

**ESTUDO E ANÁLISE EXPERIMENTAL DO PROCESSO DE CORROSÃO DO COBRE NA  
CIDADE DE RIO DAS OSTRAS**

Cristiane M. Hottz<sup>1</sup>; Mariana S. N. Vargas<sup>1</sup>; Vitor E. M. Maciel<sup>1</sup>; Vanessa E. de Oliveira<sup>2</sup>;  
Mateus C. Amaral<sup>2</sup>

**Resumo:** Com base nas análises realizadas no laboratório, o presente estudo consistiu em avaliar o comportamento corrosivo do cobre, através da medição de variáveis como massa, potencial de hidrogênio iônico (pH), em contato com a atmosfera, e também por meio das amostras de águas coletadas, provenientes da chuva, do rio, do mar, destilada e da concessionária de abastecimento residencial da localidade. Foi selecionado um fio de cobre, e retirada 60 amostras, contendo 10 centímetros de comprimento cada. Esses fios foram distribuídos em cinco amostras compostas por 10 garrafas plásticas preenchidas de água, totalizando 50 itens, e 10 recipientes de plástico abertos. Metade dos itens das amostras (25 submersos e 5 expostos) eram submetidos a medições toda semana, por um período de 10 semanas, a outra metade foi mantida em repouso, sendo realizada uma medição no início do experimento e outra no final. Os equipamentos utilizados para realizar as medições foram uma balança de precisão e um medidor de pH. Vale salientar que este trabalho foi de cunho experimental e explicativo. A pesquisa experimental caracteriza-se por manipular diretamente as variáveis relacionadas com o objeto de estudo, com a pretensão de dizer de que forma ou o porquê o fenômeno é produzido. A pesquisa referenciada nesse trabalho foi realizada no laboratório de química da Universidade Federal Fluminense com sede em Rio das Ostras, contando com a participação de docentes e discentes da universidade. Ao fim os resultados obtidos com o experimento foram evidenciados, explicados e o grupo de pesquisa formulou conclusões sobre o estudo.

**Palavras-chave:** *Corrosão atmosférica; Corrosão aquosa; Cobre.* ISSN: 2359-5256 (Online)

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia de Produção [cristianehottz@id.uff.br](mailto:cristianehottz@id.uff.br); [marisantosnv@gmail.com](mailto:marisantosnv@gmail.com); [vitoreduardo\\_7@hotmail.com](mailto:vitoreduardo_7@hotmail.com); [vanessaenddeoliveira@yahoo.com.br](mailto:vanessaenddeoliveira@yahoo.com.br);

<sup>2</sup> Doutor em Engenharia Endereço: Universidade Federal Fluminense E-mail: [mateus.amaral2008@hotmail.com](mailto:mateus.amaral2008@hotmail.com)

## EXPERIMENTAL STUDY AND ANALYSIS OF THE PURPLE COPPER CORROSION PROCESS IN THE CITY OF RIO DAS OSTRAS

**Abstract:** Based on the analyzes carried out in the laboratory, the present study consisted in evaluating the corrosive behavior of copper by measuring variables such as mass, ionic hydrogen potential (pH), in contact with the atmosphere, and also through water samples collected from the rain, the river, the sea, distilled water and the residential supply concessionaire of the locality. We selected 60 pure copper wires containing 10 centimeters in length each. These wires were distributed in five samples composed of 10 filled plastic bottles of water, totaling 50 items, and 10 open plastic containers. Half of the sample items (25 submerged and 5 exposed) were subjected to measurements every week for a period of 10 weeks, the other half was kept at rest, a measurement was performed at the beginning of the experiment and another at the end. The equipment used to carry out the measurements was a precision scale and a pH meter. It is worth mentioning that this work was experimental and explanatory. The experimental research is characterized by directly manipulating the variables related to the object of study, with the pretension of saying in what form or why the phenomenon is produced. The research referred to in this study was carried out in the chemistry laboratory of the Federal Fluminense University with headquarters in Rio das Ostras, with the participation of university professors and students. At the end the results obtained with the experiment were evidenced, explained and the research group formulated conclusions about the study.

