



VII SEMINÁRIO E WORKSHOP EM ENGENHARIA OCEÂNICA

Rio Grande, de 23 à 25 de Novembro de 2016

AVALIAÇÃO DOS PERFIS DE CLORETO NO CONCRETO DOS TETRÁPODES DO MOLHE LESTE DA BARRA DO RIO GRANDE RS

Leandro Gularte Blois¹, João Antonio Modernel Bender², Tassia Fanton³, André Tavares da Cunha Guimarães⁴

¹ Mestrando do curso de Engenharia Oceânica – Universidade Federal do Rio Grande
Avenida Itália, km 8, CP. 474, Rio Grande, RS, Brasil
e-mail: leandroblois.eng@gmail.com

² Mestrando do curso de Engenharia Oceânica – Universidade Federal do Rio Grande
Avenida Itália, km 8, CP. 474, Rio Grande, RS, Brasil
e-mail: bender@furg.br

³ Mestranda do curso de Engenharia Oceânica – Universidade Federal do Rio Grande
Avenida Itália, km 8, CP. 474, Rio Grande, RS, Brasil
e-mail: tassiafanton@gmail.com

⁴ Universidade Federal do Rio Grande
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica
Avenida Itália, km 8, CP. 474, Rio Grande, RS, Brasil
e-mail: atcg@vetorial.net

RESUMO

A penetração de cloretos em estruturas de concreto armado é um dos principais fatores de deterioração desse material. O trabalho trata da pesquisa que se está realizando no Molhe Leste da Barra do Rio Grande, RS para verificar a dinâmica da penetração de íons cloreto em ambiente marítimo com a extração de testemunhos dos tetrápodes existentes no local. A metodologia de estudo é por meio de visitas exploratórias ao Molhe Leste da Barra do Rio Grande RS para obtenção de corpos de prova (CP's) dos tetrápodes. Métodos como corte, processos de moagem manuais, peneiramento e ataque das amostras com ácido nítrico e hidróxido de sódio fazem parte dos recursos utilizados para formulação dos resultados. Se pretende com o projeto observar o comportamento (dinâmica) sazonal dos perfis de cloretos nos tetrápodes do Molhe Leste da Barra do Rio Grande quando há tendência de formação de pico (CP). E, também, determinar se existem teores elevados de cloretos na superfície (CS) dos elementos comparando com outros modelos já existentes. As amostras foram, e as demais serão tratadas no laboratório da Universidade Federal do Rio Grande para posterior análise e conclusão dos resultados. A princípio os microambientes MLLM, MLOI e MLOM não apresentaram a formação de pico e os microambientes MLLS-N e MLLS-S tendem a formar pico com o aumento da profundidade para a estação do verão.

Palavras-chave: Cloretos, concreto, ambiente marítimo, durabilidade.

1. INTRODUÇÃO

É de conhecimento geral que, na cidade de Rio Grande, no estado do Rio Grande do Sul, há um crescimento elevado e contínuo das obras de infraestrutura relacionadas à região costeira e portuária. No entanto, torna-se viável estudar, desenvolver e aprimorar modelos de perfis de cloreto existentes e que poderão ser aplicados em projetos futuros de estruturas de concreto armado em ambientes similares ao marítimo.

O ambiente marítimo é um dos meios mais agressivos ao concreto armado, sendo o principal agente propulsor de ataque os íons cloreto, no qual, ao atingir a barra de aço em um teor de aproximadamente 0,4% em relação à massa de cimento despassa a armadura, iniciando o processo de corrosão (Helene, 1993).

Sabe-se que todas as estruturas de construções próximas às regiões marítimas ou costeiras sofrem algum tipo de impacto decorrente da ação de agentes de deterioração causados por fenômenos ambientais. Seja por um alto grau de agressividade do ambiente em que estão inseridas, por mudanças bruscas de temperatura ou por formação de aerossóis com mecanismos propulsores de corrosão.

Considerando as instalações industriais, obras costeiras e as inúmeras construções localizadas no litoral do município são prováveis que muitas dessas configurações sofram com algum tipo de desgaste superficial, interno, degeneração e/ou deterioração estrutural.

Também, sabe-se que os principais causadores da corrosão em estruturas de concreto armado são o dióxido de carbono (CO_2), íons sulfato e os íons cloreto, além da influência de propriedades e características de materiais empregados para produção de elementos estruturais. Esses são responsáveis pela formação de produtos de corrosão que, combinados com o ambiente atmosférico de inserção, deterioram edificações, cais, piers, instalações industriais e fábricas regionais, diminuindo assim, a durabilidade e contribuindo para o envelhecimento precoce dos elementos estruturais.

