

Avaliação Preliminar das Taxas de Corrosão e Deposição em Meio Atmosférico na Região Metropolitana de São Luís - MA.

Fernando Célio Monte Freire Filho^a, Edson Hiroharo Vieira Togawa^b, Gabriel Alves Cantanhede^c, Vallena Maria Macêdo Rezende^d, Claudemir Gomes de Santana^e, Rafael Feres Moreira Lima^f, Renata Medeiros Lobo Muller^g

Resumo

Dada a alta interferência das avarias causadas pelo fenômeno da corrosão no meio econômico e tecnológico, há uma necessidade de explorar a questão com intuito de atenuar seus efeitos, otimizando os produtos e processos atingidos pela sua ação. Estudos apontam que cerca de 5% do PIB (Produto Interno Bruto) dos países estão direcionados a solucionar os impactos gerados por decorrência de desgastes em materiais afetados pela atividade corrosiva. Esse percentual pode ser mais elevado em áreas costeiras devido à atmosfera litorânea, que realça a abrasividade do ambiente, destacando a incidência de fatores específicos a este tipo de região. Por ser uma ilha, a cidade de São Luís – MA apresenta uma gama destas características, na qual sofre com os efeitos da corrosão atmosférica, névoa marinha e poluentes emitidos pela zona industrial situada na cidade. Considerando tal problemática, este trabalho tem como objetivo avaliar as taxas de corrosão e deposição da cidade por meio da exposição de corpos de prova de materiais metálicos do tipo aço-carbono comum e galvanizado, verificando a influência dos ventos no direcionamento dos agentes ativos como fator determinante para uma área de maior potencial corrosivo. O estudo, ainda em andamento, pretende avaliar a cidade para determinação do seu potencial corrosivo.

Palavras-chave:

Corrosão; Aço; Atmosfera.

Introdução

A tendência natural, inerente aos metais de voltar ao seu estado natural de minério, é o principal aspecto a caracterizar o processo de corrosão, trazendo prejuízos às sociedades industrializadas e exigindo das mesmas medidas eficazes para minimizar os efeitos desse fenômeno. Corrosão é a deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente associada ou não a esforços mecânicos (Gentil, 2011).

Habitualmente, os problemas causados pela corrosão – como os danos encontrados em estruturas e demais elementos arquitetônicos das edificações - são muitas

^{a,b,c,d} Graduandos em engenharia civil – Unidade de Ensino Superior Dom Bosco- UNDB.

^f Engenheiro Civil – EMPRESA Edeconsil.

^{e,g} Doutores, Química – Unidade de Ensino Superior Dom Bosco – UNDB.

vezes atenuados pelo ambiente específico onde tais construções estão situadas. Segundo Bidetti et al. (2011), os fatores naturais que influenciam a ação corrosiva da atmosfera são três: a temperatura, a chuva e o vento. As variações de temperatura entre o material metálico e a atmosfera (insolação) alteram o grau de molhamento e o tempo de secagem da superfície.

A cidade de São Luís- MA se encontra em um cenário bastante propício para ocorrência desse efeito, por ter um clima tropical, com altas temperaturas e elevado índice de umidade relativa, assim como por sua localização litorânea, que favorece o ataque da névoa marinha sobre estruturas metálicas. Além disso, esse efeito pode ser potencializado em alguns pontos da cidade por causa da presença de agentes corrosivos na zona industrial. Segundo Gentil (2011) se a temperatura for elevada, irá diminuir a possibilidade de condensação de vapor d'água na superfície metálica e a adsorção de gases, minimizando a possibilidade de corrosão. Porém este determinante de temperatura pode ser variado de acordo com os outros aspectos do ambiente local.