**Keywords:** Atmospheric corrosion; Aqueous corrosion; Copper

### 1 INTRODUÇÃO

O cobre foi o primeiro metal utilizado pelo homem. Acredita-se que por volta de 13.000 A.C. ele tenha sido encontrado na superfície da Terra em forma de "cobre nativo", ou seja, o metal em seu estado metálico. Existem registros do uso deste metal para a produção de objetos há mais de 6500 anos na região ao Norte do Golfo Pérsico, entre os rios Tigre e Eufrates, local das primeiras civilizações humanas (Pinto, 2002).

O cobre puro e suas ligas são muito utilizados em diversos ambientes e aplicações devido a sua alta resistências à corrosão, condutividade térmica e elétrica, facilidade de fabricação e a resistência à degradação por agentes biológicos. O cobre é suscetível a corrosão, porém em taxas reduzidas, no ar poluído, na água e na presença de ácidos não oxidantes em locais não aerados.

De forma difusa e geralmente aceita pode-se definir corrosão como a deterioração de um material, normalmente metálico, por ações químicas, eletroquímicas do meio ambiente aliadas

ou não a esforços mecânicos. A degradação causada pela interação físico-química entre o meio e o material representa alterações indesejáveis, sofridas pelo material, algumas dessas são desgaste, modificações estruturais e químicas, as quais tornam o material inadequado para o uso (GENTIL, 1996).

Com base nas análises realizadas no laboratório, o presente estudo consistiu em avaliar o comportamento corrosivo do cobre, através da medição de variáveis como massa, potencial de hidrogênio iônico (pH), em contato com a atmosfera, e também por meio das amostras de águas coletadas, provenientes da chuva, do rio, do mar, destilada e da concessionária de abastecimento residencial da localidade.

## 2 REVISÃO LITERÁRIA

### 2.1 Cobre

O cobre é o material com maior utilização nos ramos industriais, de telecomunicações e da construção civil. Isso pode ser atribuído à alta condutividade elétrica e boa resistência à corrosão, sendo que essas aplicações representam cerca de 50% do consumo de cobre no Brasil (Aoki, 2006).

Pelo fato de possuir alta condutividade térmica, o cobre é também frequentemente usado em condutores e trocadores de calor. Comparando as diversas áreas de utilização do cobre com os demais metais, pode-se afirmar que ele possui as mais diversificadas aplicações na civilização humana, sendo que praticamente todas ocorrem em condições de exposição atmosférica (Nunez et al., 2005).

O cobre possui cor marrom avermelhada, brilhante se polido, é maleável e dúctil, bom condutor de eletricidade e calor. Somente a prata possui uma melhor condutividade elétrica do que este metal. Além disso, é resistente à corrosão em muitos meios, sendo atacado por ácido nítrico, halogênios, amônia com água e sulfitos. Em situações de exposição atmosférica, o cobre pode se combinar com diferentes ânions formando uma camada de produto de corrosão, genericamente denominada de pátina, que protege o metal de ataque subsequente. (Mourey, 1987)

## 2.2 Corrosão Atmosférica

A ação corrosiva proveniente da atmosfera depende de fatores como a umidade relativa, substâncias poluentes e temperatura. Além destes fatores, os climáticos como: intensidade dos ventos, chuvas e insolação devem ser considerados. (GENTIL, 1996).

Shreir (1978, p 2-27) classifica a corrosão atmosférica, em função do grau de umidade na superfície metálica, em seca, úmida e molhada. Neste trabalho trataremos da corrosão atmosférica úmida levando em consideração as condições apresentadas na atmosfera local.

A corrosão atmosférica úmida ocorre em atmosferas com umidade relativa menor que 100%. Tem-se um fino filme de eletrólito, disposto na superfície do material, e a velocidade da corrosão depende da umidade relativa, poluentes e higroscopicidade dos produtos de corrosão (GENTIL, 1996).

