UNIDADE DE ENSINO SUPERIOR DE FEIRA DE SANTANA
WITÓRIA NASCIMENTO SANTOS

ESTUDO COMPARATIVO DA APLICAÇÃO DE INIBIDORES NATURAIS DE CORROSÃO EM CHAPAS METÁLICAS

Feira de Santana - Ba
2021

Witória Nascimento Santos

ESTUDO COMPARATIVO DA APLICAÇÃO DE INIBIDORES NATURAIS DE CORROSÃO EM CHAPAS METÁLICAS

Trabalho de Conclusão de Curso da Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana, como requisito para a obtenção do título de Bacharelado em Engenharia Química.

Orientadora: Prof.ª Ma. Fernanda Mansani Gomes

Coorientador: Prof. Me. João Filipe Lacerda da Cruz

Feira de Santana - BA

2021

WITÓRIA NASCIMENTO SANTOS

ESTUDO COMPARATIVO DA APLICAÇÃO DE INIBIDORES NATURAIS DE CORROSÃO EM CHAPAS METÁLICAS

Feira de Santana, 25/02/2021.

Banca Examinadora:

_____

Fernanda Mansani Gomes
UNEF
Orientadora

_____

João Felipe Lacerda da Cruz
UNEF
Coorientador

_____

Elvio Barreto de Melo Filho
Mestre em Engenharia de Processos - UNIT
Examinador

_____

Ricardo de Oliveira Mota
UNEF
Examinador

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema das formas de corrosão pela aparência apresentada nas superfícies. 18

Figura 2 – Processo de passivação do aço inox comparado ao aço comum. 22

Figura 3 – Atuação dos inibidores de corrosão. 24

Figura 4 – Diagramas de polarização de inibidores anódicos e catódicos. 26

Figura 5 – Estrutura química de forma neutra de compostos baseados em extratos naturais. 27

Figura 6 – Esboço do corpo de prova produzido para os testes. 34

Figura 7 – Campos de prova (grupo 1) no primeiro dia de exposição. 35

Figura 8 – Campos de prova (grupo 1 e 2) no último dia de exposição. 35

Quadro 1 – Técnicas de proteção a corrosão utilizadas para meio aquoso. 23

Gráfico 1 – Velocidade do processo corrosivo nas placas de aço carbono e aço inox. 38

Gráfico 2 – Eficiência dos inibidores naturais nas placas de aço carbono e aço inox. 39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados das perdas de massa dos campos de prova do grupo 1 (aço inox) 36
Tabela 2 – Resultados das perdas de massa dos campos de prova do grupo 2 (aço carbono) 36
Tabela 3 – Resultados da velocidade de corrosão e eficiência no grupo 1 36
Tabela 4 – Resultados da velocidade de corrosão e eficiência no grupo 2 37
Tabela 5 – Classificação de corrosividade 37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PIB	Produto Interno Bruto
Cr	Cromo
GIBBS	Energia de Gibbs
RPM	Rotação por minuto
ASTM	American Society for Testing and Materials
G	Grama

LISTA DE SÍMBOLOS

Δ	Delta
<	Menor que
º	Grau
K	Constante
M	Perda de massa
g	Grama
Cm^2	Centímetro ao quadrado
t	Tempo de exposição
ρ	Massa especifica

RESUMO

A corrosão é um fenômeno que ocorre quando os materiais metálicos interagem com o meio ambiente, assim despertando uma problemática vista mundialmente, em maior parte no setor industrial. Esse fenômeno causa problemas frequentes nos mais diversos setores onde são empregados. Quando relacionados ao ramo industrial prejudicam a durabilidade e desempenho de estruturas, máquinas, equipamentos e ferramentas. Os impactos gerados são diversos, sejam eles na área ambiental, na área de segurança e principalmente na área econômica. Visando reduzir os impactos gerados por esse fenômeno, são utilizados inibidores que protegem a estrutura metálica e reduzem a incidência da corrosão. Com a grande busca por produtos com menor impacto ambiental, foram produzidos através de extrações hidro alcoólicas e por infusão quatro extratos naturais utilizando casca de laranja, casca de maracujá, semente de mamão e bagaço de uva, para testar sua eficiência como inibidor de corrosão em chapas de aço carbono e aço inox, quando aplicado em um meio salino de um ambiente fabril. Os resultados da eficiência dos inibidores quando aplicados no aço carbono obtiveram eficiências superiores a 80%, comprovando uma similaridade quando comparado a um inibidor inorgânico.