Outro fator avaliado é a chuva, fenômeno natural que também é responsável pelo efeito corrosivo em estruturas metálicas. Segundo Evangelista et al. (2006) a água da chuva é uma combinação de composição química das gotículas que formam as nuvens e das substâncias presentes na atmosfera, que se incorporam às gotas de chuva durante a precipitação. Os gases poluentes comumente encontrados são o dióxido de enxofre (SO₂), trióxido de enxofre (SO₃), óxido de nitrogênio (NO) e dióxido de nitrogênio (NO₂), sendo o primeiro e o último os mais abundantes (Sampaio, 2014). Avaliando ainda a climatologia do cenário, destaca-se que o vento contribui bastante para corrosão, principalmente quando se trata de regiões litorâneas pois, através dele, os aerossóis marinhos transportam o cloreto, sendo depositado sobre as estruturas (Pontes, 2006).

Analisando-se esses fatores, este trabalho buscou avaliar o comportamento de corpos de prova metálicos de aço-carbono comum e galvanizado expostos em um painel de intemperismo, ficando em contato com os agentes corrosivos atmosféricos mencionados acima. O objetivo ao fim deste estudo é a identificação de variáveis meteorológicas para estabelecer uma correlação entre a corrosão e estes fatores, afim de mapear os pontos de maior potencial corrosivo.

Metodologia

A cidade de São Luís é uma ilha localizada a latitude: 2 ° 31' 47S, Longitude: 44 ° 18' 10" W banhada pelo oceano atlântico, que possui uma atmosfera bem diversificada, propícia aos efeitos corrosivos, principalmente por seu posicionamento geográfico, clima tropical úmido com altas temperaturas durante o ano inteiro e elevada taxa de umidade relativa. Além desses fatores, seu litoral sofre influência direta de névoa marinha e, devido à zona industrial, sua atmosfera possui um significativo grau de acidez, contribuindo para o potencial corrosivo das chuvas. Tais localidades podem ser identificadas na figura 1.



Figura 1 – Zona industrial da cidade de São Luís

Devido a tais circunstâncias, foi desenvolvido um projeto para calcular sua taxa de corrosão, classificando-a de acordo com o resultado. O experimento ainda em andamento verifica a perda de massa de corpos de prova de aço carbono e galvanizado expostos às condições atmosféricas no período de um ano. Utilizou-se como metodologia padrão para avaliar o índice de corrosão atmosférica a norma segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 6209/2007, que determina parâmetros para a instalação do painel onde serão expostos os corpos de prova, como exibido na figura 2.



Figura 2 - Paineis de Exposição dos corpos de prova.

Para tanto, os corpos de prova antes de serem instalados, passaram por um processo de limpeza, para eliminar os agentes corrosivos já depositados sobre eles, obtendo-se assim um resultado mais preciso. Para execução da limpeza contou-se com o auxílio da NBR 6210:1982 que descreve os procedimentos adequados. Após a limpeza, foram pesados os corpos de prova em experimentação, obtendo com isso sua massa inicial, verificado de acordo com a tabela abaixo:

Tabela 1 – Massa inicial dos corpos de prova

Parâmetro	Aço carbono	Aço galvanizado
Corpo de prova 01	106,1350	113,3740
Corpo de prova 02	105,8235	113,2128
Corpo de prova 03	106,1354	114,2627
Corpo de prova 04	105,8358	111,3745
Corpo de prova 05	106,2214	113,5838
Corpo de prova 06	104,5065	113,6466
Corpo de prova 07	105,9058	108,4075
Corpo de prova 08	105,9498	113,5628
Corpo de prova 09	105,9737	113,9758
Corpo de prova 10	105,7042	113,4216
Corpo de prova 11	106,0427	106,4246
Corpo de prova 12	105,3608	112,7549

Os corpos de prova são retirados, um de cada tipo, e a cada mês é realizado onde é repetido o procedimento de limpeza citado acima. Então, pesa-se os mesmos, obtendo-se a massa pós-efeito de corrosão. O desgaste dos corpos de prova é dado pela diferença de massa antes e após serem submetidos à corrosão atmosférica no painel de exposição.

Seguindo com o experimento, analisou-se a direção e velocidade dos ventos, identificando as zonas mais propícias aos efeitos corrosivos.