### 2.2.1 Corrosão Atmosférica do Cobre

O cobre e suas ligas sujeitos à corrosão atmosférica estão mais relacionados com suas utilizações em componentes de instalações elétricas, monumentos ou esculturas e em coberturas de museus e teatros.

Estes materiais quando expostos à atmosfera externa formam o óxido de cobre  $Cu_2O$ , com coloração castanha que tem características protetoras, e com o passar do tempo e ação do oxigênio forma-se o  $CuO$ , de cor preta. Seguidamente, com a umidade e presença de gás carbônico,  $CO_2$ , a coloração predominante é de tom esverdeado devido à formação dos carbonatos básicos malaquita e azurita (Gentil, 1996).

## 2.3 Corrosão Aquosa

A corrosão aquosa constitui-se na dissolução de um metal em um ambiente aquoso. Os átomos do metal se dissolvem como íons – célula eletroquímica – célula galvânica, onde a alteração química é devida a uma mudança na concentração e está acompanhada de corrente elétrica. Uma variação na concentração iônica do metal resulta na formação de uma região anódica (corrosiva). Esta pode ser chamada também de corrosão galvânica, pois um metal mais ativo quando em contato com outro mais nobre se corrói. Porém uma célula galvânica pode ser gerada pelo contato entre dois metais distintos.

### Ação Corrosiva da Água

Segundo Gentil (1996, p. 57) os materiais metálicos quando em contato com água apresentam uma forte tendência a sofrer corrosão, a qual depende diretamente das substâncias contaminantes presentes no líquido. Os mais frequentes contaminantes são:

- Gases dissolvidos – oxigênio, nitrogênio, dióxido de carbono, cloro, amônia, dióxido de enxofre, trióxido de enxofre e gás sulfídrico;
- Sais dissolvidos, como cloretos de sódio, ferro e magnésio, carbonato de sódio, bicarbonatos de cálcio, de magnésio e ferro;
- Matéria Orgânica de origem animal ou vegetal;
- Bactérias, limos e algas;
- Sólidos suspensos.

Na análise do caráter corrosivo da água, devem ser considerados também o pH, temperatura, velocidade e ação mecânica.

## 2.4 Implantação das medidas de potenciais Redox

De acordo com Jardim (2014), muitas reações de importância na natureza envolvem tanto elétrons como prótons, o que faz com que sejam governadas tanto pelo pH como pelo *EH*. O autor ainda afirma que, embora para muitos as medidas de *EH* possam ser usadas para fazer previsões e diagnósticos quanto à oferta ou deficiência de elétrons num dado meio, e consequentemente estabelecer espécies químicas predominantes, os dados de potencial redox precisam ser analisados com cautela, uma vez que nem sempre a cinética das reações permitem que as condições de equilíbrio termodinâmico sejam estabelecidas em ambientes complexos e que se alteram constantemente, como é o caso de sistemas aquáticos naturais.

## 2.5 Influência do pH na oxidação dos metais

Gentil apud Maia et.al (2014), apresenta um caso na figura 01, na qual, o efeito de acidez na velocidade de corrosão do ferro em água com partículas aeradas e em temperatura ambiente, onde apresenta a correlação entre o pH e taxa de corrosão, verificando que a medida que a taxa de corrosão aumenta, o pH fica cada vez menor, para valores onde a taxa permanece entre o intervalo de 4 a 10, a taxa de corrosão independe dos valores de pH,

dependendo neste caso, somente da rapidez, na qual, o oxigênio se difunde para a superfície metálica. Quando os valores dos pH's são maiores que 10, esse aumento mais pronunciado da alcalinidade do meio faz com que a taxa de corrosão diminua, pois o ferro se torna passivo em presença de álcalis e oxigênio dissolvido.

