

A INFLUÊNCIA DE DIFERENTES MEIOS CORROSIVOS, NO COMPORTAMENTO DA CORROSÃO DE UM AÇO SAE 1030

Ivan do Nascimento Moreira¹, Nasareno das Neves² Paulo José Balsamo³.

¹ Aluno de Graduação em Tecnologia em Processos Metalúrgicos da Faculdade de Tecnologia de Sorocaba. Av. Eng. Carlos Reinaldo Mendes, 2022 – Além Ponte, Sorocaba-SP, Ivan.moreira01@fatec.sp.gov.br.

² Co - Orientador: Professor Doutor da Faculdade de Tecnologia de Sorocaba. Av. Eng. Carlos Reinaldo Mendes, 2022 – Além Ponte, Sorocaba-SP, nasareno.neves@fatec.sp.gov.br.

³ Orientador: Professor Doutor da Faculdade de Tecnologia de Sorocaba. Av. Eng. Carlos Reinaldo Mendes, 2022 – Além Ponte, Sorocaba-SP, paulo.balsamo@fatec.sp.gov.br.

Resumo – Os processos corrosivos estão relacionados a inumeros fatores, devido a uma interação fisico-quimica, abrangendo diversos tipos de materias, sendo o aço comum o mais afetado, devido a vulnerabilidade a corrosão, e está presente em nosso cotidiano em quase todos os lugares, causando inumeros problemas, principalmente aos processos industriais, acarretando um imenso prejuizo ao setor, é importante resaltar que os fatores de umidade, sais e ácidos agravam ainda mais essa situação, esse trabalho demonstra experimentalmente que em diferentes meios corrosivos o metal se comporta de diferentes formas, levando em consideração todo o meio envolvido, podendo ser mais agressivo ou menos agressivo, mas a corrosão é presente em todos os meios, ela acontece de forma constante, como foi apresentado no ensaio realizado, no ensaio foi utilizado três corpos de prova de um aço SAE 1030, em três recipientes com soluções aquosas de diferentes composições, ficando imerso durante 28 dias, foi realizados diversas pesagem no decorrer do tempo total do ensaio, levantando dados da perda de massa, assim foi possível comprovar mais uma vez a influência de diferentes meios corrosivos me relação a corrosão.

Palavras-Chave: Corrosão por imersão, água deionizada, perda de massa.

Abstract – Corrosive processes are related to numerous factors, due to a physical-chemical interaction, covering several types of materials, with common steel being the most affected, due to vulnerability to corrosion, and it is present in our daily lives almost everywhere, causing numerous problems, mainly to industrial processes, causing immense damage to the sector, it is important to emphasize that the factors of humidity, salts and acids aggravate this situation even more, this work experimentally demonstrates that in different corrosive environments the metal behaves in different ways, taking into account all the environment involved, which may be more aggressive or less aggressive, but corrosion is present in all environments, it happens constantly, as was shown in the test carried out, in the test three specimens of one steel were used SAE 1030, in three containers with aqueous solutions of different compositions, being immersed for 28 days, was carried out the various weighings during the total time of the test, raising data on the loss of mass, so it was possible to prove once again the influence of different corrosive media in relation to corrosion.

Keywords: Immersion corrosion, deionized water, mass loss.

INTRODUÇÃO

A corrosão é um processo que tecnicamente tem a definição, do material ter a tendência de voltar ao seu estado original posteriormente ao ser produzido e conformado, de mais baixa energia livre. Também pode se afirmar, que corrosão é uma deterioração que o material sofre quando reage com um determinado ambiente.

A deterioração causada pela corrosão do material e o seu ambiente que se encontra representa incontáveis prejuízos, tais como desgaste, variações químicas ou modificações estruturais, reduzindo a sua vida útil e limitando o seu uso.

A corrosão gera problemas frequentes nos mais variados setores, prejudicam a durabilidade de estruturas, equipamentos, ferramentas e compromete todo o sistema operacional. O estudo da corrosão é indispensável para evitar impactos econômicos indesejáveis com manutenção, e evitando transtornos para a sociedade.

