DETERMINAÇÃO DE SALINIDADE EM ESTRUTURAS METÁLICAS LOCALIZADAS NO CENTRO HISTÓRICO NA CIDADE DE SÃO LUÍS - MA

Moises de Araujo Santos Jacinto¹, Gleyce Karoline Ferreira Correia², Marcos Henrique Costa Coelho Filho³, Mariana de Sousa Prazeres⁴, Bruna da Costa Silva⁵

1 Engenheiro civil. Mestrando em Estruturas e Construção Civil pela Universidade Federal do Pará UFPA – Belém, Pará, Brasil.

2 Engenheira civil. Bacharel Engenharia Civil pela Universidade CEUMA – São Luís, Maranhão, Brasil.

3 Engenheiro civil. Pós-graduando em Master Bim: Ferramentas de gestão e projeto pelo Instituto de Pós-graduação e Graduação (IPOG), São Luís, Maranhão, Brasil.

4 Engenheira civil. Mestranda em Estruturas e Construção Civil pela Universidade Federal do Pará UFPA – Belém, Pará, Brasil.

5 Engenheira civil. Mestranda em Estruturas e Construção Civil pela Universidade Federal do Pará UFPA – Belém, Pará, Brasil.

Email de contato: moisesaraujosantosjacinto@gmail.com

Recebido em: 15/08/2020 – Aprovado em: 15/09/2020 – Publicado em: 30/09/2020

DOI: 10.18677/EnciBio_2020C14

RESUMO

A pesquisa tem como objetivo principal determinar a salinidade em estruturas metálicas em cinco pontos diferentes no centro histórico de São Luís – MA. As amostras coletadas foram analisadas em laboratório e, através dos testes quantitativos, foi possível obter a condutividade, teor de sais dissolvidos, pH e a salinidade e, a partir de testes qualitativos foi possível observar a presença de cloretos e sulfatos nas amostras. Os métodos utilizados para a análise quantitativa foram o uso de um medidor multiparâmetro, pHmetro e um cálculo matemático para conversão de condutividade para salinidade. Para a análise qualitativa foram utilizados alguns reagentes químicos nas amostras e um agitador de tubos de ensaio para sua homogeneização. Os resultados obtidos mostraram a média e o desvio padrão das amostras triplicadas, em quais pontos houve maior incidência de corrosão e quais os principais parâmetros que tiveram influência, tais como umidade, ventos, temperatura, precipitações, teor de cloretos e sulfatos. Foi possível observar também que as estruturas em ambientes mais expostos apresentaram maior condutividade, teor de sais dissolvidos, salinidade e menor pH. Não houve presença de sulfatos nas amostras e apenas duas apresentaram cloretos.

PALAVRAS-CHAVE: Corrosão. Estruturas Metálicas. Salinidade.

DETERMINATION OF SALINITY IN METALLIC STRUCTURES LOCATED IN THE HISTORIC CENTER IN THE CITY OF SÃO LUÍS - MA

ABSTRACT

The research has as main objective to determine the salinity in metallic structures in five different points in the historical center of. The collected samples were analyzed in laboratory and, through the quantitative tests, it was possible to obtain the conductivity, dissolved salts content, pH and salinity and, from qualitative tests, it was possible to observe the presence of chlorides and sulphates in the samples. The methods used for the quantitative analysis were the use of a multiparameter meter, pH meter and a mathematical calculation for the conversion of conductivity to salinity. For the qualitative analysis, some chemical reagents were used in the samples and a test tube agitator was used for homogenization. The results obtained showed the average and the standard deviation of the triplicate samples, in which points there was a higher incidence of corrosion and the main parameters that had influence, such as humidity, winds, temperature, precipitations, chloride and sulfate content. It was also possible to observe that the structures in more exposed environments showed higher conductivity, dissolved salt content, salinity and lower pH. There were no sulphates in the samples and only two presented chlorides.

KEYWORDS: Salinity. Corrosion. Metallic structures.

INTRODUÇÃO

A cidade de São Luís é um município brasileiro e capital do estado do Maranhão que está localizada na ilha de Upaon-Açu, no Atlântico Sul entre as baías de São Marcos e São José de Ribamar (RBRH, 2007). Essa cidade, assim como muitas outras, está em constante crescimento demográfico e consequentemente há um aumento de instalações, equipamentos e estruturas metálicas expostas à atmosfera (LORA et al., 2000). Por ser uma cidade litorânea, cercada por quilômetros de praias, o teor de sais na atmosfera é muito grande, e isso deve comprometer muitas estruturas, principalmente as estruturas metálicas. Essa fina e salgada névoa que paira sobre as cidades litorâneas pode destruir diversos objetos, inclusive elementos construtivos (FORTE; FERRAZ, 2011).

