.; ANDRADE, M.C. *Agressividade por cloretos em estruturas de concreto em ambientes de atmosfera marinha*. In: 45º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, Vitória. Anais. IBRACON, 2003.