Através de evitar ao máximo estes prejuízos, são pesquisadas soluções de proteção e assim impedir a ação corrosiva provocada pelo ambiente que os metais são expostos.

É necessário minimizar falhas nas condições do produto em seu uso, no início do projeto, tem que considerar fatores relacionados à deterioração metálica, sendo feita a seleção dos materiais mais resistentes e dimensionando a espessura; utilização de elementos de liga resistentes a corrosão, manutenção e reparação.

Um importante aspecto da corrosão é o uso excessivo das reservas de minérios. Sendo a responsável na destruição dos materiais metálicos, gerando uma maior necessidade de produção adicional, para repor o que foi perdido na corrosão. É reportada em literatura que 25% da produção mundial de aço são direcionadas a reposição.

Sendo uma água pura é constituída por moléculas, são associadas em ligações por hidrogênio. Tendo algumas substâncias presentes dissolvidas, é consideradas impurezas, sendo responsável em deteriorar as tubulações e equipamentos em que circulam água, tendo um nível alto de sais dissolvidos diminuindo sua pureza, agindo de forma direta no processo corrosivo, podendo acelerar ou retardar o tempo.

Desmineralização, deionização é um processo que faz a remoção de íons pela passagem da água por pequenas esferas de resina eletricamente carregadas, este processo gera a troca de íons dissolvidos. No entanto este processo tem suas limitações como a remoção de matéria orgânica, partículas e bactérias.

Nos os diversos materiais que estão vulneráveis a sofrer corrosão, o aço carbono é um dos materiais que sofrem em grande escala com a deterioração, sendo o mais usado na indústria de maneira geral e, aproximadamente 20% do aço produzido é encaminhada para reposição de peças e partes de equipamentos ou instalações corroídas.

“Aço é a liga ferro-carbono contendo geralmente 0,008% até 2,0% de carbono, além de certos elementos residuais, resultantes do processo de fabricação”. (Chiaverini, 2002).

Para esse aço ser considerado aço carbono, é necessário que alguns elementos residuais não apareçam com oito percentuais acima do especificado, que para o aço SAE 1030, são 0,60 a 0,90% para o Mn, 0,030% para o P, 0,050% para o S, 0,28 a 0,34 % para o C, entre outros menos comuns.

OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi avaliar a perda de massa por corrosão por imersão do aço SAE 1030 em diferentes meios corrosivos (água deionizada, água deionizada com HCl pH 2 e água deionizada com NaCl pH 4). Outro objetivo deste trabalho foi analisar as superfícies do aço SAE 1030 exposta por 28 dias de imersão com auxílio do MEV para verificar os mecanismos de corrosão ocorridos nos diferentes meios eletrolíticos.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A uma grande importância de se estudar a corrosão dos materiais, a corrosão trás problemas frequentes em diversas atividades; sendo de menor ou maior grau, a maioria dos materiais tem interações variadas em diversos ambientes. Essas interações afetam a utilidade de um material como resultado da deterioração das suas propriedades. (CALLISTER, 2002).

A exposição dos materiais a diferentes meios agressivos tem gerado diversas pesquisas com o objetivo de buscar formas de impedir o processo corrosivo destes materiais (RODRIGUES et. al., 2005).

Sendo o mais comum no meio ambiente, temos a corrosão eletroquímica, contendo a presença de água e resultando na transferência de elétrons. O processo espontâneo ocorre por ter uma diferença de potencial químico entre o metal e o seu ambiente, obtendo uma reação desses materiais, presentes em seu meio de exposição. (MONTEIRO et. al., 2009).

Existindo várias formas de corrosão para o aço comum ao carbono, se destaca a deterioração através de pites é a que ocorre com maior frequência. Sua característica consiste na formação de cavidades, comprometendo toda a espessura do material, uniformemente ou não, oferecendo grande risco por ser destrutiva. A causa geral da corrosão por pites é devido ao material ter pequenas áreas, anódicas e catódicas, sendo maiores a áreas anódicas em relação às áreas catódicas, geralmente denominadas "pilhas passivo-ativa" (SILVEIRA, 2014).

