

ESTUDO EXPERIMENTAL DOS TIPOS DE CORROSÃO EM METAIS SOB CONDIÇÕES SALINAS

CÁSSIO AURÉLIO SUSKI

*Departamento de Ensino, Pesquisa e Extensão,
Curso de Mecânica
Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Itajaí
cassio.suski@ifsc.edu.br*

EDUARDO CONCEIÇÃO

*Departamento de Ensino, Pesquisa e Extensão,
Curso de Mecânica
Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Itajaí
eduardo.conceicao@ifsc.edu.br*

ISABELLA MANN MACHADO

*Departamento de Ensino, Pesquisa e Extensão,
Curso de Mecânica
Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Itajaí
isabellammitajai@hotmail.com*

RESUMO

Os parâmetros de salinidade, PH, temperatura e condutividade elétrica da água, bem como a taxa de corrosão, foram estudados em metais imersos em água do mar. Os resultados mostram que a salinidade e a condutividade elétrica apresentam variação devido à evaporação da água. Houve uma maior alcalinidade para os metais que apresentam os maiores teores de cobre (Cu) em sua composição química e uma menor alcalinidade para o alumínio (Al), convergindo para a série de atividade de metais em solução aquosa que estabelece a maior ou menor predisposição dos metais em cederem ou receberem elétrons. A taxa de corrosão dos metais mostrou que, entre os metais analisados, o aço carbono 1020 e o cobre eletrolítico possuem maiores taxas. Percebe-se a coerência entre os resultados encontrados e os metais considerados mais anódicos e mais catódicos em água do mar segundo a literatura. O aço inoxidável 430, bastante indicado para ambientes marinhos pela excelente resistência à corrosão, apresentou início de um processo corrosivo que, provavelmente, está relacionado ao alojamento de uma colônia de bactérias. Além disso, pode-se desenvolver um repositório de imagens de corrosão semanal a fim de contribuir com as aulas das disciplinas de materiais de construção mecânica e corrosão.

PALAVRAS-CHAVE

Corrosão. Metais. Água do mar.

ESTUDO EXPERIMENTAL DOS TIPOS DE CORROSÃO EM METAIS SOB CONDIÇÕES DE INOVAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

O processo de corrosão eletroquímica ocorre devido ao fluxo de elétrons que se deslocam de uma área da superfície metálica para a outra. Esse movimento de elétrons é devido à diferença de potencial, de natureza eletroquímica, que se estabelece entre as regiões. Por exemplo, a perda de elétrons de uma tubulação de aço para um registro de latão (Cobre+Zinco) pode progredir até a perfuração do tubo de aço (FONTANA, 1987; GENTIL, 1982).

Uma reação eletroquímica é um processo químico heterogêneo (que envolve uma interface sólida/solução) pelo qual ocorre a transferência de cargas para ou de um eletrodo, geralmente um metal ou semicondutor.

A transferência de carga pode ser um processo catódico, no qual uma espécie é reduzida pela transferência de elétrons para o eletrodo, ou um processo anódico, em que uma espécie é oxidada pela remoção de elétrons do eletrodo.

Um processo eletroquímico só é possível em um sistema que apresente ambas as reações catódica e anódica, de forma a se manter um balanço de cargas, isto é, a quantidade de carga envolvida no processo de redução tem que ser a mesma que a envolvida no processo de oxidação (BROWN; LEMAY e BURSTEN, 2005; DILLON, 1990; RAMANHATAN, 1990).

Nos meios salinos, o processo de corrosão é bastante intensificado, devido ao eletrólito formado por cloreto de sódio (NaCl) + água (H₂O).

Os institutos têm sido potenciais geradores de conhecimento, nas suas mais diferentes formas e modalidades. A geração de conhecimento implica em métodos estratégicos que diferenciam cada instituição quanto à aplicabilidade e utilidade desse conhecimento para o contexto em que se situa. Uma das formas de promover a efetiva apropriação desse conhecimento passa a acontecer na indústria, que fará uso e poderá aplicá-lo para o determinado fim. O desenvolvimento desse conhecimento instiga os processos inovadores, bem como leva o pensamento ecológico e sustentável nos processos e produtos fabricados, solidificando o avanço tecnológico das organizações.