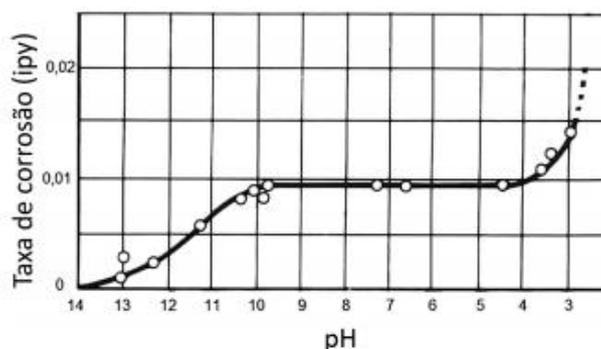


Figura 1: Correlação entre o pH e a taxa de corrosão do Ferro.

Fonte: MAIA et.al (2014).

### 3 METODOLOGIA

Neste trabalho a pesquisa foi de cunho experimental e explicativo. A pesquisa experimental caracteriza-se por manipular diretamente as variáveis relacionadas com o objeto de estudo, com a pretensão de dizer de que forma ou o porquê o fenômeno é produzido.

Segundo Gil (1999), a pesquisa explicativa tem como objetivo básico a identificação dos fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência de um fenômeno. É o tipo de pesquisa que mais aprofunda o conhecimento da realidade, pois tenta explicar a razão e as relações de causa e efeito dos fenômenos.

#### 3.1 Método

A pesquisa referenciada nesse trabalho foi realizada no laboratório de química da Universidade Federal Fluminense com sede em Rio das Ostras, contando com a participação de docentes e discentes da universidade. O período de duração da mesma foi de dez semanas.

Foram selecionados 60 fios de cobre puro contendo 10 centímetros de comprimento cada. Esses fios foram distribuídos em cinco amostras compostas por 10 garrafas plásticas preenchidas de água, totalizando 50 itens, e em uma amostra composta de um recipiente aberto exposto ao ambiente, totalizando 10 itens. É importante salientar que as amostras

submersas eram compostas por cinco tipos de água diferentes, sendo, do mar, do rio, da chuva, potável e destilada.

Metade dos itens das amostras (25 submersos e 5 expostos) eram submetidos a medições toda semana, por um período de 10 semanas, a outra metade foi mantida em repouso, sendo realizada uma medição no início do experimento e outra no final.

Os fios das amostras que foram periodicamente medidas passavam por um processo de lavagem antes de serem pesados. Isso era necessário para tirar o resíduo produzido pela corrosão do material. Abaixo se encontra a descrição visual de todo o processo realizado para medição.

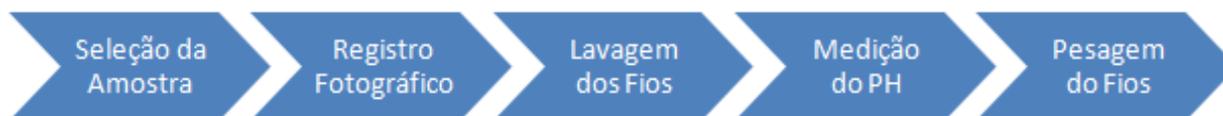


Figura 1: Processo realizado para medição das amostras.

Fonte: Elaboração própria.

Os equipamentos utilizados para realizar as medições das variáveis analisadas foram uma balança de precisão e um pHmetro. As medições foram realizadas em temperatura ambiente (25°C). Além disso, todos os itens das amostras foram numerados, de forma a facilitar a identificação e manuseio, como apresentados da figura 2 até a figura 7 abaixo.



Figura 2: Itens numerados (1.0 a 1.4) da amostra de água destilada.

Fonte: Elaboração própria



Figura 3: Itens numerados (2.0 a 2.4) da amostra de água do rio.  
 Fonte: Elaboração própria



Figura 4: Itens numerados (3.0 a 3.4) da amostra de água do mar.  
 Fonte: Elaboração própria



Figura 5: Itens numerados (4.0 a 4.4) da amostra de água da companhia de distribuição de água.  
 Fonte: Elaboração própria



Figura 6: Itens numerados (5.0 a 5.4) da amostra de água da chuva.

Fonte: Elaboração própria



Figura 7: Itens numerados (6.0 a 6.4) da amostra submetida a atmosfera.