Quando ocorre a corrosão por um meio aquoso, obtém a formação de íons de caráter metálico e juntamente a liberação de elétrons na região anódica, formando a oxidação na região do cátodo, é consumido os elétrons presentes, que anteriormente foram produzidos na região anódica reduzindo íons presente no eletrólito, neutralizando os íons de hidrogênio. Com isso apenas no ânodo ocorre o processo corrosivo. O processo de corrosão nem sempre é necessário ser através a dissolução do metal, podendo surgir a formação de óxido ou hidróxido. Ocorrendo assim a corrosão no metal que tem um potencial de oxirredução em menor escala (LALGUDI, 1988).

Uma forma de se evitar a corrosão, é alterando o meio corrosivo, assim controlando a taxa do pH. O controle da taxa de pH tem o objetivo de favorecer a passivação dos metais, geralmente ocorrendo com o pH básico. Assim sendo, temos que ter cuidados quando se tratar de metais anfóteros, estes metais têm a resistência à corrosão comprometidas em meios razoavelmente básicos e com o surgimento da precipitação de compostos de magnésio e de cálcio tornando insolúveis em pH elevado, oferecendo a possibilidade de problemas de incrustação (MAINIER, 2006).

A uma grande necessidade de sempre buscar o resultado de menores custos e juntamente aumentando a vida útil de componentes metálicos, tem impulsionado às pesquisas básicas e aplicadas no assunto do processo corrosivos em diversos meios de exposição de variados materiais, tratando termicamente ou modificando os elementos de liga dos materiais para melhorar seu desempenho ao aspecto de corrosão entre outros (GENTIL, 2003).

MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizaram nesse trabalho três corpos de prova de aço SAE 1030 (CPS), em formatos de placas com as seguintes dimensões aproximadas: 16 mm de largura, 33 mm de comprimento e 5 mm de espessura. A composição química nominal em porcentagem em peso para o aço SAE 1030 está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição química nominal em porcentagem em peso do aço SAE1030 conforme a norma ASTM A684-2010.

% em	Mn	C	S	P
Peso	Min. 0,60	Min. 0,28	-	-
	Max. 0,90	Max. 0,34	Max. 0,05	Max. 0,03

Os corpos de prova foram cortados utilizando um disco de corte composta de grãos de zircônio e alumínio, em uma esmerilhadora elétrica, já traçados anteriormente com uma caneta demarcadora e esquadro, posteriormente foram lixados, com lixa de carbetto de silício de granulometria de #100, #220, #320 e #400, segundo a norma ASTM E3-2018, sendo adequada aos métodos e matérias disponíveis para realização desse ensaio.

A pesagem de massa inicial dos corpos-de-prova foi realizada em uma balança analítica digital, com precisão de 0,0001 mg.

Os corpos-de-prova foram submetidos na condição de imersão total em um meio aquoso, em sistema fechado de ensaio, utilizando embalagens tipo pet de 200 ml com tampa, sendo cada sistema com soluções aquosas diferentes.

1. Sistema A, contendo água deionizada.
2. Sistema B, contendo água deionizada com NaCl 0,6 g/mol.
3. Sistema C, contendo água deionizada com HCl 0,006 g/mol.

Para o preparo das soluções foi seguido os seguintes passos:

Amostra A, somente colocado a água deionizada em um balão volumétrico de 250 ml de capacidade, deixando com a precisão de 200 ml de líquido, com auxílio de uma pipeta Pasteur.

Amostra B foi controlada a molaridade da solução B conforme estequiometria:

$$\begin{array}{l} \text{NaCl} \rightarrow 58,44\text{g/mol} \\ 1 \text{ mol} \qquad \qquad 58,44 \text{ g} \\ 0,6 \qquad \qquad \qquad x \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 35,06 \text{ g} \qquad 1000 \text{ ml} \\ X \qquad \qquad 200 \text{ ml} \\ \text{Portanto, } X = 7,012 \text{ g.} \end{array}$$

Posteriormente foi pesado o total de 7,012 g de NaCl, utilizando uma balança de precisão e uma placa de Petri com auxílio de uma espátula, logo em seguida feito a homogeneização da solução, agitando suavemente com o auxílio de um bastão de vidro, até sua completa dissolução.

