

# ESTUDO DO TRANSPORTE DE SAIS EM ZONA DE ATMOSFERA MARINHA NOS PLANOS HORIZONTAL E VERTICAL

Wladimir Tejo de Araújo Pinto Medeiros<sup>(1)</sup>; Gibson Rocha Meira<sup>(2)</sup>

(1) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, e-mail: [wladimirmedeiros@hotmail.com](mailto:wladimirmedeiros@hotmail.com)

(2) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, e-mail: [gibsonmeiros@yahoo.com](mailto:gibsonmeiros@yahoo.com)

## Resumo

*A taxa de deposição de cloretos da névoa salina é uma das formas de estudar a presença de cloretos em zona de atmosfera marinha, porém é um parâmetro pouco utilizado nas pesquisas de corrosão de estruturas de concreto armado, mas usualmente explorado nos estudos de corrosão metálica. A taxa de deposição de cloretos foi monitorada em pontos de exposição horizontal e vertical na cidade de João Pessoa empregando-se os procedimentos descritos na norma ASTM G140. Os resultados indicam uma redução da presença salina à medida que se distancia do mar e com a elevação da superfície do solo, contribuindo para definir critérios de durabilidade para estruturas de concreto armado de acordo com a agressividade local, tanto nos planos horizontal quanto no plano vertical.*

**Palavras-chave:** Cloretos, Corrosão, Vela-úmida.

## Abstract

*Chloride deposition rate on wet candle is one way used to study chloride presence in marine atmosphere zone. However, it is a parameter less used in studies focused on corrosion of reinforced concrete structures, but regularly adopted in metallic corrosion studies. The chloride deposition rate was monitored in horizontal and vertical exposure points in João Pessoa city coast. ASTM G140 procedures were adopted for this purpose. The results show that there is a decrease in aerosol salinity as the distance from the sea and the height from the ground surface increase, which contributes to set durability requirements for reinforced concrete structures in accordance with the local environmental aggressiveness, either in the horizontal plan or in the vertical plan.*

**Keywords:** Chloride, corrosion, wet candle.

## 1. INTRODUÇÃO

A deterioração de estruturas de concreto armado é um problema verificado em diversas partes do mundo, problemas estes de longa data como comprovado pelos estudos de Hadley (1948), realizados na costa do pacífico nos Estados Unidos, na primeira metade do século XX, mostrando estruturas marítimas com idades entre 20 e 30 anos com elevado grau de deterioração. Também comprovados pelos estudos de Chandra et al. (1994), na Suécia, apresentando problemas em pontes com pouco mais de 20 anos.

No Brasil, esse problema se estende por todo território nacional, mostrando, através de diagnósticos realizados ao longo dos anos sobre a incidência de manifestações patológicas, altas porcentagens relativas à corrosão de armaduras. Aranha (1994), afirma que 46% das manifestações patológicas da região Norte são relativas à corrosão de armaduras. O Nordeste apresenta 64%, segundo Andrade (1997). O Centro-Oeste apresenta umas das menores taxas, apenas 30%, a partir dos estudos de Nince e Clímaco (1996). Percentual semelhante ao

apresentado por Carmona e Marega (1988) na região Sudeste. Por fim, a região Sul apresenta percentuais de 40%, expostos por Dal Molin (1988).

Nesse cenário, a zona de atmosfera marinha, que compreende aquela faixa de continente na qual os sais marinhos são transportados do mar na direção do continente, é aquela na qual se concentra a maioria das construções sujeitas à ação agressiva do mar. Porém, poucos foram os estudos dedicados a essa zona, em especial, estudos em condições naturais de exposição, podendo-se citar os trabalhos de Jaegermann (1990), Castro et al. (2001), Meira (2004) e Rincón (2006). Esses estudos mostram a redução de salinidade do aerosol marinho com o distanciamento do mar e, em alguns casos, avançam na análise da influência de alguns parâmetros ambientais no comportamento de perfis de cloretos no concreto.

Ainda no campo dos estudos dedicados à exposição natural, podem ser citados os trabalhos de Sandberg et al. (1998) na Suécia, Bamforth (1999), no Reino Unido, Costa e Appleton (1999) em Portugal, Andrade et al. (2000) na Espanha e Lindvall (2007) envolvendo países da Europa e a Austrália. Contudo, nenhum desses avançou em relação ao comportamento do aerosol marinho.