Palavras-chave: Corrosão; Inibidores naturais de corrosão; aço carbono; aço inoxidável.

ABSTRACT

Corrosion is a phenomenon that occurs when metallic materials interact with the environment, thus awakening a problem seen worldwide, mostly in the industrial sector. This phenomenon causes frequent problems in the most diverse sectors where they are employed. When related to the industrial sector, they impair the durability and performance of structures, machines, equipment and tools. The impacts generated are diverse, be they in the environmental area, in the security area and mainly in the economic area. In order to reduce the impacts generated by this phenomenon, inhibitors are used to protect the metal structure and reduce the incidence of corrosion. With the great search for products with less environmental impact, four natural extracts were produced through hydro alcoholic extractions and by infusion using orange peel, passion fruit peel, papaya seed and grape pomace, to test its efficiency as a corrosion inhibitor in carbon steel and stainless steel sheets, when applied in a saline environment of a factory environment. The results of the efficiency of the inhibitors when applied to carbon steel obtained efficiencies above 80%, proving a similarity when compared to an inorganic inhibitor.

Keywords: Corrosion; Natural Corrosion Inhibitors; Carbon steel; Stainless steel.

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**	11
2	**OBJETIVOS**	13
2.1	**Objetivo geral**	13
2.2	**Objetivos específicos**	13
3	**REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**	14
3.1	**Materiais Metálicos**	14
3.1.1	Aço Inoxidável	15
3.1.2	Aço Carbono	15
3.2	**Corrosão**	16
3.2.1	Tipos de corrosão	17
3.2.2	Meios corrosivos	20
3.2.3	Proteção à corrosão do aço carbono e aço inox	21
3.3	**Inibidores de corrosão**	23
3.3.1	Classificação dos inibidores de corrosão	25
3.3.2	Inibidores de corrosão natural	26
3.4	**Materiais Vegetais**	28
3.4.1	Bagaço de Uva	28
3.4.2	Semente de Mamão	29
3.4.3	Casca de Laranja	29
3.4.4	Casca de Maracujá	30
4	**METODOLOGIA**	31
4.1	Extração	31
4.2	Teste de corrosão	32
5	**RESULTADOS E DISCUSSÕES**	34
6	**CONCLUSÃO**	40
7	**REFERÊNCIAS**	41

1 INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento do ramo industrial e a necessidade de atender às demandas dos consumidores, as indústrias cada vez mais precisam entender os seus processos e prever paradas indesejadas, que geralmente são ocasionadas pelo desgaste das suas estruturas e equipamentos. Estes desgastes são originados através do fenômeno da corrosão, que pode ser definido como a deterioração que ocorre quando um material metálico reage com seu ambiente, levando à perda de suas propriedades físicas e químicas. É desenvolvido pela formação de células ou pilhas de corrosão em diferentes regiões de um mesmo material, inseridos em um meio eletrolítico e contendo uma diferença de potencial entre os trechos da superfície do aço (GENTIL, 2011). Segundo Roberge (2008), esse processo é denominado espontâneo, pois os metais expostos às intempéries tendem naturalmente a completar o seu ciclo retornando a sua forma de origem, o minério.

Seu impacto é sentido em várias áreas, como: economia, segurança e meio ambiente. Relacionando aos impactos econômicos, alguns estudos apontam que os custos anuais vinculados aos danos por corrosão variam em torno de 4% do Produto Interno Bruto (PIB), de um país industrializado (BARDAL, 2003). Outro estudo aponta que 30% ou mais do aço produzido no mundo é utilizado para a reposição de peças deterioradas pela corrosão (NUNES & LOBO, 2007). Mesmo com o passar dos anos e com o avanço tecnológico neste período, esta situação permanece a mesma.