Define-se vento como sendo o deslocamento do ar em relação à superfície terrestre, produzindo-se pela diferença de gradiente de pressão atmosférica, na qual geram deslocamentos horizontais e verticais de massas de ar, gradientes que impulsionam o deslocamento do ar de áreas de alta pressão para as de baixa pressão, devido a um diferencial de aquecimento do ar, relacionado diretamente à radiação solar (AYOADE, 2004).

Os corpos de prova estão localizados a uma distância de 1,1 km da praia, desta forma, verifica-se que a ventos tende a ser de maior intensidade nas áreas vizinhas a praia devido a diferença de pressão entre o continente e o mar, conclui-se que o cenário estudado é um ponto vulnerável aos efeitos corrosivos por se tratar de um percurso dos ventos entre as trocas de pressões dessas duas áreas, podendo ser verificado pela figura 3 abaixo.

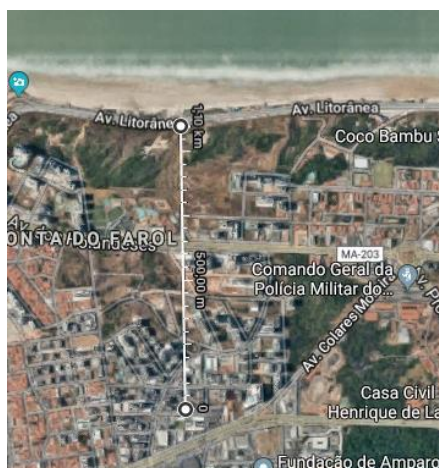


Figura 5 - Localização dos corpos de prova em relação a praia

Resultados e Discussão

Os dados dos corpos de prova foram coletados a cada mês, obtendo-se resultados da diferença de massa para o cálculo da taxa de corrosão. O estudo intenciona definir os

níveis de corrosividade atmosférica nativa da cidade de São Luís – MA. O experimento encontra-se no sexto mês, obtendo-se dessa forma o resultado parcial para o segundo semestre de 2017.

De acordo com a tabela 1, a massa do corpo de prova de aço carbono foi de 104,5065g enquanto o de aço galvanizado foi de 113,6462g , após seis meses de exposição os mesmos tiveram como resultado para o aço carbono 101,6158g e para o aço galvanizado 113,4117g. Desta forma calculou-se a taxa de corrosão segundo a NACE (National Association of Corrossion Engineers) expressa abaixo.

$$T = \frac{\text{perda de peso (g)} \times 365 \times 1000}{Std}$$

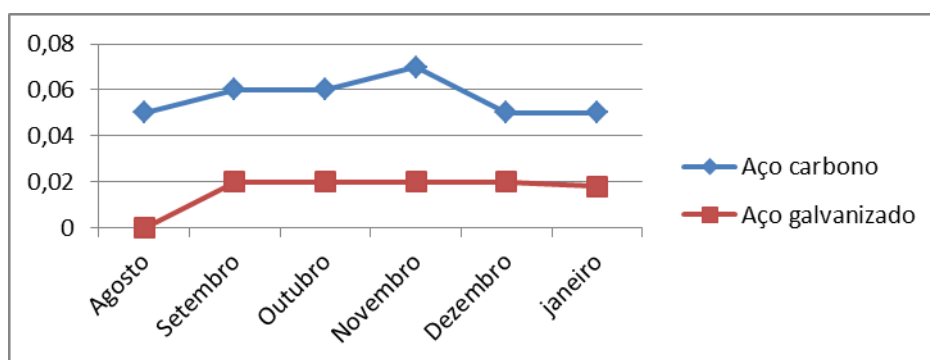
T: taxa de corrosão (mm/ano)

S: área exposta da superfície do cupom (mm²)

t: tempo

d: densidade (g/cm³)

Aplicando os resultados a essa expressão encontrou-se uma taxa de corrosão para o segundo semestre de 2017 de 0,05g para aço carbono e 0,018 para aço galvanizado verificando sua variação durante os meses pelos gráfico I abaixo:



Nota-se, portanto, uma diferença na taxa de corrosão entre os materiais. Isso se dá por o aço galvanizado ser revestido por uma camada de zinco, o que dificulta a passagem dos agentes corrosivos ao substrato metálico. Segundo Zaro (2010), o aço galvanizado é obtido por imersão a quente, processo que consiste em mergulhar a peça de aço a um banho de zinco fundente, fator que contribuiu na resistência à corrosão e na vida útil do produto.