Fonte: Elaboração própria

## 4 ANÁLISE DE DADOS

Para analisar os dados foram elaborados gráficos comparativos baseados na média aritmética dos parâmetros para demonstrar a variação dos mesmos ao longo das semanas de pesquisa. Vale ressaltar que nas amostras consideradas como paradas foram realizadas somente duas medições, sendo uma no início do experimento e outra no final.

### 4.1 VARIAÇÃO DE MASSA

O primeiro parâmetro que foi analisado foi a massa dos fios. Os gráficos abaixo representam essa variação de massa em ambas amostras analisadas.

Analisando a Figura 8 é possível observar uma diminuição significativa nas massas das amostras do rio, do mar e destilada, sendo que nas demais essa diminuição foi menos perceptível. Esse resultado está de acordo com o esperado, pois com o processo

corrosivo o material tende a ter sua massa diminuída. Já a amostra em contato com a atmosfera sofreu um aumento no valor da massa do fio, esse fato ocorre devido à formação de produto corrosivo que permanece na superfície do material.

As variações apresentadas nas medidas das massas durante as semanas de experimento podem estar relacionadas com a lavagem dos fios antes da pesagem dos mesmos. Isso porque diferentes operadores foram responsáveis por essa atividade. Assim, mais resíduos podem ter sido retirados do fio em determinada semana comparada à outra.

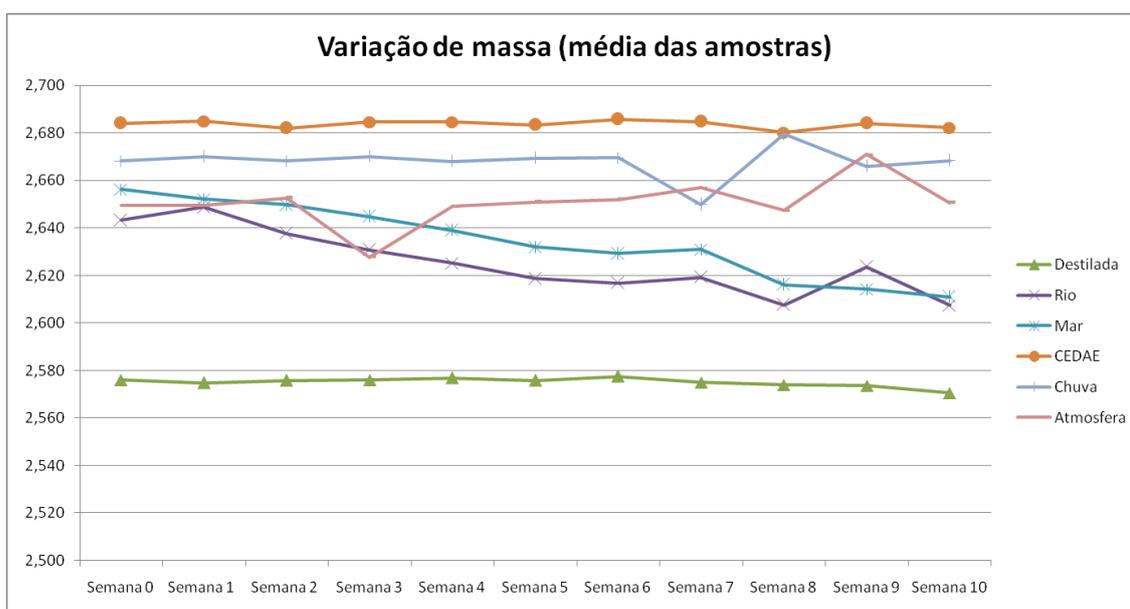


Figura 8: Variação de massa das amostras medidas semanalmente (média das amostras).

Fonte elaboração própria

Já na Figura 9 que representa as amostras paradas é possível observar que os fios presentes nas amostras de água da chuva, concessionária de abastecimento e destilada não apresentaram uma diminuição significativa da massa, diferente dos resultados das demais amostras em solução. O fio presente na amostra da atmosfera sofreu um acréscimo no valor da massa, esse fato ocorre devido à formação de resíduo de corrosão na superfície do fio.