Por outro lado, a discussão em torno da questão da inovação passa necessariamente pela análise da função das instituições de ensino no tocante a sua contribuição em relação ao desenvolvimento tecnológico das empresas. Inovação não significa necessariamente criar processos, produtos ou métodos, mas também aprimorar o que já se conhece, contemplando uma complexa gama de características do saber historicamente acumulado e sistematizado. Para contribuir com essa visão sistêmica, é preciso incluir aí o ambiente e, nesse caso, a importância de uma mudança de paradigma como item de sobrevivência futura.

Existe um grande interesse prático no estudo da corrosão, uma vez que ela causa um prejuízo estimado em torno de 1,5 a 3,5% do PIB nos países industrializados (GENTIL, 1982). Sem que seja necessário recorrer a meios agressivos, tem-se que a maioria dos materiais em contato com o meio ambiente, como a atmosfera, formam um sistema termodinamicamente instável. Todos os metais em contato com o ar devem reagir e se transformar em óxidos, hidróxidos ou outras formas semelhantes. Em alguns casos (alumínio, magnésio, cromo, etc.), tal transformação em óxidos implica numa grande redução da energia livre. Assim, de acordo com a termodinâmica, os metais não poderiam ser utilizados numa atmosfera como a terrestre. Entretanto, apesar de a termodinâmica indicar a possibilidade de uma reação, não diz nada a respeito da velocidade com que essa reação ocorre. É precisamente devido ao fato de que certas velocidades de reação são lentas que se pode utilizar os metais no cotidiano.

Os processos de corrosão podem ser classificados segundo o meio em que ocorrem e segundo sua morfologia. Segundo o meio, pode-se ter a Corrosão Química e Eletroquímica; segundo a morfologia, tem-se Corrosão Uniforme, Corrosão em Placas, Corrosão Alveolar, Corrosão Puntiforme (pite), Corrosão em Frestas, Corrosão Intergranular, Corrosão Intragranular, Corrosão Filiforme e Corrosão por Esfoliação (GENTIL, 1982).

ESTUDO EXPERIMENTAL DOS TIPOS DE CORROSÃO EM METAIS EM SOLUÇÕES SALINAS

A partir deste ponto, entende-se a importância do projeto, que tem como objetivo auxiliar na geração de material didático referente ao processo de corrosão e no desenvolvimento dos produtos, processos e materiais a serem utilizados nos estaleiros e demais indústrias com forte presença de processos corrosivos.

Foram utilizados diversos tipos de materiais, como aços inoxidáveis, aços carbono, latões, cobs, bronzes e alumínio, a fim de possibilitar o levantamento de informações referentes ao processo de corrosão em ambientes salinos. Dessa forma, será possível criar um acervo com materiais corroídos, bem como um banco de imagens (fotos) das diversas etapas de corrosão dos materiais, possibilitando um melhor entendimento dos diversos tipos de corrosão.

Nas análises, serão considerados os meios químicos e eletroquímicos. Nos meios químicos, o metal reage com um meio não iônico, como no caso de oxidação ao ar a alta temperatura. Já nos meios eletroquímicos ocorre um transporte simultâneo de eletricidade através de um eletrólito, como a corrosão em soluções salinas e água do mar, a corrosão atmosférica, a corrosão em solos, etc.

2. METAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do presente artigo, foi realizado primeiramente um levantamento bibliográfico referente à corrosão; em seguida, uma organização do ambiente laboratorial, com vistas aos testes

experimentais dos materiais; depois, a análise dos metais e suas características, através dos testes, ensaios e medições; por último, a montagem do acervo eletrônico dos tipos de corrosão para posterior utilização como material didático.

O ambiente laboratorial foi montado por meio de reservatórios individuais com capacidade de 5 litros de água do mar filtrada e possuindo um filtro de aquário para minimizar a contaminação de água pelos óxidos gerados.

Foram realizadas coleta de dados e investigações em laboratório, semanalmente, para o acompanhamento dos tipos de corrosão presentes nos seguintes metais: aços inoxidáveis 420, 430 e 304, aços carbono 1020 e 1045, cobre eletrolítico, latão 360, bronze TM23, bronze 68B e alumínio 6351 T6. A tabela 1 mostra as composições químicas dos metais estudados. Os metais utilizados possuem formato cilíndrico, a não ser o aço inoxidável 430, que foi encontrado no mercado somente na forma de chapa.

Os parâmetros observados foram salinidade, PH, temperatura e condutividade elétrica da água, a fim de mantê-los controlados ao longo do tempo de experimentação.