Os tetrápodes não apresentam problemas com penetração de cloretos, pois não possuem armadura estrutural. O estudo da penetração de cloretos nos tetrápodes tem a finalidade de estudar a formação de perfis de cloretos em ambientes similares. E, assim, aplicar em projetos de estruturas marítimas de concreto armado para as diferentes estações do ano (verão, outono, inverno e primavera), analisando as variáveis envolvidas no processo de desgaste superficial e deterioração de estruturas em concreto através do traçado de perfis cloreto. A corrosão em um componente estrutural é um processo que causa muitos impactos às construções e, consequentemente, podem gerar novos problemas decorrentes desse fenômeno como o colapso ou a ruína em ambientes marítimos.

2. O TETRÁPODE

Os tetrápodes são blocos de concreto utilizados em zonas marítimas para minimizar os impactos das ondas e abrigar embarcações das fortes ondas presentes em zonas marítimas.

Em 1950, a Sociedade de Genóbio de Estudos e de Aplicações (Sogreah), lançou no mercado a primeira unidade projetada para proteção de molhes e diques (Migliorini, A. V. & Guimarães, A. T. C., 2011).

Constituído em concreto maciço, o bloco é disposto de um eixo central, no qual são tangentes quatro cones alongados (patas) e arredondados, distribuídos igualmente a 120° no espaço conforme a Fig.1 (Migliorini, A. V. & Guimarães, A. T. C., 2011).

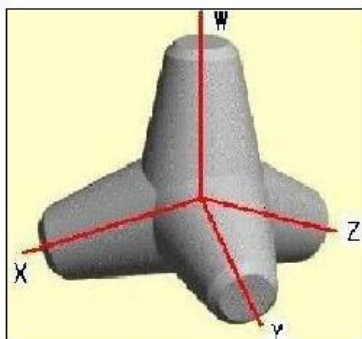


Figura 1. Geometria dos tetrápodes localizados no Molhe Leste da Barra do Rio Grande RS (Toukaku, 2007).

Estas “patas” facilitam a conexão entre os blocos, tornando a estrutura mais estável. O centro de gravidade do tetrápode encontra-se na união das quatro “patas”, o que dificulta o balanço e o rolamento da carcaça (Migliorini, A. V. & Guimarães, A. T. C., 2011).

Projetado para ser instalado em camada dupla, a utilização desses blocos diminui consideravelmente a energia das ondas e o nível da água que ultrapassa pelos interstícios (Migliorini, A. V. & Guimarães, A. T. C., 2011).

Com isso, a agitação das ondas num porto torna-se inferior comparada ao mar aberto (Migliorini, A. V. & Guimarães, A. T. C., 2011).

3. CLORETOS

Os íons cloreto são considerados os maiores causadores de corrosão no aço do concreto em ambiente marítimo (Silva, C. A., 2010).

Segundo Helene (1993) e Neville (1997), os cloretos podem ser encontrados como contaminação de agregados, principalmente em regiões litorâneas, em águas salobras ou excessivamente cloradas.

E, também a presença de cloretos no concreto pode ser originada das seguintes fontes mais comuns (Helene, 1986; Andrade, 1992; Mehta e Monteiro, 1994; Figueiredo e Helene, 1994): aditivos, agregados contaminados por sais, água de amassamento, soluções de sais degelantes, água do mar, atmosfera marinha (maresia) e processos industriais.

No entanto, a camada protetora de passivação na superfície do aço envolto pelo concreto, que se forma logo após o início da hidratação do cimento, e que consiste de Fe_2O_3 firmemente aderente ao aço, é destruída pelos íons cloreto, havendo corrosão na presença de água e oxigênio (Neville, 1997).

Treadaway (1988) apud Meira (2004) afirma que os cloretos livres penetram nos poros do concreto, juntamente com a água e o oxigênio e, ao encontrar a película passivadora da armadura, provocam acidificações localizadas que conduzem a desestabilizações pontuais da película de óxidos passivos. Portanto, o concreto, mediante a presença de cloretos fica submetido a corrosões pontuais na armadura, também denominada de corrosão por pite.

Os cloretos se apresentam de três formas no interior do concreto, são elas:

- Quimicamente ligado;
- Adsorvido fisicamente na superfície dos poros;
- Livres na solução contida nos poros.

A fig. 2 a seguir exemplifica as três formas de apresentação dos íons cloreto no interior da solução contida nos poros do concreto. Os cloretos na forma de livres são os que atacam e provocam deteriorações e despassivação da barreira química formada na armadura do concreto.