A corrosão causa problemas frequentes nos mais diversos setores, prejudicam a durabilidade e desempenho de estruturas, máquinas, equipamentos e ferramentas. Logo, seu estudo é necessário, a fim de evitar impactos econômicos relacionados à manutenção indesejada e acidentes. Outro aspecto a se destacar é sobre a conservação das reservas de minérios, visto que a permanente deterioração dos materiais metálicos pela corrosão exige que haja uma produção adicional desses materiais para reposição (GENTIL, 2011).

Estão presentes nas indústrias químicas os equipamentos e estruturas compostas por chapas metálicas, onde são expostos a variações de ambiente, de temperatura e também a diversos tipos de fluidos, os quais são de extrema importância para o funcionamento ideal dos processos. Para manter as superfícies

metálicas em perfeito estado e inibir o fenômeno da corrosão, são utilizados inibidores, onde esses podem apresentar natureza sintética ou natural. Os inibidores de corrosão naturais são obtidos a partir de extratos de plantas ou de material biodegradável e acarretam a diminuição da intensidade de degradação dos metais, diminuindo assim sua taxa de corrosão (VALEK, 2007).

São cada vez mais frequente as exigências ambientais impostas para que inibidores de corrosão disponíveis sejam considerados ambientalmente apropriados; logo, é notório o crescente interesse pelos antioxidantes naturais produzidos a partir de extratos de plantas, que apresentam baixa toxicidade em relação aos antioxidantes sintéticos. Com esse intuito, o objetivo deste estudo é verificar a eficiência de inibidores de corrosão naturais aplicados em chapas metálicas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar a viabilidade da aplicação dos inibidores naturais como forma de tratamento anticorrosivo em chapas metálicas em um ambiente salino.

2.2 Objetivos específicos

- Produzir os inibidores naturais de acordo com suas propriedades de inibição;
- Aplicar os inibidores em chapas metálicas;
- Avaliar as chapas metálicas após a aplicação dos inibidores e exposição ao meio industrial.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 MATERIAIS METÁLICOS

O aço é definido como uma liga de ferro e carbono, contendo em média 0,008% a aproximadamente 2,11% de carbono em sua composição e outros elementos do seu próprio processo reacional ou até mesmo adicionado para se obter propriedades desejadas no material metálico. No caso do aço inox é adicionado na sua composição química 11% de cromo o que permite ao material uma excelente resistência à corrosão (NETTO, 2009). As ligas de aço são consideradas atualmente como a liga mais importante no ramo industrial, por possuir inúmeras aplicações, como a fabricação de equipamentos e ferramentas, seja destinada a construção civil ou as indústrias químicas em geral.

Com os inúmeros tipos de aços existentes foi criado um sistema de classificação para tal. Sendo assim, os aços são divididos em grupos através das suas propriedades em comum, segundo Ballesteros (2009) são divididas em:

- ➔ Composição química, como os aços ligas, aços carbonos e aços inoxidáveis.
- ➔ Método de fabricação, como processo básico do oxigênio e forno aberto ou elétrico.
- ➔ Formas do produto acabado, como chapas, tubulações, barras, placas, entre outros.
- ➔ Microestrutura, como aços ferros, aços perlíticos e aços martensíticos.
- ➔ Tratamento térmico, como revenido, recozimento e os processos termomecânicos.

Na maioria das indústrias de transformação são encontrados estruturas, equipamentos e ligas metálicas, que para utilização são considerados todos os aspectos citados acima. Nas construções industriais, observa-se a presença dos aços carbonos e na maioria dos casos os aços inoxidáveis por serem mais resistentes à corrosão (MELLO, 2011).