O maior problema de se utilizar estruturas metálicas é a instabilidade química, ou seja, estas estão suscetíveis a deterioração devido a ações internas e principalmente externas. Estudos mostram que o gasto total com a degradação desses materiais chega a 5% do Produto Nacional Bruto, e que cerca de 20 a 25% desse gasto, se houvessem um controle de tecnologias apropriadas, poderiam ser evitadas (YUANTAI et al., 2010). A estimativa no Brasil é de cerca de US\$ 15 bilhões por ano de gastos referentes aos processos corrosivos, sendo que, com o uso de métodos preventivos, poderiam economizar até US\$ 5 bilhões (BRAMBILLA, 2011). O objetivo geral deste trabalho é determinar a quantidade de sais em estruturas metálicas em cinco pontos do centro histórico localizado na cidade de São Luís – MA.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Salinidade e condutividade

A salinidade se refere a quantidade de sais dissolvidos (íons) em uma determinada quantidade de água que lhe serve como solvente. Pode ser medida como sólidos totais dissolvidos (TDS) ou sais solúveis totais (TSS) e é expresso em parte por milhão (ppm) (GAIO, 2016).

A condutividade é caracterizada pela facilidade dos materiais em transportar cargas elétricas. Ela tem relação com quantidade de íons dissolvidos em água, ou seja, quanto maior a quantidade de elétrons livres de um material, maior será a capacidade da água de conduzir corrente elétrica. Quanto maior a concentração de íons dissolvidos, maior será a condutividade na água. Mesmo não concedendo medidas de concentração reais de um íon presente, proporciona uma melhor percepção da salinidade total, que supõe a origem e o grau de contaminação da água, indiretamente (ALVES, 2010).

Potencial de hidrogênio (pH)

O pH, ou potencial de hidrogênio, é uma medida da condição de alcalinidade, neutralidade ou acidez da água, e representa a concentração de íons de hidrogênio. O pH é neutro quando é 7, acima desse valor é alcalino e, abaixo de 7 é ácido. Deve-se ressaltar que a escala do pH é logarítmica, isso implica dizer que cada unidade possui variação de 10 unidades na concentração de íons H (MAIA et al., 2015).

A influência do pH nos metais, na velocidade de oxidação é diferente para cada um deles. O ferro e o aço, praticamente não oxidam no intervalo entre $4 < \text{pH} < 12$, enquanto ocorre o mesmo com o estanho, o alumínio e o zinco, porém no intervalo de $6 < \text{pH} < 10$. Quanto menor o pH, mais ácido é o meio e a velocidade de oxidação é maior, como é o caso do magnésio, o cobre, o níquel, o cobalto, o cádmio e o crômio. No caso do ouro, o paládio e a platina, essa velocidade não altera (GUIMARÃES; TAIPAS, 2015).

Corrosão

A corrosão é definida como a deterioração de materiais metálicos e não metálicos por ações eletroquímicas ou químicas do meio ambiente (GENTIL, 2007). Por ser um processo espontâneo, transforma frequentemente os materiais de modo que seu desempenho e durabilidade deixam de corresponder sua finalidade. As consequências das interações físico-químicas entre o meio e o material são desgastes, alterações e modificações estruturais que podem afetar sua durabilidade e seu desempenho. É importante lembrar que os danos causados por fenômenos físicos não são considerados corrosão, e sim, abrasão, desgaste ou erosão (SICA, 2006).

Dentre as principais causas de corrosão estão: a corrosão atmosférica; influência da ação dos ventos; temperatura; precipitação; radiação solar; teor de cloretos e teor de sulfatos. Destes, os dois últimos merecem maior destaque na pesquisa (GENTIL, 2007).

Quanto ao teor de cloretos, os íons cloretos são bastante agressivos à maioria dos materiais. A principal fonte desses íons é a água do mar, onde contém cálcio, sódio e magnésio, ou seja, sais que condensam a água sobre a superfície dos materiais favorecendo sua degradação. Os cloretos acarretam ataques localizados nas estruturas formando pequenos buracos que ao se propagarem se transformam em pites (ANGST et al., 2011). Por ser um fator fundamental e muito importante, o teor crítico de cloretos serve para constatar e prognosticar a vida útil de uma estrutura metálica exposta a um ambiente que possui cloretos. Não existe um valor único do teor crítico de cloretos, devido à grande quantidade de parâmetros que influenciam o início da corrosão (NERI et al., 2013).