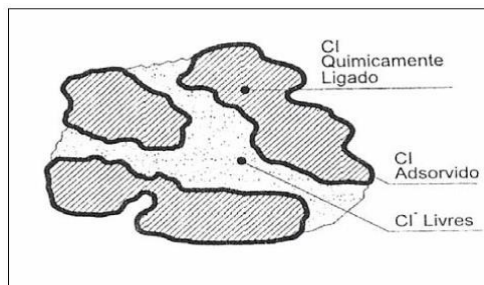


Figura 2. Formas de apresentação dos íons cloreto no interior dos poros do concreto (Ribeiro, D., 2014).

Apesar de serem os cloretos livres aqueles capazes de provocar a corrosão, é conveniente determinar o teor de cloretos totais, uma vez que parte dos cloretos combinados podem ficar disponíveis devido a efeitos como a carbonatação e a elevação da temperatura (Mohammed e Hamada, 2003 apud Malheiro, 2008).

Mas, a penetração do íon cloreto só é possível quando há água nos poros do concreto. Se a água está estagnada, o deslocamento dos íons cloreto se dá por difusão, quando o concreto sofre ciclos de molhagem e secagem, a penetração desses íons passa a ser por força capilar da água em que estão presentes.

A penetração por forças capilares ocorrem em zonas costeiras de clima quente, onde há névoa salina, que são gotículas de água contendo cloretos. Neste caso é importante conhecer a direção predominante do vento e a insolação, para análise do ataque nesse ambiente (Andrade, 1992).

Quanto aos mecanismos de transporte de fluidos no concreto, os quais são capazes de alterar a durabilidade de uma estrutura de concreto armado são: absorção capilar, difusão, permeabilidade e migração (Cascudo, 1997).

4. O AMBIENTE DE EXTRAÇÃO

O ambiente de extração dos corpos de prova (CP's) para a estação do verão foi à obra do Molhe Leste da Barra do Rio Grande, RS tendo como alvo os tetrápodes que por lá se situam. Os tetrápodes dos Molhes da Barra têm por função manter embarcações protegidas e abrigadas das fortes e agitadas ondas de mar aberto tornando seguro o local para atracação no Porto da cidade de Rio Grande. Conforme (Silva, C. A., 2010 apud Guimarães et al., 2003) os molhes foram construídos nos anos entre 1910 e 1919, partindo do litoral para o oceano, sendo que o Molhe Leste tinha um comprimento de 4220m e o molhe Oeste com 3160 metros. Contudo, devido aos fortes ventos, em 1995 houve a necessidade de obras de recuperação dos molhes, além de um aumento no comprimento do Molhe Oeste de 3160 metros para 3800 metros (Guimarães et al., 2003).

A fig. 3 mostra os Molhes da Barra do Rio Grande e o respectivo local (entre as setas) da extração dos CP's dos tetrápodes em diferentes microambientes.



Figura 3. Molhes da Barra do Rio Grande. A – Molhe Oeste. B – Molhe Leste e indicação do local de extração dos Cp's (Silva, 2010 e Migliorini, 2011).

5. EXTRAÇÃO DOS TESTEMUNHOS

Os testemunhos foram extraídos de quatro microambientes diferentes no Molhe Leste da Barra do Rio Grande (Ponto B). Esses microambientes foram escolhidos de maneira a representar, da melhor forma, a ação da água do mar e dos ventos no local. Os microambientes já haviam sido determinados por (Guimarães, A. T. C. et al. 2003) e estão representados na figura 4.

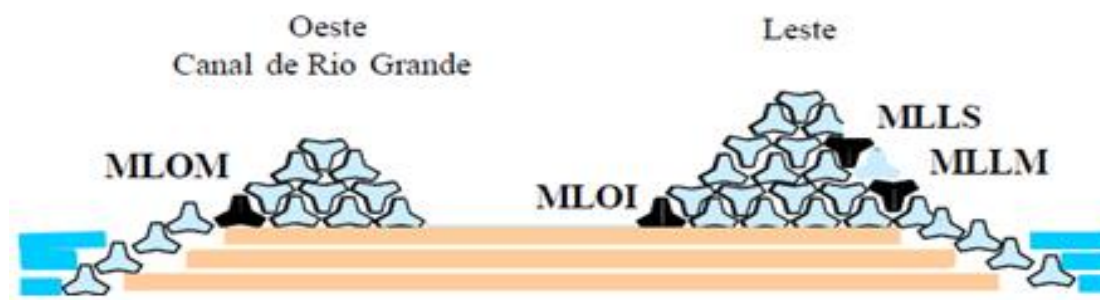


Figura 4. Seção transversal do Molhe Leste da Barra do Rio Grande onde se localizam os microambientes (Guimarães, A. T. C. et al. 2003).