Nesse sentido, o trabalho aqui proposto se insere nesse ambiente e se propõe a estudar a presença de cloretos na zona de atmosfera marinha, considerando a sua distribuição nos planos horizontal e vertical, contribuindo para que se possa adequar melhor as características das estruturas às condições de agressividade ambiental, reduzindo, conseqüentemente, custos de manutenção.

## **2. ESTUDO DO TRANSPORTE DE SAIS EM ZONA DE ATMOSFERA MARINHA**

### **2.1. Método utilizado**

Para a realização deste trabalho, o planejamento experimental inclui o monitoramento ambiental em zona de atmosfera marinha, o qual se deu através das variáveis temperatura, umidade relativa, direção do vento, velocidade do vento, precipitação e taxa média de deposição de cloretos na vela úmida.

Os dados sobre climatologia foram obtidos junto ao INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, 3ª Regional, através de relatórios da estação climatológica de João Pessoa.

O estudo do transporte de cloretos em zona de atmosfera marinha se deu através da exposição de aparatos conhecidos como vela úmida, seguindo procedimentos descritos pela ASTM G-140 (2002). A escolha das distâncias em relação ao mar para disposição das amostras se baseou em resultados que indicaram faixas de exposição entre 400 e 780 metros em relação ao mar (JAEGERMANN, 1990; CASTRO et al., 2001) e medidas piloto de deposição de cloretos realizadas através do ensaio da vela-úmida (ASTM, 2002).

Os pontos horizontais escolhidos foram a 10, 100, 200, 500 e 1100 metros de distância em relação ao mar e os pontos verticais a 3, 6, 9 metros em relação a solo. A localização desses pontos pode ser vista na figura 1.

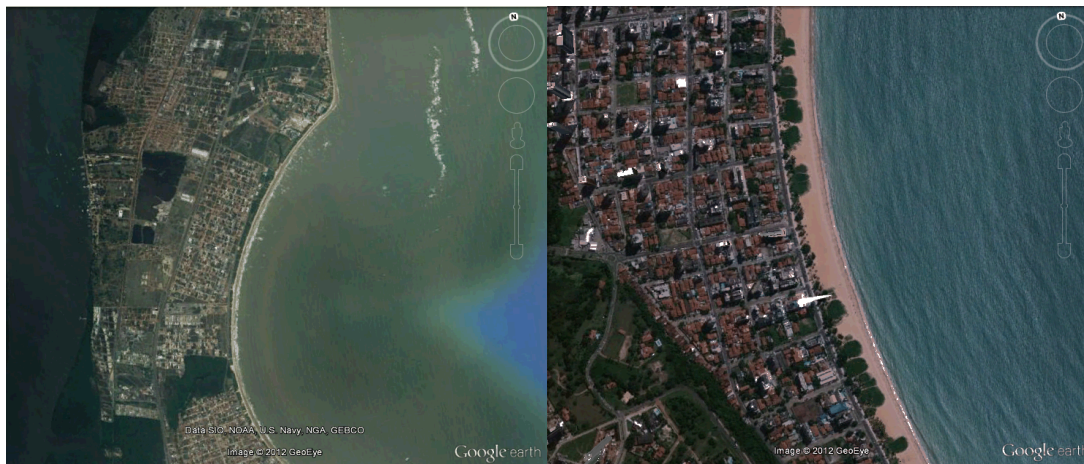


Figura 1 - Localização dos pontos horizontais e verticais. Fonte: Google Earth

## 2.2. Resultados

A região da cidade de João Pessoa possui um clima tropical. A temperatura média varia, sempre próxima  $30^{\circ}\text{C}$  ao longo do ano, variando um pouco acima de  $30^{\circ}$  em algumas épocas do ano. A umidade relativa do ar permanece sempre entre 60% e 70%. Os ventos possuem direção Sul-Sudeste predominantemente e no verão possui também ventos na direção Nordeste. A velocidade desses ventos varia entre 1,0 m/s e 4 m/s, podendo chegar a marca de 5,0 m/s nos meses de maior incidência. Esses valores podem ser visto na figura 2.