3.1.1 AÇO INOXIDÁVEL

Os aços inoxidáveis têm diversas aplicações devido às suas propriedades mecânicas, físicas e metalúrgicas. Sua versatilidade e beleza fazem com que tenha um campo de aplicações muito abrangente, tal que sua facilidade de limpeza e esterilidade permita a utilização como instrumentos cirúrgicos entre outros, sua superfície clara seja uma vantagem estética e a resistência a altas temperaturas e a corrosão, ideal para a indústria.

Aços inoxidáveis são ligas à base de ferro contendo um baixo teor de carbono e pelo menos 10,5% de Cromo (Cr), além de outros elementos de liga que quando adicionados de maneira ajustada, conferem um aumento em determinadas propriedades, como a resistência a várias formas de corrosão. Essa principal propriedade se deve ao surgimento de um filme fino e contínuo, conhecido como camada passiva. Esta é uma película transparente, e não porosa que se forma rapidamente pela combinação do Oxigênio do ar com o Cr contido no aço, mantendo-se estável sobre sua superfície, passivando e protegendo a mesma (CARBÓ, 2008).

A resistência do aço inoxidável está associada à formação de uma película composta pelo oxigênio do ar e o cromo presente na composição do metal, que reveste toda a superfície do metal. Essa película também é conhecida como filme passivo, pois consegue proteger a superfície e consegue se regenerar de forma espontânea quando parte do seu filme é destruído (MELLO, 2011).

3.1.2 AÇO CARBONO

Uma das ligas mais acessíveis e comuns é conhecida como aço-carbono. Na sua composição é formada por 98% de Ferro, mas também possui 0,25 a 0,29% de Carbono, 0,04% de Fósforo que é responsável por aumentar a dureza do aço, 1,03% de Manganês responsável por um aumento de resistência à abrasão e impacto, 0,28% de Silício e 0,05% de Enxofre que pode ser considerado uma impureza do minério, ou ser incluído para auxiliar em alguma reação do metal. (BUZZETTI, 2016).

A sua resistência mecânica é diretamente proporcional à quantidade de carbono na chapa de aço, enquanto a ductilidade é inversamente proporcional. Esse

tipo de aço oxida-se com grande facilidade, porém é utilizado em diversos setores industriais devido ao seu baixo custo, facilidade de fabricação e suas propriedades mecânicas, sendo exposto a diversos meios agressivos (GUPTA, 2016).

O aço carbono pode ser classificado conforme a quantidade de carbono e sua dureza. O aço que possui o teor de carbono inferior a 0,15% é definido como aço extra doce, o aço doce considerado como um aço estrutural possui teor de carbono entre 0,15 e 0,30%, o aço meio duro possui teor de carbono entre 0,30 e 0,50%. São aços temperados para peças estruturais com grande solicitação mecânica. Os aços classificados como duro e extra duro são aços utilizados para ferramentas de corte ou similares, possuem teor de carbono para o aço duro entre 0,50 a 1,40% e para o extra duro de 1,40 a 2,0% (COELHO, 2008).

3.2 CORROSÃO

Segundo GENTIL (1996) e PANOSSIAN (1993) em um aspecto mais expandido e aceito em todo o mundo define-se corrosão como o estrago de um material, normalmente um material metálico, proveniente de uma ação química ou eletroquímica do meio ambiente aliada ou não a esforços mecânicos. Essa deterioração é causada pelo contato físico químico entre o material e seu meio operacional, representa mudanças indesejáveis e prejudiciais ao material, como por exemplo, o desgaste, as variações químicas ou alterações estruturais, fazendo com que o material metálico se torne inutilizado para uso.

Termodinamicamente definindo corrosão correlaciona-se o processo corrosivo com a energia de GIBBS, dizendo que a corrosão é o processo inverso pelo qual o metal volta ao seu estado natural, sendo acompanhado de uma redução da energia de GIBBS. Assim como a segunda lei da Termodinâmica define, sistemas com $\Delta G < 0$ podem ser considerados processos espontâneos, a corrosão em determinados meios é um processo espontâneo (FREIRE, 2005).