As nomenclaturas dos microambientes de extração dos CP's são:

- MLLS – Microambiente localizado no molhe leste, voltado para leste e em uma cota superior;
- MLLM – Microambiente localizado no molhe leste, voltado para leste e em uma cota média;
- MLOM – Microambiente localizado no molhe leste, voltado para oeste e em uma cota média;
- MLOI – Microambiente localizado no molhe leste, voltado para oeste e em uma cota inferior.

Para cada microambiente foram determinados dois tetrápodes para caracteriza-los. Logo, as siglas N (Norte) e S (Sul) foram utilizadas para distingui-los entre si de acordo com a posição no molhe.

5.1 O tratamento das amostras

Os CP's retirados de cada um dos microambientes foram marcados para o corte inicial, no qual, foram divididos para ensaios de resistência a compressão e extração dos perfis de cloretos.



Figura 5. Testemunhos extraídos dos microambientes.



Figura 6. Marcação para extração dos perfis de cloretos

Após o corte e a separação para os diferentes tipos de ensaios, a parte dos testemunhos para extração dos perfis de cloreto foram marcados de 5 em 5 mm (milímetros) (Figura 6).

Após o corte do CP na serra, as bolachas de concreto foram encaminhadas para moagem manual com um martelo numa bandeja de plástico sob uma chapa de metal, que consiste em quebrar o máximo possível camada a camada. O resultado do processo de moagem manual inicial com o martelo das bolachas de concreto de cada microambiente é apresentado na Fig. 8.



Figura 7. Processo de moagem de uma camada.



Figura 8. Resultado da moagem manual de uma camada.

Após o processo manual e inicial de quebra da bolacha de concreto de uma camada utilizando martelo, inicia-se o processo de moagem final, no qual, o material apresentado na figura 8 é transferido para um recipiente de louça e amassado com um bastão (uma espécie de pilão, figura 9) até virar o mais próximo de pó.



Figura 9. Processo de moagem manual e final de uma camada de um microambiente.

Logo após o processo de moagem manual e final de uma bolacha de concreto de uma camada de um microambiente o material é submetido a passagem pela peneira de número 30 da ABNT (Associação Brasileira de

Normas Técnicas) e de 600 micrômetros da ASTM (American Society for Testing and Materials) e em seguida a uma nova peneira de número 50 da ABNT, conforme figura 10.



Figura 10. Peneiramento da amostra após processo manual e final de moagem.

O material que passa pela peneira é ensacado e está pronto para o ensaio. O material que não passa volta para o processo de moagem manual e final até passar pela peneira. A fig. 11 apresenta o material ensacado que passou pela peneira.



Figura 11. Resultado do processo manual e final de moagem.

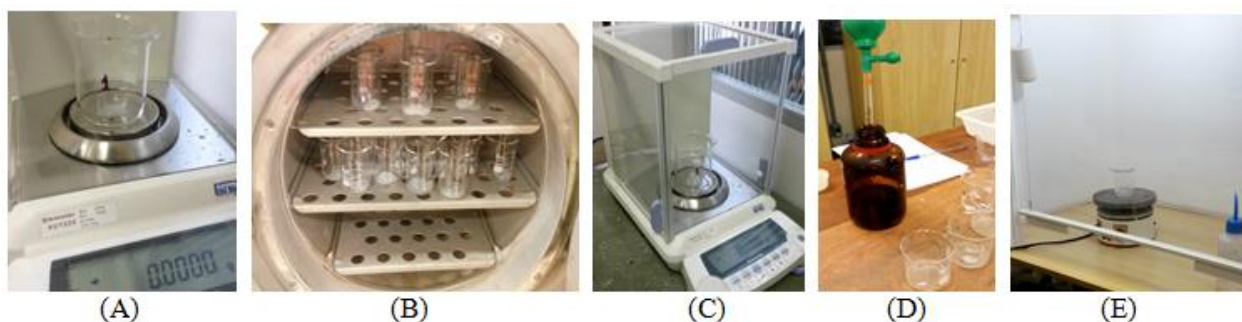
5.2 O procedimento de ataque

O procedimento de ataque para verificar o comportamento dos cloretos nos microambientes estudados e para o traçado dos perfis de cloretos consiste em:

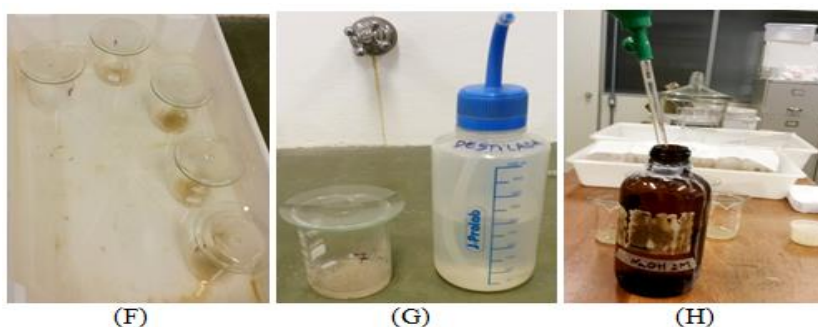
- Preparar e limpar as vidrarias;
- Secar e pesar a amostra;
- Atacar com ácido nítrico (15 ml);
- Ferver a amostra com vidro de relógio com água deionizada;
- Esfriar e retirar água do vidro de relógio;
- Lavar as paredes internas do Becker com água deionizada;
- Adicionar 32 ml de hidróxido de sódio;
- Ajustar o Ph;

Os cinco primeiros microclimas atacados foram o MLLS-S, MLLS-N e MLOM-N, MLOI-N e MLLM-N, os outros dois restantes ainda estão para ser processados em laboratório.

As fotos abaixo mostram os procedimentos dos processos de ataque das amostras dos cinco microambientes analisados até o momento.



As amostras, inicialmente, continham 0,8 gramas (g) para a primeira camada e variaram entre 0,9 e 1,0 g para as camadas dois e três. As fotos acima referem-se, respectivamente, as etapas de: (A) pesagem das amostras para controle em balança não precisa, (B) Secagem das amostras selecionadas em ambiente apropriado pelo período mínimo de 24 horas, (C) após esse período, faz-se a pesagem em balança de precisão, (D) ataque das amostras com ácido nítrico (15ml) e (E) colocação das amostras na “capela” do laboratório para fervura, com um magneto em meio a solução com vidro de relógio e água deionizada sobre o vidro.



Seguindo a sequência, respectivamente: (F) retirada da água deionizada do vidro de relógio da parte superior e esfriar a solução, (G) limpeza das paredes internas do Becker contendo a solução com água deionizada e, por fim, (H) adição de 32 ml de hidróxido de sódio.

6. RESULTADOS E ANÁLISE

As tabelas apresentam os valores de Cs para as amostras aos 18 anos utilizados na pesquisa.

Tabela 1. Resultado dos ensaios (Profundidade x teor de cloretos) para os microambientes MLLM-N e MLOI-N.

MLLM-N		MLOI-N	
Profundidade média (cm)	Teor de cloretos (%)	Profundidade média (cm)	Teor de cloretos (%)
0,231	1,112	0,313	0,610
1,200	0,783	1,388	0,364
2,221	0,695	2,450	0,355
4,588	0,391		

Tabela 2. Resultado dos ensaios (Profundidade x teor de cloretos) para os microambientes MLOM-N e MLLS-N.

MLOM-N		MLLS-N	
Profundidade média (cm)	Teor de cloretos (%)	Profundidade média (cm)	Teor de cloretos (%)
0,254	0,375	0,338	0,133
1,308	0,364	1,344	0,133
2,325	0,291	2,349	0,177

Tabela 3. Resultado dos ensaios (Profundidade x teor de cloretos) para o microambiente MLLS-S.

MLLS-S	
Profundidade média (cm)	Teor de cloretos (%)
0,298	0,057
1,448	0,093
2,634	0,105

Observa-se no gráfico da figura 12 que o microambiente MLLM-N não apresentou picos do teor de cloretos na idade dos 18 anos. Comparando com o gráfico da figura 17 (Perfil de cloretos MLLM (Oliveira. 2013)), conforme o autor esse microambiente apresentou picos do teor de cloretos apenas para as idades de 5 e 15 anos, e para 9,5 anos não.

Nos gráficos das figuras 13 e 14 os microambientes MLOI-N e MLOM-N também não apresentaram formação de pico. Segundo Silva, C. A., 2010 esses ambientes apresentaram picos nas idades de 5 e 9,5 anos, não sendo avaliado aos 15 anos por Oliveira J. C. P, 2013.

Nos gráficos das figuras 15 e 16, nos microambientes MLLS-N e MLLS-S há a tendência de formação de pico pela elevação do teor de cloretos com o aumento da profundidade. Fazendo uma análise comparativa com o gráfico da figura 20 (Perfil de cloretos MLLS (Oliveira, 2013)) o microambiente MLLS apresentou um pico nas idades de 5 e 15 anos, não formando pico na idade de 9,5 anos.