Amostra C foi controlada a molaridade conforme estequiometria

$$\begin{array}{l} C1 \cdot V1 = C2 \cdot V2 \\ 6M \cdot x \cdot \text{ml} = 0,64 \cdot 200 \text{ ml} \\ X = 20 \text{ ml.} \end{array}$$

Posteriormente foi medido um total de 20 ml de HCl em um becker de 50 ml de capacidade, e depois feito a adição em 200 ml de água deionizada com o auxílio de um balão volumétrico de 250 ml e uma pipeta Pasteur para alcançar a máxima precisão da quantidade de solução, seguindo a homogeneização através de uma suave agitação. A Figura 1 apresenta as amostras imersas nos corpos de prova.

Figura 1 – Representação dos sistemas estáticos de corrosão por imersão em cada condição utilizada. Amostra A água deionizada, Amostra B água deionizada com NaCl e Amostra C com HCl.



Com as soluções já prontas, foram coletados a taxa do pH de cada um dos frascos, para isso se utilizou fitas universal, inicialmente as taxas registradas foram para a amostra A aproximadamente pH 6, amostra B com aproximadamente pH 4, e amostra C com aproximadamente pH 2, e finalmente após o período de ensaio foi possível observar que a taxa de pH se estabilizou, ficando com aproximadamente em pH 6 nos três frascos das respectivas soluções em utilização. Foram realizados ensaios de imersão total dos corpos-de-prova por 28 dias, com a temperatura ambiente de 25°C, sendo feito a pesagem a cada 4 dias, seguindo as etapas abaixo:

Utilizou-se um pegador para manipular os corpos de prova para fora do frasco, usando luvas de látex nas mãos para evitar o mínimo de contato direto foi feito a limpeza química, para isso foi usado álcool anidro 99,3° inpm absoluto, secando com papel toalha para a remoção dos produtos de corrosão.

Logo em seguida realizando a pesagem, colocando na balança uma placa de petri com papel toalha dobrado em quatro vezes, impedindo o contato diretamente para evitar corrosão proveniente das mãos e umidade da sala, feito a tara na balança em seguida pesando cada um dos corpos de prova individualmente, e registrando os valores no caderno. Utilizou-se uma balança de precisão da marca A&D Company Limited modelo HR-200 do Laboratório de Imunologia e Imunoterapia de Tumores da FATEC Sorocaba, como ilustra a Figura 2.

Figura 2 – Representação do método de pesagem.



A análise metalográfica das superfícies foi realizada através de microscopia eletrônica de varredura (MEV). Utilizou-se o equipamento MEV Hitachi, modelo TM 3000, localizado no laboratório de Pesquisa de Bioenergia e Materiais Lignocelulósicos da UFSCar no Campus Sorocaba. O equipamento foi previamente calibrado com fita de cobre. O feixe de elétrons emitidos foi de 15 kv, utilizando sinal de elétron retroespalhado. A análise de metalografia foi realizada com a amostra cortada transversalmente e preparada metalograficamente (lixamento e polimento).

Figura 3 – Representação das amostras lixadas e polidas.



RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ligas metálicas são materiais que apresentam propriedades metálicas misturadas por dois ou mais elementos químicos, que apresentam elevado índice de metal em sua composição.

As ligas metálicas ferrosas possuem o ferro como constituinte essencial, sendo amplamente utilizadas nas indústrias, engenharias e em nosso cotidiano, por ser um elemento de grande quantidade na natureza sua utilização é abundante e seu custo não é tão elevado, a desvantagem em questão é o alto teor de corrosão.

Na Figura 4 apresenta as imagens da corrosão por imersão por 4 dias em cada solução utilizada nesse trabalho. Foi possível observar que diferentes reações químicas ocorreram ao longo do experimento, devido a solução em que cada um dos corpos de prova estava imergido. O principal metal presente no material utilizado é o ferro (por tratar-se de uma liga ferrosa) e sua corrosão pode ser representada por reações que dependem do meio em que estão submergidas. Apenas para a amostra imergida na solução de água deionizada com HCl apresentou pites de corrosão como ilustra a Figura 4(c). Para as soluções de água deionizada e água com NaCl observa-se a presença de óxido de ferro (coloração laranja) sem a presença de pites, como ilustra as Figuras 4(a) e 4(b).