Quando um metal é imerso em uma solução eletrolítica, ocorre o fluxo de elétrons que, por sua vez, produz uma diferença de potencial eletroquímico. O eletrodo anodo oxida, aumentando o número de elétrons livres, que provoca a diminuição da massa do eletrodo (corrosão).

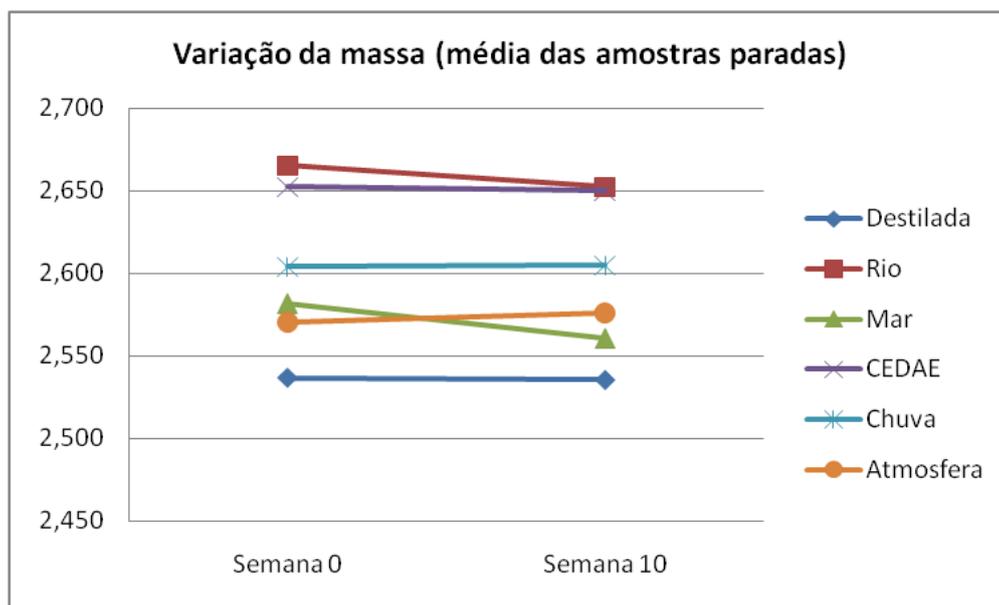


Figura 9: Variação da Massa das Amostras Paradas.  
 Fonte: Elaboração Própria.

## 4.2 VARIAÇÃO DE pH

Outro parâmetro analisado foi o pH das amostras. Os gráficos abaixo representam as variações de pH observadas.

Analisando a Figura 10 é possível observar que a água destilada apresentou uma mudança significativa de pH, o meio de ácido foi para neutro. Outra amostra que apresentou mudanças consideráveis foi a água do rio que de um meio neutro foi para básico. Já as amostras do mar, companhia de abastecimento de água e chuva não apresentaram grandes variações nos valores de pH.