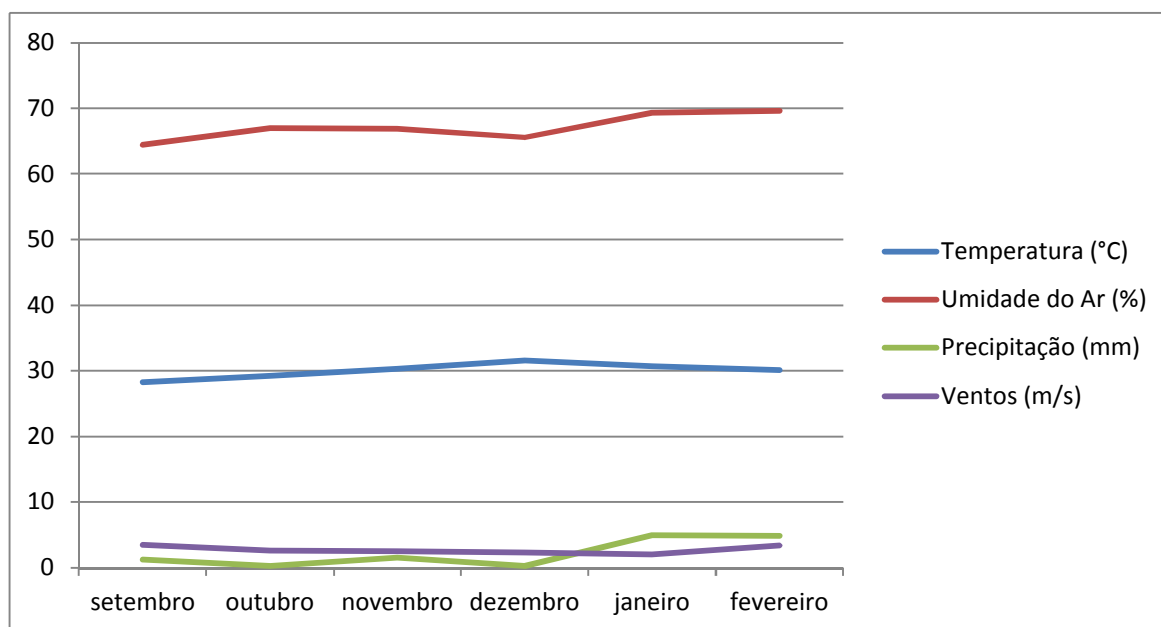


Figura 2 - Dados climatológicos

Os resultados obtidos em relação à deposição de cloretos na vela-úmida, revelam que existe uma queda na quantidade de cloreto no ar à medida que há um afastamento em relação ao mar e a também à medida que há uma elevação em relação ao solo. Isso ocorre pelos efeitos de deposição/remoção de sais do aerosol enquanto o mesmo é transportado para o interior do continente, bem como em função do efeito gravimétrico, que impede que partículas maiores

alcancem alturas consideráveis, reduzindo, portanto, a concentração salina no aerosol. Esse comportamento pode ser observado através das figuras 3 e 4.