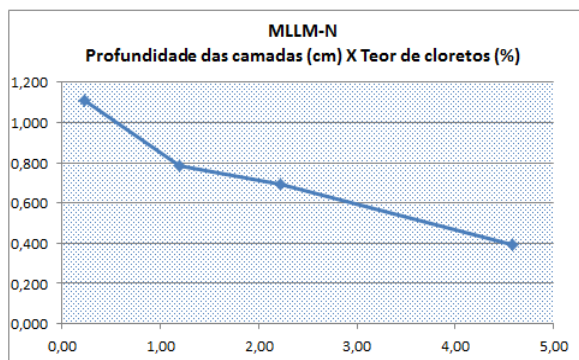


Figura 12. Perfil de cloretos para MLLM-N.

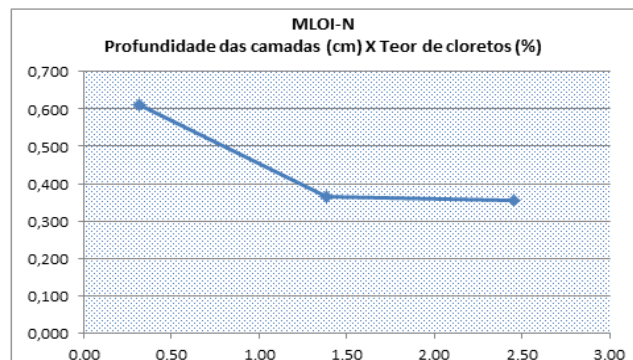


Figura 13. Perfil de cloretos para MLOI-N.

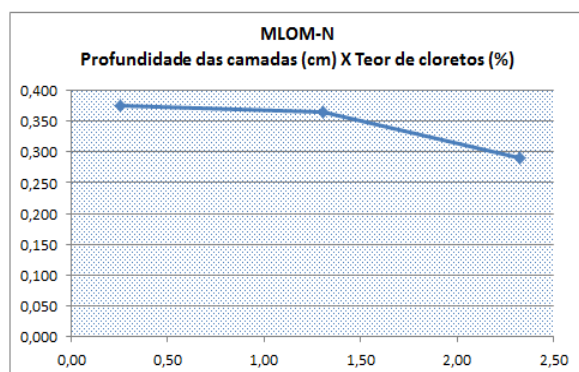


Figura 14. Perfil de cloretos para MLOM-N.

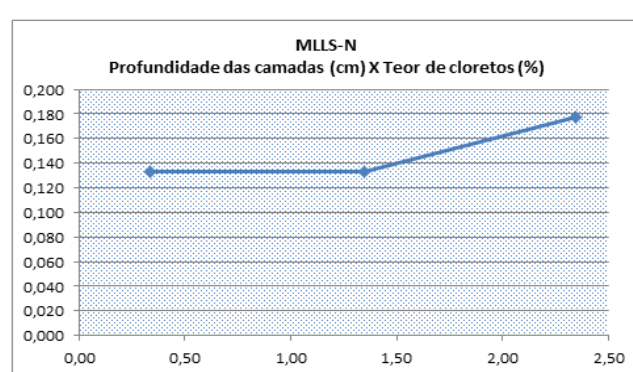


Figura 15. Perfil de cloretos para MLLS-N.

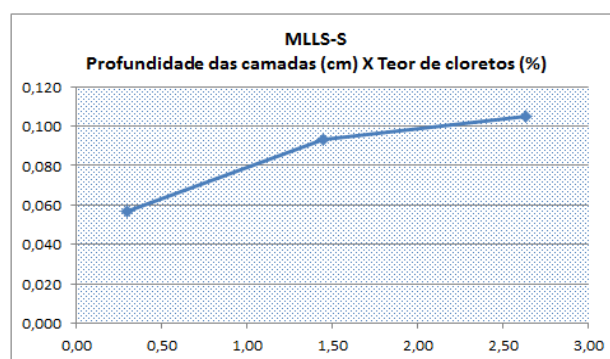


Figura 16. Perfil de cloretos para MLLS-S.

Os gráficos das figuras 17 (Perfil de cloretos MLLM (Oliveira, 2013)), 18 (Perfil de cloretos MLOI (Oliveira, 2013)), 19 (Perfil de cloretos MLOM (Oliveira, 2013)) e 20 (Perfil de cloretos MLLS (Oliveira, 2013)) são para comparação dos resultados discutidos anteriormente. Os perfis de cloretos para a idade de 5 anos foram obtidos por Guimarães, (2000), já os perfis aos 9,5 anos por Silva, (2010) e os perfis de 15 anos por Oliveira, (2013).