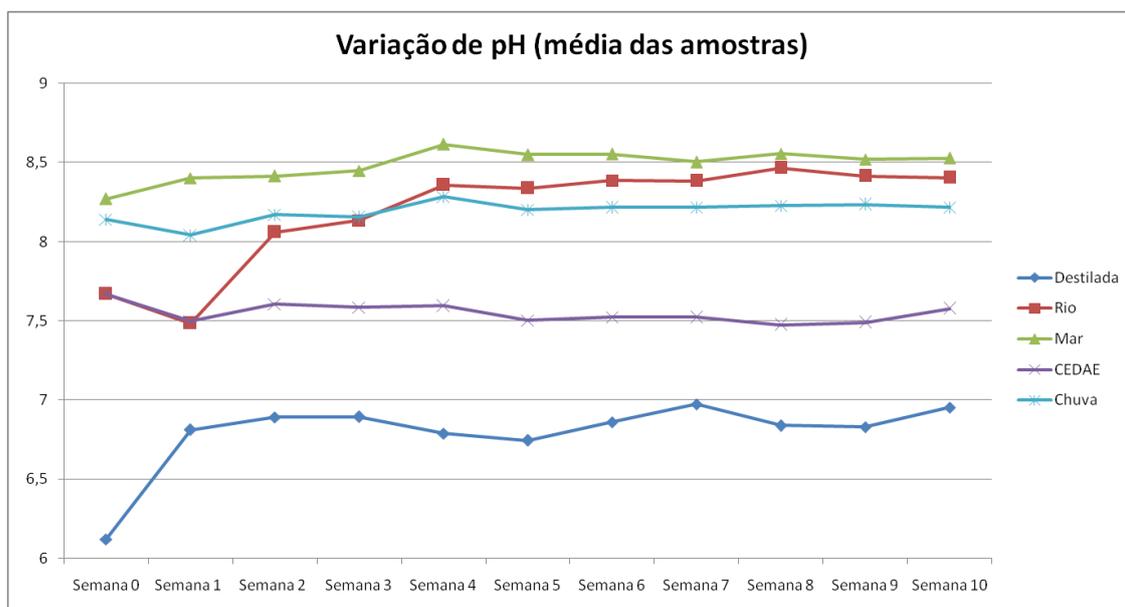


Figura 10: Variação de pH (média das amostras).  
 Fonte: Elaboração própria

Através do gráfico obtido com a medição do pH das amostras paradas (Figura 11), é possível perceber uma alteração no pH de todas as amostras, em sua maioria aumentando o valor, com exceção para a água da concessionária de abastecimento que teve o valor de pH reduzido.

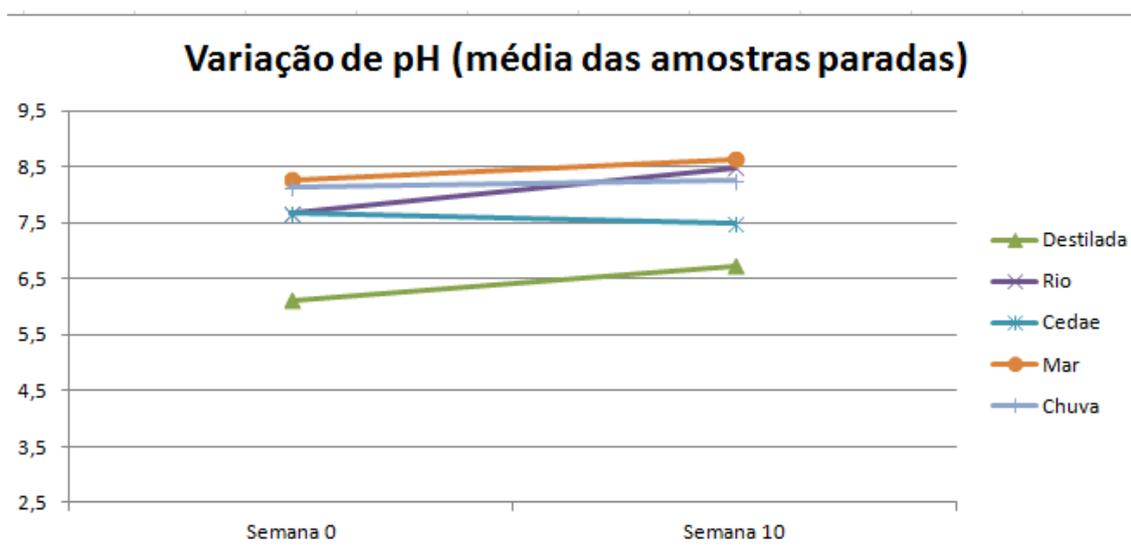


Figura 11: Variação de pH (média das amostras paradas).  
 Fonte: Elaboração própria.

Verifica-se uma interferência cada vez mais positiva quando os valores de pH se encontram abaixo de 4 (aumento da corrosão). Para valores entre 4 e 10 a taxa de corrosão independe do pH e depende somente da rapidez que o oxigênio difunde para a superfície metálica. Quando os valores de pH são maiores que 10, esse aumento mais pronunciado da alcalinidade do meio faz com que a taxa de corrosão diminua. (Gentil, 2011) Como os valores de pH medidos estão dentro da faixa (4 a 10), a taxa de corrosão não é tão influenciada pelo pH.