Ademais, quanto ao teor de sulfetos, o dióxido de enxofre é encontrado em bastante quantidade em atmosferas industriais e urbanas e é um dos principais

poluentes atmosféricos. O SO_2 possui um tempo de vida curto na atmosfera (0,5 a 2 dias), isso implica dizer que a intensidade no qual esses gases agem, é diretamente proporcional à distância da sua fonte (PORTELLA, 2011).

MATERIAL E MÉTODOS

A atual pesquisa foi realizada em cinco pontos do centro histórico de São Luís - MA. A área escolhida tem proximidade com o encontro do Rio Bacanga e do Rio Anil, que desagua na baía de São Marcos, logo, possui bastante influência da umidade, da ação dos ventos, de cloretos e sulfatos oriundos da água do mar. No ponto 1, foi obtida a amostra 1, em um poste metálico (Figura 1) localizado na Rua da Estrela, próximo à praça Nauro Machado.

FIGURA 1: Ponto 1: poste onde foi coletada a amostra 1 localizado na Rua da Estrela, próxima à Praça Nauro Machado.

Fonte: Autores (2018).

No ponto 2, foi obtida a amostra 2, em um hidrante na Rua Dialma Dutra, próximo ao Beco Catarina Mina. O ponto 3, onde obteve-se a amostra 3, localiza-se na Rua do Egito, exatamente na praça João Lisboa, onde a amostra foi tirada de um pequeno poste onde se encontrava uma lixeira (Figura 2).

FIGURA 2: A imagem à esquerda mostra o ponto 2 de coleta e a imagem à direita se encontra o ponto 3.

Fonte: Autores (2018).

O ponto 4 localiza-se em uma placa, na Praia Grande, próximo ao Cine Praia Grande, onde foi coletada a amostra 4. A amostra 5, foi obtida em uma placa, localizada na Rua da Manga, a aproximadamente, onde indica o ponto 5 (Figura 3).

FIGURA 3: À esquerda está o ponto 4 de coleta e à direita o ponto 5.

Fonte: Autores (2018).

Coleta das amostras de água em contato com as estruturas metálicas

As amostras (Figura 4) foram coletadas a partir do contato da água destilada com a superfície da estrutura metálica, através de bolsas coletoras descartáveis. Devido à superfície da maioria das estruturas terem uma seção cilíndrica, exceto uma delas, que era retangular, e principalmente devido ao atrito quando em contato com a fita que mantinha a bolsa coletora presa na superfície.

FIGURA 4: Amostras coletadas e guardadas em frascos de polietileno.

Fonte: Autores (2018).

Após todo o procedimento acima foram injetados 100 mL de água destilada na bolsa em contato com a superfície metálica, utilizaram-se seringas descartáveis de 20 mL. Cada amostra ficou em contato com o metal por aproximadamente 20 minutos e depois retirou-se novamente com a seringa e armazenou-se em frascos de polietileno de 200 mL.

Lembrando que para cada amostra foi utilizada uma bolsa, uma seringa, um par de luvas de látex, um frasco de polietileno diferente, para que não houvesse contato entre as amostras, não havendo assim contaminação ou alteração nos resultados.

Ensaio quantitativo de pH, Condutividade, Sólidos Dissolvidos Totais e Salinidade

Para esse ensaio utilizou-se um medidor multiparâmetro de bancada modelo 86505, marca AZ que é um instrumento utilizado para determinar a condutividade de uma solução de água de forma direta, assim como também serve para medir outros parâmetros da água, como o teor de sólidos dissolvidos etc. Para essa análise, utilizou-se um becker onde a amostra foi colocada até que o eletrodo do medidor entre em contato com a água, a partir daí obtiveram-se os resultados.

Para quantificar o pH, utilizou-se o pHmetro de bancada da marca KASVI. O procedimento foi o mesmo do medidor multiparâmetro. Lembrando que cada amostra foi analisada três vezes, e que, houve a calibração do aparelho antes de utilizá-lo, pois o mesmo fez a avaliação, quando imerso na amostra de água (Figura 5).

FIGURA 5: A imagem mostra um medidor multiparâmetro à esquerda e à direita um pHmetro.