Figura 4 – Corrosão por imersão por 4 dias na solução (a) água deionizada, (b) água deionizada com NaCl e (c) água deionizada com HCl.

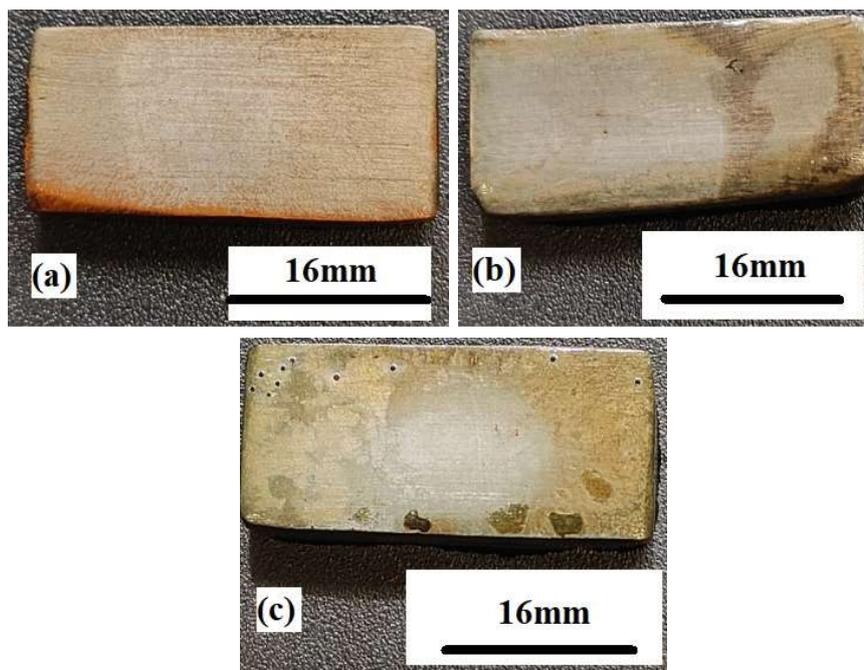
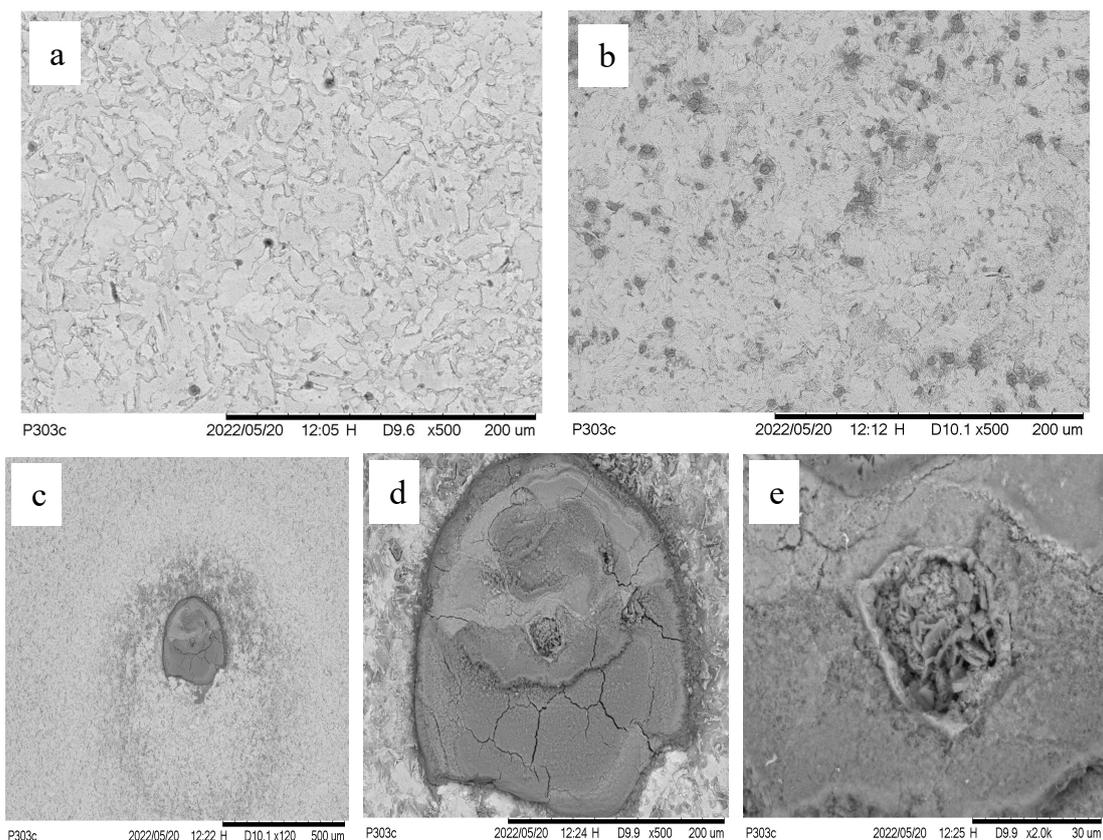