Além disso, foram realizadas medições da taxa de corrosão (taxa de perda de massa) dos metais, a fim de verificar a vida útil do material em ambiente salino.

METAL	C%	MN%	SI%	S%	P%	CR%	NI%	CU%	TI%	MO%	AL%	OUTROS
Aço Inoxidável 420	0,192	0,79	0,57	0,018	0,036	12,39	0,19	-	-	0,014	-	-
Aço Inoxidável 430	0,018	0,18	0,33	0,001	0,026	-	-	-	-	0,013	-	-
Aço Inoxidável 304	0,260	1,59	0,44	0,029	0,045	18,28	8,02	-	-	0,33	-	-
Aço 1020	0,260	-	-	0,050	0,040	-	-	-	-	-	-	-
Aço 1045	0,450	0,660	0,220	0,023	0,016	-	-	-	-	-	-	-
Cobre Eletrolítico	-	-	-	-	-	-	0,10	99,9	-	-	-	Fe=0,01264
Latão 360	-	-	-	-	-	-	-	61,86	-	-	-	Pb= 3,142 Fe=0,187
Bronze TM23	-	-	-	-	-	-	-	70,00	-	-	-	Sn=4,0 Pb=20,0
Bronze 68B	-	-	-	-	-	-	-	88,05	-	-	9,95	Fe=1,12
Alumínio 6351 T6	-	0,576	0,910	-	-	-	-	0,010	0,009	-	97,73	Fe=0,19 Mg=0,547

Tabela 1 - Composições químicas dos metais estudados.

ESTUDO EXPERIMENTAL DOS TIPOS DE CORROSÃO EM METAIS SOB CONDIÇÕES SALINAS

A salinidade foi medida através de um refratômetro manual 211; o PH e a temperatura da água foram medidos através de um phmetro EC500; a condutividade elétrica, por meio de um condutivímetro MCA-150; e a taxa de corrosão foi calculada a partir da massa obtida através de uma Balança Semi-analítica BK 5002 AGRI.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As figuras 1 e 2 mostram os metais antes da imersão na água salgada e após 7 (sete) meses de experimento. Pode-se observar os processos corrosivos dos diversos metais e garantir a formação de um repositório de imagens da evolução da corrosão dos metais ao longo das semanas.

O processo de oxidação/corrosão foi acompanhado através dos parâmetros de salinidade, PH, temperatura e condutividade elétrica da água, bem como através da taxa de corrosão dos metais.

A medição da salinidade (tabela 2) mostrou que há uma variação da mesma conforme há a evaporação da água dos reservatórios onde os metais estão imersos, pois essa evaporação gera um aumento da concentração de cloreto de sódio (NaCl) na água.

A fim de evitar essa variação de salinidade e proporcionar uma análise mais eficiente e similar às condições encontradas no mar, criou-se um procedimento de completar, semanalmente, o nível com água destilada e garantir a manutenção da salinidade em 34 ppm.

A condutividade elétrica da água salgada possui uma relação direta com a salinidade da água e se manteve



Figura 1a - Metais antes da imersão na água salgada e após 7 (sete) meses de experimento

A. Aço Inoxidável 420 B. Aço Inoxidável 430 C. Aço Inoxidável 304 D. Aço 1020 E. Aço 1045



Figura 1b - Metais antes da imersão na água salgada e após 7 (sete) meses de experimento

F. Cobre Eletrolítico G. Latão 360 H. Bronze TM23 I. Bronze 68B J. Alumínio 6351 T6

METAL	21/11/2012	21/01/2013	21/03/2013	21/05/2013	21/07/2013
Aço Inoxidável 420	34	37	36	35	36
Aço Inoxidável 430	34	36	36	35	35
Aço Inoxidável 304	34	34	36	36	35
Aço 1020	34	36	36	36	35
Aço 1045	34	36	35	36	35
Cobre Eletrolítico	34	36	36	36	35
Latão 360	34	36	36	36	35
Bronze TM23	34	36	36	36	35
Bronze 68B	34	34	36	35	35
Alumínio 6351 T6	34	35	36	35	35

Tabela 2 - Valores de salinidade antes da adição de água destilada

A tabela 3 mostra a variação do pH da água salgada dos reservatórios. Pode-se observar que, inicialmente, o valor de 8,04 é encontrado para todos os recipientes e, após imersão dos metais na água, o pH varia entre 7,69 e 8,16, ou seja, todos se apresentam com o pH da água alcalino.