Fonte: Autores (2018).

A salinidade foi obtida através de um método de conversão matemático. Para se converter a condutividade em salinidade foi necessário estar com a medida da condutividade da amostra em mãos, faz-se um cálculo onde o valor foi convertido e, então, obteve-se a salinidade exata a partir da seguinte sequência: Converteu-se a unidade de medida para milisiemens por centímetro (mS/cm); com a condutividade já convertida para mS/cm, elevou-se à potência 1,0878; o resultado foi retirado e multiplicado por 0.4665 e assim obteve-se a salinidade em (g/l) gramas por litro.

Ensaio qualitativo de presença de cloretos e sulfatos

Utilizou-se 10 mL de amostra, coletadas em pipetas e depois expelidas em tubos de ensaios numerados diferindo as amostras umas das outras. Para essa análise, foi preciso duas amostras de cada frasco, uma para o teste de cloretos e outra para o de sulfatos.

Para o teste de cloretos, adicionou-se nitrato de prata à amostra no tubo e logo em seguida foi homogeneizada por cerca de 15 segundos no agitador de tubos tipo Vortex modelo 772. Para o teste de sulfatos, o procedimento foi bem parecido,

porém, adicionou-se cloreto de bário às amostras de água. Após passar pelo agitador, pôde-se observar se houve ou não a presença de cloretos e sulfatos nas amostras a partir da presença ou ausência de turbidez da água.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os gráficos que seguem apresentam os resultados das médias das amostras realizadas em triplicatas e o desvio padrão de cada uma delas, analisadas no laboratório.

GRÁFICO 1: Média e desvio padrão da condutividade das amostras analisadas.

Fonte: Autores (2018).

Pode-se observar no Gráfico 1 que houve variação de condutividade em cada ponto, sendo o ponto 4 o mais elevado com condutividade de 39,6 $\mu\text{S/cm}$, em seguida o ponto 1 com 33,37 $\mu\text{S/cm}$, o ponto 3 com 26,07 $\mu\text{S/cm}$, o ponto 5 com 24,77 $\mu\text{S/cm}$, e o ponto 2 apresentou o índice mais baixo com 23,23 $\mu\text{S/cm}$. Quanto ao desvio padrão, a amostra 5 obteve uma maior variação de dispersão. 60% das amostras apresentaram condutividade menor que 27 $\mu\text{S/cm}$ e, apenas 40% apresentaram condutividade maior que 33 $\mu\text{S/cm}$.

Em meios com condutividades mais elevadas, como no caso da amostra 4, os íons se deslocam com mais facilidade, de maneira que o óxido se desenvolve longe da superfície, deixando a camada desprotegida. Nos meios com baixa condutividade, como na amostra 2, as áreas catódicas e anódicas ficam mais próximas, de maneira que formam uma camada de óxido protetora (MERÇON et. al., 2010).

GRÁFICO 2: Média e desvio padrão do teor de sólidos dissolvidos das amostras.

Fonte: Autores (2018).

No Gráfico 2 apresenta os resultados do teor de sólidos dissolvidos (TDS). A amostra 4 também apresentou o maior resultado com 19,9 ppm, seguida da amostra 1 com 16,7 ppm, da amostra 3 com 13,12 ppm, da amostra 5 com 12,27 ppm, enquanto a amostra 2 foi a menor com apenas 11,67 ppm. O desvio padrão também foi maior na amostra 5.

O teor de sais dissolvidos foi proporcional à condutividade, ou seja, a maior parte dos sais dissolvidos se ionizou e reteve a umidade com mais facilidade, aumentando assim a condutividade da superfície, contribuindo para o aumento da corrosão. Nesta observação notou-se que 40% das amostras apresentaram teor de sólidos dissolvidos maiores que 16 ppm e, 60% apresentaram teores menores que 14 ppm.

GRÁFICO 3: Média e desvio padrão do pH das amostras analisadas.

Fonte: Autores (2018).

A variação do pH no Gráfico 3 não seguiu o mesmo padrão dos Gráficos 1 e 2. A amostra 1 obteve o maior pH com 5,18, seguida da amostra 2 com pH de 4,9, da amostra 3 com 4,78, da amostra 5 com 4,71 e da amostra 4, que teve o menor pH com 4,53. O desvio padrão foi bem amplo em todas as amostras.