Figura 5 – MEV da microestrutura das amostras. em: Água deionizada (a); Solução salina (b); Solução ácida (c), (d), (e). Ampliação de 120x(c); 500x (a, b, d); 2000x (e).



Analisando as imagens do MEV, é de fato observado a corrosão por pites, que é comum acontecer quando se utiliza o aço comum ao carbono, isso ocorre devido as inclusões de sulfeto de ferro e de sulfeto de manganês existentes em sua microestrutura, em contato com o meio aquoso, o entorno dessas inclusões sofrem dissolução eletroquímica, resultando no arrancamento dessas inclusões gerando os pites.

Como é possível perceber analisando a Tabela 2, em ambos os sistemas, constatou se que em solução ácida com HCl a corrosão é mais intensa, ao se comparar com a água deionizada, e com a água deionizada mais o NaCl. Como podemos observar na Tabela 2, a perda de massa do corpo de prova, da solução de água D.I com HCl foi de 0,063 g, totalizando assim uma perda de 0,2691 % de sua massa. Isso ocorreu devido a presença de um maior número de eletrólitos por causa do HCl dissolvido que aumentou o fluxo de elétrons e conseqüentemente a corrosão foi mais acentuada e pelo fato de a presença de íons no meio corrosivo prejudicar a eficiência da camada de passivação e favorecer o processo de corrosão.

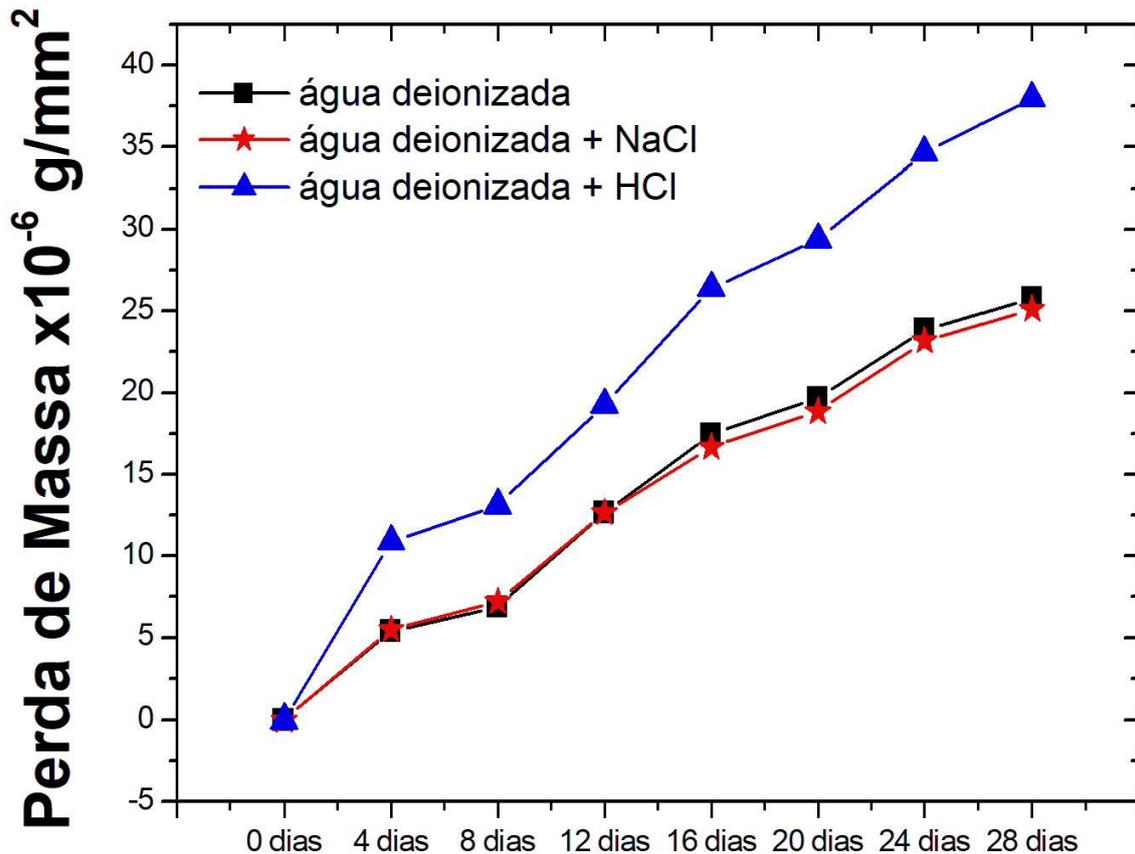
Tabela 2 – Valores obtidos durante a pesagem (g).