Ao ressaltar o potencial mecânico do movimento dos ventos no processo de desgaste destes materiais, avaliamos o posicionamento dos corpos de prova com relação ao fluxo e direção das massas de ar.

Segundo Sica (2006) variações na direção e velocidade dos ventos influenciam indiretamente na taxa de corrosão, pois podem afetar a distribuição de constituintes corrosivos de atmosferas industrializadas, urbanas e marinhas, podendo levar a variações nas taxas de corrosão sazonal e anual. Regiões que possuem uma elevada velocidade dos ventos podem ocasionar corrosão por “abrasão eólica” em estruturas, preferencialmente na direção do vento predominante.

Em São Luís, os ventos possuem velocidades bastante elevadas - podem chegar a 7 m/s considerando dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) -, acentuando o deslocamento de impurezas ao longo da cidade.

Convenciona-se exprimir que a direção dos ventos é definida pelo local de partida da massa de ar em movimento e não para onde ela sopra. Ela é quantificada a partir do norte geográfico, medido no sentido horário, de forma que o vento proveniente do leste terá a direção de 90° , 180° de sul, e o vento de oeste terá direção de 270° (SCHENEKEMBER et al., 2010). Segundo levantamento histórico do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) os ventos da cidade de São Luís tendem a soprar para a região nordeste (NE). Trinta (2007) identifica as direções dos ventos oscilando entre 40° e 70° , ou seja, ventos no sentido nordeste (NE).

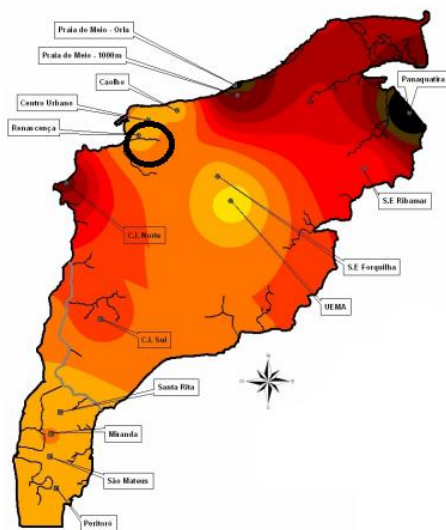


Figura 3 - Mapa da cidade de São Luís identificando a região de estudo

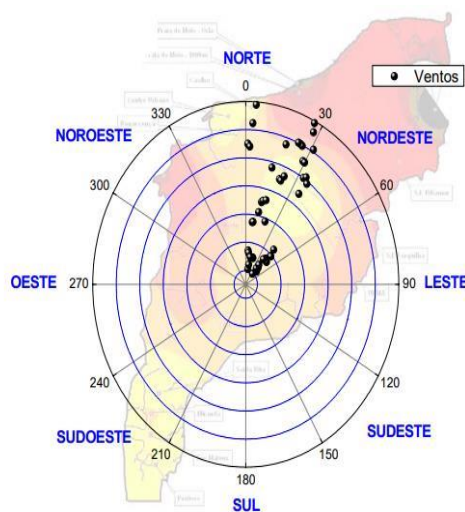


Figura 4 - Mapeamento dos ventos na cidade São Luís.

Nas figuras acima, Sica (2006) examina geograficamente a incidência do movimento dos ventos na região apurada. Verificando que o cenário de estudo está enquadrado na rota dos ventos da cidade, constatando portanto um região de alto potencial corrosivo.