Pode-se observar que todas as amostras apresentaram uma média entre $4,7 < \text{pH} < 5,2$. Mesmo que tenham apresentado uma leve acidez, não foram suficientes para apresentar influência do pH na velocidade das reações de oxidação das estruturas pois, é preciso que o pH esteja abaixo de 4 ou acima de 12. Em 80% das amostras apresentou um pH menor que 5 e, apenas 20% apresentou pH maior que 5.

GRÁFICO 4: Média e desvio padrão da salinidade das amostras analisadas.

Fonte: Autores (2018).

O Gráfico 4 seguiu os mesmos padrões dos Gráficos 1 e 2, onde a amostra 4 apresentou maior salinidade 0,0139 g/l, por estar em um local mais exposto a ação dos ventos, umidade, teor de cloretos, radiação solar etc. Em seguida a amostra 1 ficou com 0,0124 g/l, a amostra 3 com 0,0088 g/l, a amostra 5 com 0,0083 g/l e a amostra 2 com a menor salinidade, 0,0077 g/l. Quanto ao desvio padrão, as amostras 1 e 5, tiveram uma variação de dispersão bem maior.

As partículas salinas, em teores muito elevados, quando combinadas com a umidade condensada, dão início ao processo de corrosão, pois formam eletrólitos ativos sobre a superfície da estrutura metálica (MENDOZA, 2000). Nesta pesquisa 40% das amostras apresentaram salinidade maior que 0,0120 g/l, enquanto 60% apresentaram salinidade menor que 0,0090 g/l.

Resultado dos testes qualitativos das amostras

No teste qualitativo, primeiramente foi analisada uma amostra da água destilada utilizada para a coleta das demais amostras, para que se tivesse certeza que a mesma não estaria contaminada, pois caso estivesse, alteraria os resultados das outras amostras. O Quadro 1 mostra o resultado qualitativo das análises em laboratório, da presença de cloretos nas amostras coletadas. Após a adição do AgNO_3 (nitrato de prata) nas amostras e passado pelo agitador de tubos, deve haver turbidez, isso implica dizer que há presença de cloretos. Como se pôde observar, apenas a água destilada e a amostra 2 apresentaram ausência de cloretos, ou seja, 33,3% das amostras, enquanto as demais, 66,7%, apresentaram presença de cloretos. Esses íons cloretos contribuem para a degradação dos materiais através da condensação da água sobre os mesmos.

QUADRO 1: Teste qualitativo para análise de cloretos.

Nº da amostra	Cloretos
Água destilada	Ausência
Amostra 1	Presença
Amostra 2	Ausência
Amostra 3	Presença
Amostra 4	Presença
Amostra 5	Presença

Fonte: Autores (2018).

O Quadro 2 apresenta os resultados qualitativos da presença de sulfatos nas amostras coletadas. Após adicionado BaCl_2 (cloreto de bário) e passando pelo agitador de tubos, observou-se que não houve turvação, ou seja, ausência de sulfatos em 100% das amostras.

QUADRO 2: Teste qualitativo para análise de sulfatos.

Nº da amostra	Sulfatos
Água destilada	Ausência
Amostra 1	Ausência
Amostra 2	Ausência
Amostra 3	Ausência
Amostra 4	Ausência
Amostra 5	Ausência

Fonte: Autores (2018).

CONCLUSÃO

As estruturas em geral devem ser construídas para terem uma vida útil longa e para resistir às mais rigorosas influências da natureza, às quais serão submetidas. As estruturas metálicas, por serem mais suscetíveis a esse tipo de influências, sofrem maiores danos. O processo de degradação se constitui a partir de ataques salinos oriundos da atmosfera.

Todas as análises quantitativas feitas no laboratório apresentaram uma certa proporcionalidade em suas variações, quanto maior a condutividade, maior o teor de sólidos e a salinidade. Observou-se que no ponto 4 a amostra apresentou maior condutividade, maior teor de sais dissolvidos e salinidade, por estar mais exposta às ações dos ventos, da umidade, da radiação solar e teor de cloretos. Pôde-se observar também que a estrutura estava bastante degradada. Quanto ao pH da amostra no ponto 4, apesar de ser o menor (mais ácido), não teve influência na velocidade do processo de corrosão, pois estava acima de 4.

Foi possível observar também que as estruturas em ambientes mais expostos apresentaram maior condutividade, teor de sais dissolvidos, salinidade e menor pH. A amostra 2, que foi a que apresentou valores menores, apesar de estar localizada em um ponto não muito distante da amostra 4, que teve os maiores índices, por apresentar algumas barreiras que interferem na ação dos agentes corrosivos como pouca influência dos ventos por estar entre prédios e pela pintura, que serve como proteção aos ataques desses agentes.