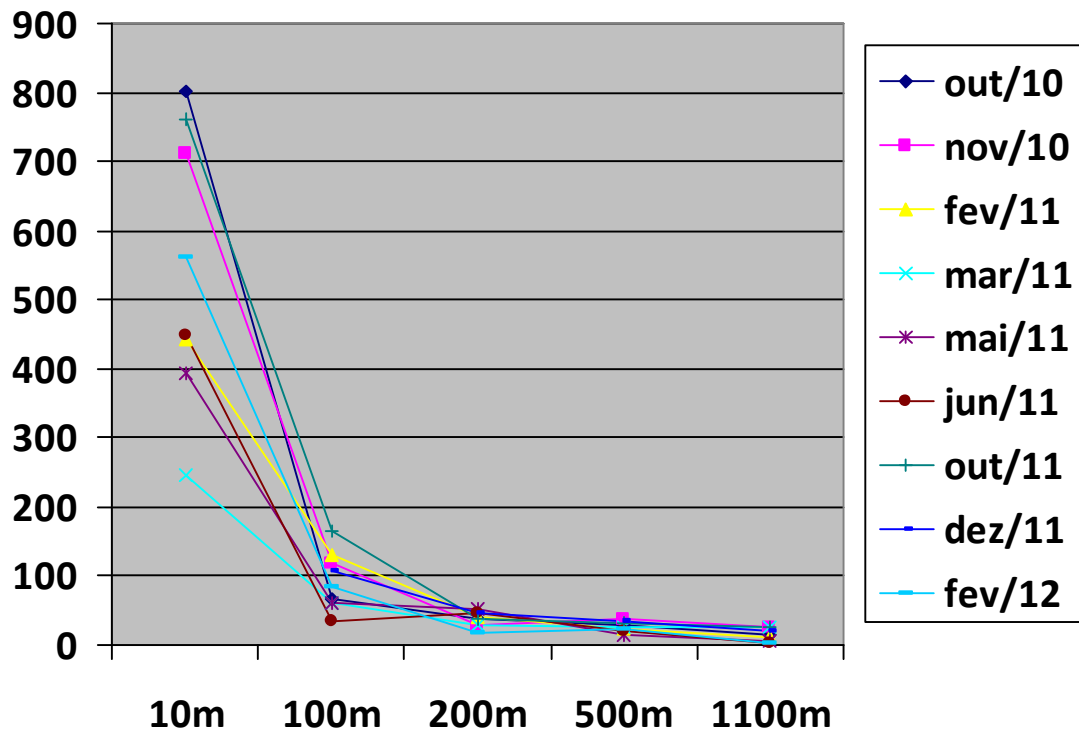


Figura 3 – Avaliação da deposição salina no plano horizontal

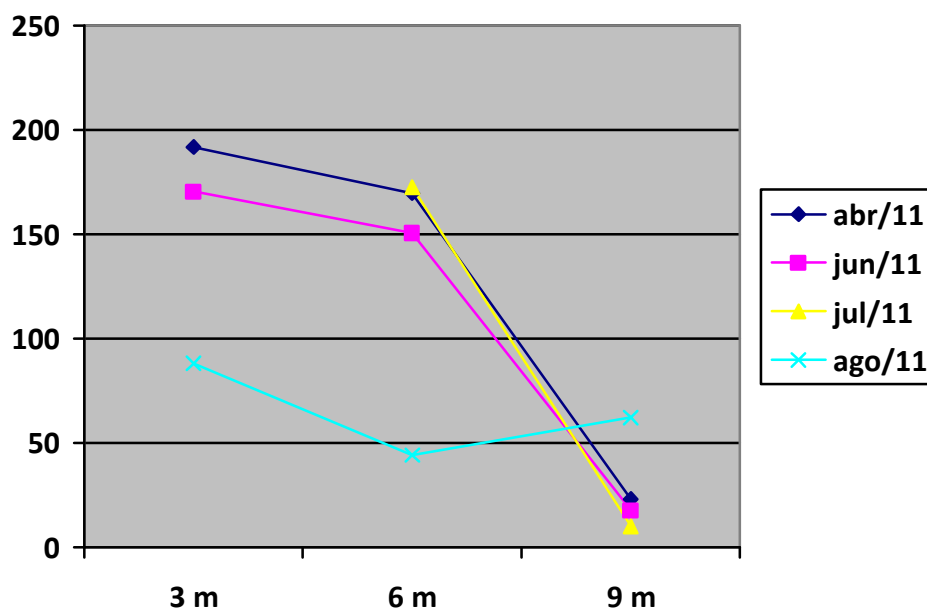


Figura 4 – Avaliação da deposição salina no plano vertical

Com o afastamento em relação ao mar, a redução na presença de cloretos ocorre de forma mais acentuada nos primeiros 200 metros, assumindo redução menos acentuada nos metros seguintes. Isso se deve ao fato de que as partículas maiores do aerosol, portanto as mais concentradas e de maior massa, são removidas de forma mais rápida, enquanto que as partículas menores e menos densas têm menor tempo de residência.

No plano vertical, os pontos de coleta mais baixos recebem uma maior quantidade de cloretos, o que diminui gradativamente nos segundo e terceiro pontos de coleta (Figura 4).

Os valores em cada ponto variam de mês para mês. Isso ocorre devido à mudança da intensidade do vento nos diferentes meses do ano. Porém ela é mais perceptível nos pontos mais próximos do mar, principalmente no ponto a 10 metros. Nos demais pontos há essa mudança, mas de forma menos pronunciada. Os meses de outubro apresentam valores de deposição de cloretos mais altos, isso é percebido devido aos valores de intensidade do vento que tem uma variação entre 3 e 5 m/s neste mês. Já o mês de março é o que possui menor deposição de cloretos, devido também à velocidade dos ventos que neste mês tem uma variação entre 1 e 3 m/s.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos que visem contribuir para a minimização da deterioração precoce das construções, reduzindo custos de manutenção, através da melhor adequação das características da estrutura às condições de agressividade ambientais, têm um papel importante diante do quadro aqui apresentado.