amostra	Início	4 Dias	8 Dias	12 Dias	16 Dias	20 Dias	24 Dias	28 Dias
A	24,2072	24,1982	24,1957	24,1861	24,1781	24,1744	24,1674	24,1642
B	24,3046	24,2953	24,2924	24,2832	24,2764	24,2727	24,2654	24,2621
C	24,4092	24,3911	24,3874	24,3772	24,3653	24,3604	24,3516	24,3461

Entretanto nos meios aquosos de imersão contendo a solução de água deionizada e no meio de imersão contendo água deionizada com NaCl, foi muito significativo a diferença entre eles, pois a concentração de NaCl foi controlada com a molaridade baixa, deixando bem dissolvida para evitar uma possível saturação da solução. Assim as duas soluções ofereceram um número de eletrólitos similares, resultando em uma perda de massa aproximadas dos corpos de prova, como demonstra a Figura 6.

Durante o tempo de imersão foi observado que o taxa do pH das soluções se estabilizou em um curto prazo de tempo, deixando as com a mesma taxa para as três soluções.

Figura 6 – Gráfico da perda de massa em função dos dias de imersão para as amostras do aço SAE 1030 em diversos meios.



Este trabalho deixa uma oportunidade para futuros, podendo controlar a cada período de tempo o seu pH inicial, substituindo sempre que a sua taxa se altere, assim garantindo o meio de imersão com as mesmas características iniciais do começo ao fim do determinado tempo do ensaio de corrosão.

Também em segunda sugestão, oferece a oportunidade de se aprofundar em analisar os comparativos da deterioração da microestrutura obtida pela análise em MEV.

CONCLUSÕES

Podemos concluir que com base no que foi apresentada, a relação do conceito sobre corrosão e as apresentações observadas acima, uma vez que, de modo abrangente, a corrosão é observada a partir do processo de deterioração de um material, devido a ações químicas ou eletroquímicas, onde

isso foi comprovado mais uma vez com a realização de três pequenos experimentos, com corpos de prova de aço, em sistemas fechados com água deionizada, cloreto de sódio e ácido clorídrico, foi observado que houve a verificação de forma quantitativa relacionadas a perda de massa em cada um dos ensaios apresentados. Além disso, devido as diferentes condições apresentadas em cada um dos sistemas, foi o agravamento dos processos corrosivos. A partir disso, foi possível perceber como esses diferentes ensaios estão relacionados com o nosso cotidiano, principalmente o sistema aquoso com solução ácida, onde ficou claro que o ambiente mais ácido propicia ainda mais essa deterioração, sendo assim, é indispensável o estudo de todo o processo de fabricação do aço, levando em consideração a aplicação e o meio que será submetido o seu uso.