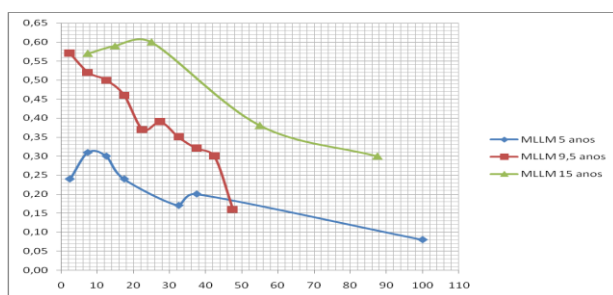


Figura 17. Perfil de cloretos MLLM (Oliveira, 2013).

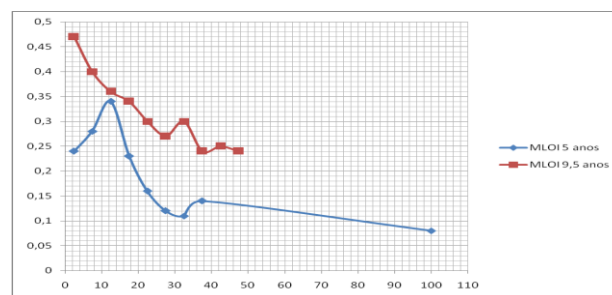


Figura 18. Perfil de cloretos MLOI (Oliveira, 2013).

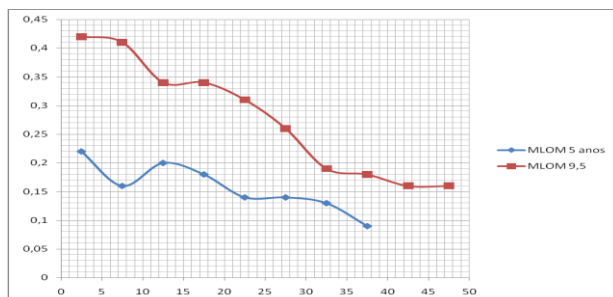


Figura 19. Perfil de cloretos MLOM (Oliveira, 2013).

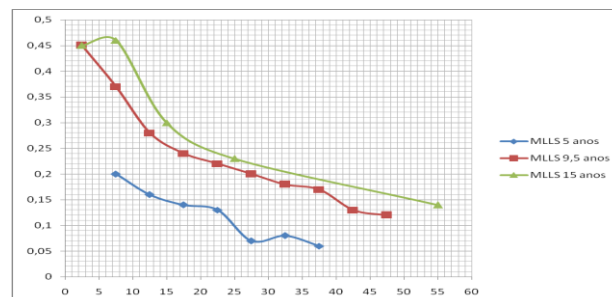


Figura 20. Perfil de cloretos MLLS (Oliveira, 2013).

O ambiente tem forte influência sobre o valor de teor de cloretos na superfície da estrutura, entre os quais, a salinidade do ambiente, direção e intensidade dos ventos, temperatura, insolação e precipitação. Logo, em função do ambiente em que o concreto esteja inserido o valor de CS pode apresentar grandes variações.

Os materiais empregados no concreto também implicam no ataque desses agentes, por exemplo, o cimento ARI não é recomendável para obras marítimas conforme os resultados obtidos na pesquisa de Rodrigues (2009) e Guimarães (2000). No entanto, o mais adequado para este tipo de ambiente, segundo as recomendações da NBR 6118/2000, é o cimento CPIII (alto forno) e CPIV (pozolânico) ou o uso de aditivos a base de pozolanas ou cinza de casca de arroz.

O cobrimento do concreto é outro fator que deve ser levado em consideração, onde deve ser maior em zonas de respingo e maré do que em zonas submersas devido à maior quantidade de oxigênio presente, indispensável à corrosão.

7. CONCLUSÕES

Silva, C. A. 2010 concluiu que os perfis que tinham pico ou oscilação no teor de cloretos, na idade de 5 anos, não apresentaram essas características aos 9,5 anos, ou seja, apresentaram perfis sem formar pico.

Oliveira, J. C. P., 2013 salienta que a variação do CS se ajusta melhor em função da raiz do tempo, mas, esse ajuste, leva a considerar um CS máximo, pois este, considerando a raiz do tempo, continua aumentando muito em idades maiores.

Os modelos dos perfis de cloretos estudados por Silva, C. A., 2010 aos 5 e 9,5 anos e por Oliveira, J. C. P., 2013 aos 15 anos, mesmo que somente para dois microambientes, apresentaram uma boa estimativa para a idade de 18 anos, embora o número de camadas extraídas seja menor para esse estudo.