A taxa de deposição de cloretos está relacionada com a distância em relação ao mar e também com a altura em relação ao nível do solo. Quanto mais próximo do mar, maior será a presença de cloretos e, quanto mais próximo do solo, maior também será a sua concentração. À medida em que há o afastamento do mar e elevação em relação ao nível do solo, a sua presença diminui, afetando em menor intensidade as estruturas de concreto.

A taxa de deposição de cloretos também se relaciona diretamente com a velocidade dos ventos, quanto maior a velocidade do vento em um mês, maior será a deposição de cloretos, principalmente nos pontos que estão mais próximos ao mar.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM G-140 (2002). Standard test method for determining atmospheric chloride deposition rate by wet candle method. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia.

ANDRADE, C.; SAGRERA, J. L.; SANJUÁN, M. A. Several years study on chloride ion penetration into concrete exposed to atlantic ocean water. In: SECOND INTERNATIONAL RILEM WORKSHOP ON TESTING AND MODELLING CHLORIDE INGRESS INTO CONCRETE. Proceedings ... Paris: RILEM, 2000.

ANDRADE, J. J. de O. Durabilidade das estruturas de concreto armado: análise das manifestações patológicas nas estruturas no estado de Pernambuco (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. 148 p.

ARANHA, P. M. S. Contribuição ao estudo das manifestações patológicas em estruturas de concreto armado na região amazônica (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1994. 144 p.

BAMFORTH, P. B. The derivation of input data for modeling chloride ingress from eight –year UK coastal exposure trials. Magazine of concrete research, v. 51, n.2, p. 87 - 96, 1999.

CARMONA, A.; MAREGA, A. Retrospectiva da patologia no Brasil – estudo estatístico. Colloquia'88 (Jornada en Español y Portugués sobre estructuras y materiales), Madrid, 1988, p. 101-123.

- CASTRO, P.; RINCÓN, O. T.; PAZINI, E. Interpretation of chloride profiles from concrete exposed to tropical marine environments. *Cement and Concrete Research*, v. 31, p. 529 – 537, 2001.
- CHANDRA, S.; CEDERWALL, K.; NILSSON, I. H. E. Durability problems in Swedish concrete bridges -case studies. In: P.K. METHA SYMPOSIUM ON DURABILITY OF CONCRETE, 1994, Nice.Proceedings ... Nice: AGI, 1994, p. 223-241.
- COSTA, A.; APPLETON, J. Chloride penetration into concrete in marine environment - part II: prediction of long term chloride penetration. *Materials and Structures*, v.32, p. 354-359,1999.
- DAL MOLIN, D. C. C. Fissuras em estruturas de concreto armado: análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no Estado do Rio Grande do Sul (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1988.
- HADLEY, H. M. Concreto em água do mar – necessária revisão do ponto de vista. São Paulo, ABCP, 1948.
- JAEGERMANN, C. Effect of water-cement ratio and curing on chloride penetration into concrete exposed to Mediterranean sea climate. *ACI Materials Journal*, v. 87, n. 4, p. 333-339, 1990.
- LINDVALL, A. Chloride ingress data from field to laboratory exposure – influence of salinity and temperature. *Cement and Concrete Composites*, v. 29, p. 88 – 93, 2007.
- MEIRA, G. R. Agressividade por cloretos em zona de atmosfera marinha frente ao problema da corrosão em estruturas de concreto armado. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 369 p.
- NINCE, A. A.; CLÍMACO, J. C. T. S. Levantamento de dados sobre deterioração de estruturasna região centro-oeste do Brasil. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON HIGHPERFORMANCE CONCRETE AND PERFORMANCE AND QUALITY OF CONCRETE STRUCTURES (1996: Florianópolis). Proceedings... Florianópolis:UFSC, 1996. p. 414 – 424.
- RINCÓN, O. T. et al. Durability of concrete structures: DURACON, an iberoamerican project. Preliminary results. *Building and Environment*. v.41, p.952 – 962, 2006.
- SANDBERG, P.; TANG, L.; ANDERSEN, A. Recurrent studies of chloride ingress in uncracked marine concrete at various exposure times and elevations. In: *Cement and Concrete Research*, v.28, n.10, pp. 1489-1503, 1998.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa de iniciação científica de Wladimir Tejo e ao IFPB pelo incentivo à pesquisa dos seus alunos.