AGRADECIMENTOS

À instituição FATEC de Sorocaba pela realização das medidas e empréstimo de equipamentos.

À instituição UFSCar de Sorocaba e à Felipe Lopes Fonseca da Silva pela realização das micrografias e empréstimo de equipamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM E3-2018. "**Standart Guide for Preparation of Metallographic Specimens**".

American Society for Testing and Materials, v. 1, n. Reapproved, 2018. DOI:

10.1520/E0003-11R17

ASTM G31/72 (2004) - "**Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals**", ASTM, vol.G31/72, 2004.

CALLISTER JR., W.D. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução**, 5ª Edição. Editora LTC, 2002.

CHIAVERINI, Vicente, "**Aços e Ferros fundidos**" 7º Ed. São Paulo. Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais – 2002.

BUSCARIOLO, F.F.; MARAYUMA, F.; ALVES, J.C.L.; VOLPE, L.J.D.; MAGAZONI, F. **M Wolf. SAE**, 2016 ... FF BUSCARIOLO, LJD VOLPE. Society of Automotive Engineers, 2014.

GENTIL, V. **Corrosão**. Livros técnicos e científicos editora S.A., 4ª Edição, Rio de Janeiro 2003, 341p.

GENTIL, V., **Corrosão**. 6ª edição, Rio de Janeiro: LTC, 2012.

GENTIL, Vicente. **Corrosão**. 3. ed. Rio de Janeiro-RJ: Editora LTC Livros Técnicos e Científicos S/A, 1996.

LUZ, Gelson. **Aço SAE 1030 propriedades Mecânicas e composição Química**. Blog Materiais, [s.l], 2017.

MAINIER, F. B. Material do curso Corrosão e Inibidores. In: Instituto Brasileiro de Petróleo, nº 2, Rio de Janeiro, Brasil, 2006. **Artigo...** Rio de Janeiro: Revista Virtual de Química, 2014, p.293-309.

MERCK. MILLIPORE. Water in the laboratory. Disponível em :<http://www.merckmillipore.com/BR/pt/water-purification/learning-centers/tutorial/purification-techniques/M42b.qB.QHEAAAFVZkiQz9,nav>. Acesso em: 17 abr. 2022.

MONTEIRO, M.R.; PEPE, A.R.; KURI, S.E. **Corrosão metálica associada ao uso de combustíveis minerais e biocombustíveis**. Química Nova Vol. 32, n.7, p. 1910-1916, 2009.

PANNONI, Fabio Domingos. **Fundamentos da corrosão**. 5ªed. M. Sc. Ph. D, 2008.

RAMANATHAM, Lalgudi. **Corrosão e seu controle**, 1. Ed, São Paulo: Hemus. 1988.

REIS, M. I. P.; da Silva, F. C.; Romeiro, G. A.; Rocha, A. A.; Ferreira, V. F. deposição mineral em superfícies, problemas e oportunidades na indústria do petróleo. In: Ano internacional da química, nº1, 2011. **Artigo...** Niterói-RJ: Revista Virtual de Química 2011, p.2-13.

RODRIGUES, P.R.P.; BANCZEK, E. P.; OLIVEIRA, M. F.; CUNHA, M. T. **Study of the Electrochemical Behaviour of Tolitriazole in Phosphating Bathings of Carbon Steel 1008**. Portugaliae Electrochimica Acta Vol. 23, p. 379-391, 2015.

SHREIR, L.L. Corrosion, 2. ed. London : Newnes-Butterworths, 1977. 2v. v. 1: **Metal/Environment Reactions** p. 1.130 - 1.191.

SILVEIRA, G. B. et al. Microscopia Óptica e Microscopia Confocal como Técnicas Comparativas para Caracterização de Pites em Cupons de Corrosão. In: INTERCORR, nº 2, 2014, Fortaleza, CE. **Livro de resumos ...** Fortaleza: Intercorr, 2014, p. 1-11.