Conclusão

São Luís possui um ambiente propício ao processo corrosivo, com uma série de características que condicionam o alto desgaste de materiais diversos. Como exemplos já citados, ressaltamos os altos níveis de umidade relativa, ventos com elevadas velocidades, ação intensiva das chuvas durante o primeiro semestre do ano e a presença de uma zona industrializada. Diante desses fatores e dos dados obtidos no presente trabalho pode-se definir, dentro do período avaliado, a taxa de corrosão da cidade de São Luís - MA.

A corrosividade pode ser definida de acordo com a norma NACE-RP-07-75 que é determinada em função da taxa de corrosão em milímetros por ano. Essa norma determina a classificação de acordo com a tabela 2 a seguir:

Tabela 2 – Parâmetro de corrosividade

Taxa de corrosão uniforme (mm/ano)	Corrosividade
<0,025	Baixa
0,025 a 0,12	Moderada
0,13 a 0,25	Alta
> 0,25	Severa

Conforme demonstrado, pode-se concluir que em São Luís a taxa de corrosão para o aço carbono se classifica como moderada, pois, através dos cálculos, se obtém como resultado o valor de 0,05 mm/ano e para o aço galvanizado encontra-se o valor de 0,018 mm/ano que tem como classificação uma corrosividade baixa.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6209: materiais metálicos não revestidos – ensaio não acelerado de corrosão atmosférica. Rio de Janeiro, 2007, 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6210: preparo, limpeza e avaliação da taxa de corrosão de corpos de prova em ensaios de corrosão atmosférica. Rio de Janeiro, 1982, 16 p.

Evangelista, H. Et al. **COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA CHUVA E APORTE ATMOSFÉRICO NA ILHA GRANDE, RJ**. Química Nova, Vol. 29, No. 3, 471-476, 2006.

Bidetti, B. Et al. **AVALIAÇÃO DO EFEITO DE GASES POLUENTES NA CORROSÃO METÁLICA: UM EXPERIMENTO PARA O ENSINO DA CORROSÃO**. Química Nova, Vol. 34, No. 8, 1472-1475, 2011.

CHENEKEMBER, M. C.; FERNANDES, F. C.; SILVA, J. L.; MEDEIROS, N. F.; DEFFUNE, G. **Ventos predominantes e velocidades médias: Maringá-PR**. II Simpósio Paranaense de Estudos Climáticos e XIX Semana de Geografia. Maringá, p. 145 – 154, 20 a 24 de Setembro de 2010.

Gentil, V.; **CORROSÃO**, 5ª ed., LTC: Rio de Janeiro, 2011.

INMET. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas, 1961-1990**. Brasília, Brasil. 1992.

INPE. Plataforma de Coleta de Dados Meteorológica, hidrológicos e ambientais de PCD – CPTEC.

NACE Publication 3D170 – **Electrical and Electrochemical methods of Determining corrosion Rates**, Houston, 1984.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. C. L. do. **Meteorologia descritiva. Fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo, Nobel, 1984. 374p

Ponte, R. B. **DISSEMINAÇÃO DE ÍONS CLORETO NA ORLA MARÍTIMA DO BAIRRO DE BOA VIAGEM, RECIFE-PE**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Católica de Pernambuco, Recife.

Sampaio, M. Et al. **CORROSÃO ATMOSFÉRICA: UMA PROPOSTA EXPERIMENTAL NO ENSINO DAS CIÊNCIAS DO AMBIENTE**. Fórum ambiental da alta paulista, Vol. 1, No.6, 2014.

Sica, Y.C. **MAPEAMENTO DA CORROSIVIDADE ATMOSFÉRICA DE SÃO LUÍS – MA E A CORRELAÇÃO DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS QUE INFLUENCIARAM NA DEGRADAÇÃO DOS MATERIAIS METÁLICOS**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Paraná – Curitiba.

Zaro, G. **Revestimento nanocerâmico à base de Zr e Zr/Ti como tratamento em aço galvanizado. 2010.** Dissertação (Graduação em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.