### 4.3 PRODUTO DE CORROSÃO

Além dos parâmetros analisados, percebeu-se uma diferença na coloração das amostras da água do mar em relação às demais. Esta apresentou uma coloração azul ao longo do período do experimento, como pode ser observado na figura a seguir.

Essa coloração se deve ao fato de que o cobre quando em solução aquosa apresenta-se normalmente como  $\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})^{2+}$  e esse elemento possui uma cor azul-cobalto característica.



Figura 8: Amostras de água do mar com coloração azul.

Fonte: Elaboração própria

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os processos corrosivos apresentam-se como importantes inimigos das estruturas metálicas utilizadas em geral. Esse processo pode ser evitado, ou simplesmente atenuado, com a aplicação de processos de coíbam o efeito corrosivo. Um destes processos é a galvanização das peças metálicas.

Através do experimento foi possível atestar que as variações de massa e de pH dos elementos submetidos à corrosão apresentam resultados correspondentes aos esperados segundo a teoria.

Observou-se que a taxa de corrosão de fato apresentou maior dependência a rapidez que o oxigênio difunde para a superfície metálica. O fato do pH não ter influenciado tanto na taxa de corrosão está conforme o esperado, já que os valores de pH entre 4 e 10 apresentam essas características. Isso pôde ser observado através da análise da variação de pH e das massas, por exemplo, a amostra que apresentou a maior variação de pH (água destilada) não foi a mesma que apresentou maior variação na massa.

Com isso, é possível considerar que, de fato, a difusão do oxigênio para superfície metálica deve ter apresentado maior influencia sobre os resultados. Sendo assim, possivelmente esse processo ocorreu mais na amostra proveniente do rio.

## Referências

1 – AMARAL, C. T.; CORREIA, P. M.; PEREIRA, P. T. **Corrosão em estruturas metálicas: uma breve discussão acerca da prevenção em torres de telecomunicação**. Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/publication/274064876\\_Corrosao\\_em\\_estruturas\\_metalicas\\_uma\\_breve\\_discussao\\_acerca\\_da\\_prevencao\\_em\\_torres\\_de\\_telecomunicacao](https://www.researchgate.net/publication/274064876_Corrosao_em_estruturas_metalicas_uma_breve_discussao_acerca_da_prevencao_em_torres_de_telecomunicacao)> Acessado em 15 Dez., 2017.

2 - AOKI, I.V. E VIENNA, E. **Corrosão Atmosférica**. Disponível em <<http://pqj.poli.usp.br/lec/secundarios/projetos/atmosferica.htm>>. Acessado em: 09 Dez., 2017.

3 - GENTIL, Vicente. **Corrosão**. 3.ed. Rio da Janeiro: LTC, 1996.

4 - GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

5 - GONÇALVES, S.C. **Novo eletrodo polimérico para medida de potencial de oxi-redução (ORP) de águas.** Disponível em: <[http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/BR02270\\_Goncalves.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/BR02270_Goncalves.pdf) > Acessado em: 15 Dez., 2017

6 - JARDIM, W. F; **Medição e Interpretação dos valores do potencial Redox (EH) em matrizes ambientais.** Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, Brasil

7 - MAIA D.J; SEGRE N; **Experimento sobre a influência do PH na corrosão do ferro.** Disponível em: <[http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc37\\_1/11-EEQ-69-13.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc37_1/11-EEQ-69-13.pdf) > Acessado em: 13 Dez., 2017.

8 - MOUREY, W. **La conservation des antiquités métalliques: des la fouille au musée.** Draguignan :L. C. R. R. A, França, 1987.

9 - NUNEZ, L.; REGUERA, E.; CORVO, F.; GONZALEZ, E.; VAZQUEZ, C. **Corrosion of copper in seawater and its aerosols in a tropical island.** Corrosion Science, v.47, p.461-484, 2005.