No entanto, percebe-se uma maior alcalinidade para os metais que apresentam os maiores teores de cobre (Cu) em sua composição química e uma menor alcalinidade para o alumínio (Al). Na ordem crescente de classificação dos metais utilizados e que possuem cobre, tem-se cobre eletrolítico (99,9 % Cu - 8,080 ppm), bronze 68B (88% Cu - 8,022 ppm), bronze TM23 (70% Cu - 8,004 ppm) e latão 360 (61,8 % Cu - 7,998 ppm).

Essa maior alcalinidade para os metais com teores de cobre (Cu) em sua composição química e menor alcalinidade para o alumínio (7,898 ppm) são explicadas pela tabela 4, que apresenta a série de atividade de metais em solução aquosa (BROWN, LEMAY e BURSTEN, 2005). A série foi estabelecida devido à maior ou menor predisposição dos metais em, dependendo do caso, cederem ou receberem elétrons.

O cobre é um agente redutor fraco e se oxida muito dificilmente. Ele é um agente oxidante forte e se reduz muito facilmente, mantendo a água mais alcalina. Já o alumínio é um agente redutor forte e se oxida facilmente. Pode-se dizer que ele é um agente oxidante fraco e se reduz com muita dificuldade, mantendo a água menos alcalina.

A taxa de corrosão dos metais imersos em solução aquosa salgada, calculada pela equação 1, conforme norma NACE-RP-07-75 (1999), mostrou que, entre os metais analisados, no período de 7 (sete) meses, o aço carbono 1020 e o cobre eletrolítico possuem maiores taxas, seguidos do alumínio, cobre eletrolítico, bronze TM 23, aço inoxidável 430, aço carbono 1045, latão 360, bronze 68B, aço inoxidável 304 e aço inoxidável 420, conforme mostra a tabela 5.

$$\text{Taxa de Corrosão} = \frac{3,65 \cdot \Delta m}{A \cdot t \cdot \rho}$$

Onde: Δm é a perda de massa [g];
 A é a área superficial [cm²];
 t é o tempo de exposição [anos] e
 ρ é a densidade do metal [g/cm³].

Conforme a tabela 6, percebe-se certa coerência entre os resultados encontrados pela equação 1 e os metais mais anódicos e mais catódicos em água do mar da tabela. No entanto, ainda há certa divergência quanto à exata ordem (classificação) que se poderá obter após um maior período de observação do experimento, pois alguns metais atualmente apresentam placas de corrosão que em breve se desprenderão e ampliarão a taxa de corrosão desses metais. Como os ensaios foram realizados em um período relativamente curto para obtenção de resultados conclusivos acerca da taxa de corrosão, a tendência é que, com mais tempo de exposição ao meio, possa se obter taxas de corrosão com maior coerência entre as tabelas 5 e 6.

METAL	21/11/2012	21/01/2013	21/03/2013 21/05/2013	21/07/2013	MÉDIA	CLASSIFICAÇÃO
Aço Inoxidável 420	8,04	7,95	7,99	8,02	7,98	5º
Aço Inoxidável 430	8,04	7,73	7,85	7,99	7,90	9º
Aço Inoxidável 304	8,04	8,01	7,91	7,98	7,95	6º
Aço 1020	8,04	7,84	7,90	7,84	7,90	7º
Aço 1045	8,04	7,72	7,69	8,07	8,00	8º
Cobre Eletrolítico	8,04	8,16	8,11	8,08	8,01	1º
Latão 360	8,04	8,01	7,98	7,99	7,97	4º
Bronze TM23	8,04	8,10	8,00	7,98	7,90	3º
Bronze 68B	8,04	7,96	8,02	8,09	8,00	2º

Tabela 3 - Valores de pH encontrados nas soluções aquosas (salgadas) para os diversos metais