Esses picos formados em alguns dos microambientes estudados nos tetrápodes do Molhe Leste da Barra do Rio Grande podem ser pelas chuvas e ventos frequentes na estação do inverno que atingem os tetrápodes bruscamente e com maior frequência. Estas águas podem extrair cloretos durante o inverno, fazendo com que este pico apareça no verão (Oliveira, J. C. P., 2013), em conformidade com alguns dos perfis analisados.

Na estação do verão, com a frequência de chuvas consideravelmente menor que na estação do inverno, o baixo nível da água do canal e a alta salinidade da água faz com que os cloretos penetrem com maior intensidade, desfazendo o pico. Portanto o processo de molhagem e secagem também deve ser considerado nos perfis.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, M. C., 1992. Manual para Diagnóstico de Obras Deterioradas por Corrosão de Armaduras. Tradução e adaptação Antonio Carmona e Paulo Helene. São Paulo, Pini, SP, Brasil.
- Cascudo, O., 1997. O Controle da Corrosão de Armaduras em Concreto: Inspeção e Técnicas Eletroquímicas. 1º Ed., São Paulo, Pini, SP, Brasil.
- Figueiredo, E. P.; Helene, P. R. L. Assim caminha a Corrosão. *Téchne*, v. 10, P. 28-33, maio/junho. São Paulo, Pini, 1994.
- Gentil, V. Corrosão. 4º Edição, LTC, 2003, 201-212.
- Guimarães, A. T. C. et al. 2003. Durabilidade de Tetrápode de Concreto Contaminado com Íons Cloreto: estudo de caso. 45º Congresso Brasileiro do Concreto, Anais. Espírito Santo, ES, Brasil.
- Helene, R.R.L. Corrosão em Armaduras para Concreto Armado. Pini/ipt São Paulo, 1986.
- Helene, P. R. L.; Terzian, P. Manual de dosagem e controle do concreto. São Paulo, Pini, 1992.
- Helene, P. R. L. – Contribuição ao Estudo da Corrosão em Armaduras de Concreto Armado. São Paulo, 1993. Tese (livre docência), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Civil.
- Magalhães, C. P.; Folloni, R.; Furmam, H. Análise da Patologia das Obras de Arte do Município de São Paulo. In: Simpósio Nacional de Reforços, Reparos e Proteção das Estruturas de concreto, São Paulo, maio, 1989. Anais, São Paulo, EPSUP, 1989. P. 3-17.
- Malheiro, R. L. M. C., 2008. Influência do Revestimento de Argamassa no Transporte de Cloretos em Estruturas de Concreto Armado no Meio Urbano. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil.
- Mehta, P. K. e Monteiro, P. J. M., 1994. Concreto: Estruturas, Propriedades e materiais; São Paulo, Ed. Pini, SP, Brasil.
- Meira, G. R., 2004. Agressividade por Cloretos em Zonas de Atmosfera Marinha Frente ao Problema da Corrosão em Estruturas de Concreto Armado. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.
- Migliorini, A. V. & Guimarães, A. T. C., 2008. Tipos de bloco de concreto para estrutura hidráulica de proteção as ondas marítima e análise visual dos tetrápode da barra de Rio Grande. Departamento de materiais e construção. Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Rio Grande, RS, Brasil.
- Mohammed, T. U. & Hamada, H., 2003. Relationship Between free Chloride and total Chloride Contents in Concrete. *Cement and Concret Research*.
- Neville, A. M., 1997. Propriedades do Concreto. Trad. Salvador E. Giammusso. São Paulo, SP, Pini, Brasil.
- Oliveira, J. C. P., 2013. Avaliação de modelo considerando a variação no tempo do teor de cloretos na superfície. Projeto de Graduação em Engenharia Civil Empresarial, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande.
- Ribeiro, D. V., 2014. et al. Corrosão em Estruturas de Concreto Armado: teoria, controle e métodos de análise. Rio de janeiro: Elsevier Editora Ltda. 246 p.
- Silva, C. A., 2015. Comportamento dos perfis de cloreto em tetrápodes localizados nos molhes da barra (Rio Grande – RS – Brasil). Dissertação de Mestrado em Engenharia Oceânica, Programa de Pós Graduação em Engenharia Oceânica, Universidade Federal do Rio Grande Rio Grande, RS, Brasil.
- Toukaku, 2007. Disponível site: <http://members.aol.com/paperworks77/toukakutoueimokei/toukakutoueimokei.htm>. Acessado dia: 12 de março.
- Treadaway, K., 1988. Corrosion period. In: SCHIESSEL, Corrosion of Steel in Concrete. New York: RILEM / Chapman and Hall.