Entre os diferentes tipos de fatores que contribuem para a degradação dessas estruturas estão os ataques de cloretos e a temperatura elevada, pois com o

menor volume de precipitações, houve um aumento na concentração de íons na superfície das estruturas. Em relação aos resultados obtidos no presente trabalho apenas a água destilada e amostra 2 mostraram ausência de íons cloretos. Quanto aos sulfatos, nenhuma das amostras apresentou teor de sulfatos.

REFERÊNCIAS

ALVES, C. **Tratamento de águas de abastecimento**. 3. ed. Porto: Publindústria, 2010.

ANGST, U., ELSENER, B; LARSEN. C, K; VENNESLAND. O. Chloride induced reinforcement corrosion: Rate limiting step of early pitting Corrosion. **Electrochimica Acta** 56, 2011, p.5877-5889.

BRAMBILLA, K. J. C., **Investigação do grau de corrosividade sobre os materiais metálicos das redes aéreas de distribuição de energia elétrica (RD) da região metropolitana de Salvador-BA**. Curitiba, 2011. Dissertação de Mestrado – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

FORTE, F.; FERRAZ, R.M. **Construções no litoral requerem mais cuidados jurídicos e na obra do que no interior**. <<http://casaeimoveis.uol.com.br/tire-suas-duvidas/arquitetura/construcoesna-praia-requerem-mais-cuidados-juridicos-e-na-obra-que-no-interior.jhtm>>. Acesso em 31 de agosto de 2020.

GAIO, S. **Produção de água potável por dessalinização: tecnologias, mercado e análise de viabilidade econômica**. 2016. Tese de Doutorado.

GENTIL, V.; **Corrosão**.5ª ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, 2007.

GUIMARÃES; TAIPAS. **A Corrosão dos Metais. Química e a Arte, Caldas das Taipas**, 22 de março de 2015. Disponível em:<<http://quimicaearte.blogspot.com/2015/03/a-corrosao-dos-metais.html>>. Acesso em: 3 de novembro de 2018.

LORA E. S.; **Prevenção e controle da poluição nos setores energéticos, industrial e de transporte**. ANEEL: Brasília-DF, 2000, 503 p.

MAIA, D. J.; SEGRE, N; SCATIGNO, C. A.; STELLA, M. B. Experimento sobre a Influência do pH na Corrosão do Ferro. **Química Nova Escola**, São Paulo, fevereiro 2015. Disponível em:< http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc37_1/11-EEQ-69-13.pdf>. Acesso em: 01 de novembro de 2018.

MENDOZA, A. R.; CORVO, F. Outdoor and indoor atmospheric corrosion of non-ferrous metals. **Corrosion science**, v. 42, n. 7, p. 1123-1147, 2000.

MERÇON, F. GUIMARÃES, I. C.; MAINIER, B. Sistemas Experimentais para o Estudo da Corrosão em Metais. **Química Nova a Escola**, São Paulo, fevereiro 2011. Disponível em:<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc33_1/08-EEQ6810.pdf>. Acesso em: 03 de novembro de 2018.

NERI, Kátia D.; MEIRE, G.R.; VILAR, E.O. Estudo da corrosão do concreto armado submetido ao ataque de cloretos e sulfatos. **Cipan**, João Pessoa, 5 de junho de

2013. Disponível em:<http://www.casadagua.com/wp-content/uploads/2014/02/A1_112.pdf>. Acesso em 12 de novembro de 2018.

PORTELLA, K. F.; **Mapeamento ambiental para a determinação do grau de corrosividade e de degradação de materiais das redes de distribuição de energia elétrica com soluções corretivas**. Relatório Técnico, Projeto ANEEL, P&D 0047022/2007, 2011.

RBRH: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos / Associação Brasileira de Recursos Hídricos** – Vol. 15, n.2 (2010). Porto Alegre/RS: ABRH, (2007).

SICA, C. Y.; **Mapeamento da corrosividade atmosférica de São Luís – MA e a correlação das variáveis ambientais que influenciaram na degradação dos materiais metálicos**. Curitiba 2006. 128 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.

YUANTAI, M., YING, L.; FUHUI, W. The atmospheric corrosion kinetics of low carbon steel in a tropical marine environment. **Corrosion Science**, v.52, p.1796 – 1800, 2010.