Metal	Reação de Oxidação
Lítio	$\text{Li}(s) \longrightarrow \text{Li}^+(aq) + e^-$
Potássio	$\text{K}(s) \longrightarrow \text{K}^+(aq) + e^-$
Bário	$\text{Ba}(s) \longrightarrow \text{Ba}^{2+}(aq) + 2e^-$
Cálcio	$\text{Ca}(s) \longrightarrow \text{Ca}^{2+}(aq) + 2e^-$
Sódio	$\text{Na}(s) \longrightarrow \text{Na}^+(aq) + e^-$
Magnésio	$\text{Mg}(s) \longrightarrow \text{Mg}^{2+}(aq) + 2e^-$
Alumínio	$\text{Al}(s) \longrightarrow \text{Al}^{3+}(aq) + 3e^-$
Manganês	$\text{Mn}(s) \longrightarrow \text{Mn}^{2+}(aq) + 2e^-$
Zinco	$\text{Zn}(s) \longrightarrow \text{Zn}^{2+}(aq) + 2e^-$
Cromo	$\text{Cr}(s) \longrightarrow \text{Cr}^{3+}(aq) + 3e^-$
Ferro	$\text{Fe}(s) \longrightarrow \text{Fe}^{2+}(aq) + 2e^-$
Cobalto	$\text{Co}(s) \longrightarrow \text{Co}^{2+}(aq) + 2e^-$
Níquel	$\text{Ni}(s) \longrightarrow \text{Ni}^{2+}(aq) + 2e^-$
Estanho	$\text{Sn}(s) \longrightarrow \text{Sn}^{2+}(aq) + 2e^-$
Chumbo	$\text{Pb}(s) \longrightarrow \text{Pb}^{2+}(aq) + 2e^-$
Hidrogênio	$\text{H}_2(g) \longrightarrow 2\text{H}^+(aq) + 2e^-$
Cobre	$\text{Cu}(s) \longrightarrow \text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^-$
Prata	$\text{Ag}(s) \longrightarrow \text{Ag}^+(aq) + e^-$
Mercúrio	$\text{Hg}(l) \longrightarrow \text{Hg}^{2+}(aq) + 2e^-$
Platina	$\text{Pt}(s) \longrightarrow \text{Pt}^{2+}(aq) + 2e^-$
Ouro	$\text{Au}(s) \longrightarrow \text{Au}^{3+}(aq) + 3e^-$

A facilidade de oxidação aumenta

Tabela 4 - Série de atividade de metais em solução aquosa
 Fonte: Brown, Lemay e Bursten, 2005.

O aço inoxidável 430, muito utilizado em ambientes marinhos pela excelente resistência à corrosão, apresentou início de corrosão após 80 dias de exposição ao meio salino. Esse processo corrosivo provavelmente está relacionado ao alojamento de uma colônia de bactérias, porém isso deverá ser confirmado por meio de microscopia a ser realizada na sequência do experimento.

EXPERIMENTAL DOS TIPOS DE CORROSÃO EM METAIS SOB CONDIÇÕES SALINAS

METAL	21/11/2012	21/01/2013	21/03/2013	21/05/2013	21/07/2013	TAXA DE CORROSÃO (MM/ANO - MEDIDO EM 7 MESES)	CLASSIFICAÇÃO
	MASSA (KG)						
Aço Inoxidável 420	476,0	476,0	476,0	476,0	476,0	0,000	10º
Aço Inoxidável 430	91,5	91,3	91,2	91,1	91,0	0,011	5º
Aço Inoxidável 304	479,2	479,2	479,1	479,1	479,0	0,006	9º
Aço 1020	365,5	365,1	364,5	364,0	363,8	0,049	1º
Aço 1045	353,0	352,9	352,8	352,7	352,7	0,010	6º
Cobre Eletrolítico	302,9	302,4	302,2	302,1	302,0	0,032	2º
Latão 360	387,9	387,9	387,8	387,7	387,6	0,008	7º
Bronze TM23	340,7	340,7	340,7	304,6	304,5	0,018	4º
Bronze 68B	703,4	703,4	703,2	703,1	703,1	0,007	8º
Alumínio 6351 T6	163,1	163,0	162,9	162,8	162,8	0,022	3º

Tabela 5 - Taxa de corrosão (mm/ano) dos metais imersos em solução aquosa salgada

4. CONCLUSÃO

Neste artigo, os parâmetros de salinidade, PH, temperatura e condutividade elétrica da água, bem como a taxa de corrosão, foram estudados. Esses estudos foram realizados em amostras de metais imersas em água do mar. Nos resultados, observou-se que a salinidade e a condutividade elétrica apresentam variação devido à evaporação da água. Essa variação de salinidade foi evitada por meio de um controle semanal e manutenção do nível de água através da inserção de água destilada.

Houve uma maior alcalinidade para os metais que apresentam os maiores teores de cobre (Cu) em sua composição química e uma menor alcalinidade para o alumínio (Al), convergindo para a série de atividade de metais em solução aquosa que estabelece a maior ou menor predisposição dos metais em cederem ou receberem elétrons.

A taxa de corrosão dos metais mostrou que, entre os metais analisados, o aço carbono 1020 e o cobre eletrolítico possuem maiores taxas, seguidos do alumínio, cobre eletrolítico, bronze TM 23, aço inoxidável 430, aço carbono 1045, latão 360, bronze 68B, aço inoxidável 304 e aço inoxidável 420. Percebe-se a coerência entre os resultados encontrados e os metais considerados mais anódicos e mais catódicos em água do mar segundo a literatura.

O aço inoxidável 430, bastante indicado para ambientes marinhos pela excelente resistência à corrosão, apresentou início de um processo corrosivo que, provavelmente, está relacionado ao alojamento de uma colônia de bactérias.

Além disso, pode-se desenvolver um repositório de imagens de corrosão semanal, a fim de contribuir com as aulas das disciplinas de materiais de construção mecânica e corrosão.

Para o desenvolvimento do presente artigo, foi realizado primeiramente um levantamento bibliográfico referente à corrosão; em seguida, uma organização do ambiente laboratorial, com vistas aos testes experimentais

MATERIAL	MATERIAIS MAIS INERTES (CATÓDICOS)	MATERIAIS MAIS ATIVOS (ANÓDICOS)
Platina	↑	↓
Ouro		
Grafite		
Titânio		
Prata		
Aço Inoxidável 316 (passivo)		
Aço Inoxidável 304 (passivo)		
Inconel (80Ni-13Cr-7Fe) (passivo)		
Níquel (passivo)		
Monel (70Ni-30Cu)		
Ligas Cobre - Níquel		
Bronzes (ligas Cobre - Estanho)		
Cobre		
Latões (ligas Cobre - Zinco)		
Inconel (ativo)		
Níquel (ativo)		
Estanho		
Chumbo		
Aço Inoxidável 316 (passivo)		
Aço Inoxidável 304 (passivo)		
Ferro Fundido		
Ferro e aço (menos os citados anteriormente)		
Ligas de Alumínio		
Cádmio		
Alumínio comercialmente puro		
Zinco		
Magnésio e suas ligas		

Tabela 6 - Série galvânica para alguns metais e ligas em água do mar.
Fonte: Fontana (1987).

5. PRÓXIMAS AÇÕES

Como sugestão para um projeto futuro, pretende-se analisar a possível colônia de bactérias alojada no aço inoxidável 430, a fim de determinar o tipo de bactéria e realizar comparações em diferentes meios (água salgada filtrada, água salgada purificada, água com fitoplânctons e água destilada).

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, à Coordenação de Pesquisa e à Direção do Câmpus Itajaí pelo apoio ao projeto.

Declaração de Direito Autoral

Declaro que o presente artigo é original, não tendo sido submetido à publicação em qualquer outro periódico nacional ou internacional, quer seja em parte ou em sua totalidade. Declaro, ainda, que uma vez publicado na revista

Técnica Científica, editada pelo Instituto Federal de Santa Catarina, o mesmo

jamais será submetido por mim ou por qualquer um dos demais co-autores a

qualquer outro periódico. Através deste instrumento, em meu nome e em nome dos demais co-autores, porventura existentes, cedo os direitos autorais do referido artigo ao Instituto Federal de Santa Catarina e declaro estar ciente de que a não observância deste compromisso submeterá o infrator a sanções e penas previstas na Lei de Proteção de Direitos Autorais (Nº9609, de 19/02/98).

REFERÊNCIAS

BROWN, T. L.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E.
Química - A ciência central. Prentice-Hall, 9 ed., p.119,
2005.

DILLON, C.P. Corrosion Control in the Chemical
Process Industries. McGraw-Hill Book Company, 1990.

FONTANA, M. G. Corrosion Engineering. 3ª Edição.
McGraw-Hill, 1987.

GENTIL, V. Corrosão. Editora Guanabara Dois , 1982.
NORMA NACE RP-07-75. Standard recommended
practice, preparation, installation, analysis and
interpretation of corrosion coupons in oilfield
operations, 1999.

RAMANHATAN, L. Corrosão e seu Controle. São
Paulo. Ed. Hemus, 1990.