Durante o passar dos anos, foram levantadas em diversas pesquisas os custos associados aos impactos da corrosão, podendo ser divididos em fatores diretos, onde podemos definir como substituição de equipamentos e formas de prevenção, ou fatores indiretos classificados com manutenção, perda de eficiência do processo, interrupção devido às falhas por corrosão (GENTIL 2011).

Nas indústrias petrolíferas e químicas, são desencadeados através dos processos corrosivos, diversos problemas em variados tipos de atividades (SASTRI, 2011), entre as diferentes frentes de atuação, o estudo relacionado aos custos gerados através dos impactos da corrosão, sejam eles diretos ou indiretos, são caracterizados como um ponto estratégico, pois chega representar até 4% do PIB - Produto Interno Bruto dos países industrializados (GENTIL, 2011), esse custo chega a aproximadamente US$ 82 bilhões no Brasil, já nos Estados Unidos pode alcançar cerca de US$ 770 bilhões, consideração os PIB's alcançados no ano 2017. Podendo utilizar, por exemplo, o custo mundial de corrosão estimado em US $2,5 trilhões no ano de 2013 (KOCH, et al., 2016).

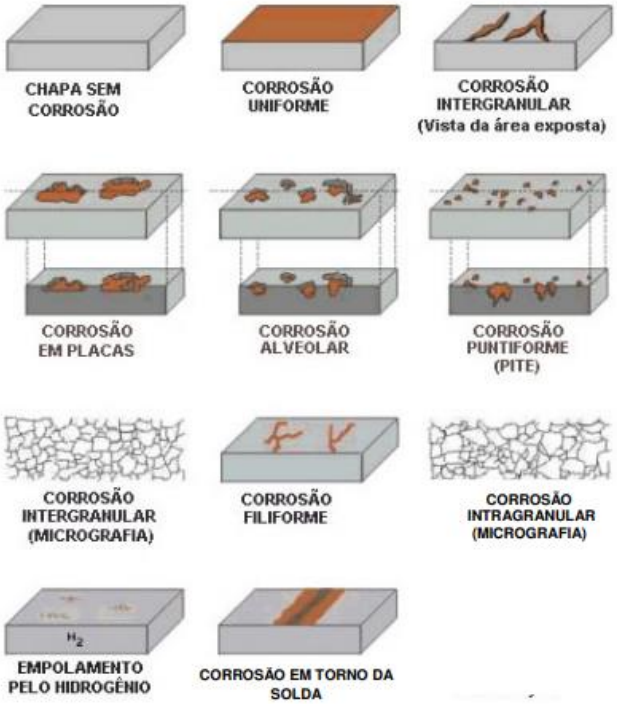
3.2.1 TIPOS DE CORROSÃO

O processo corrosivo é desencadeado a partir das reações eletroquímicas ou reações químicas heterogêneas que ocorrem na maioria dos casos da interface entre o material e o meio corrosivo. A reação que acontece no processo corrosivo é a reação de oxidação, que se origina através da transferência de elétrons nas reações de oxirredução (BALLESTEROS, 2009).

Essas reações são definidas como processos simultâneos de ganho e perda de elétrons, onde os elétrons perdidos são recebidos por outro meio. Quando aplicada em materiais metálicos, se comporta como o agente redutor cedendo elétrons, que são transferidos para o agente oxidante do meio corrosivo, logo, o processo de corrosão é caracterizado por uma destruição no material que se inicia pela sua superfície.

Os tipos de corrosão podem ser identificados principalmente pela aparência da superfície que está sendo corroída, podem-se destacar como principais a corrosão uniforme, corrosão por placas, corrosão alveolar, corrosão por pites, corrosão intercristalina ou intergranular, empolamento por hidrogênio, corrosão transcristalina ou transgranular, entre outras, conforme ilustrado na Figura 1 (BALLESTEROS, 2009).

Figura 1 - Esquema das formas de corrosão pela aparência apresentada nas superfícies.



Fonte: Corrosão (2020).

➔ Corrosão uniforme

A corrosão uniforme se processa em toda extensão de uma superfície metálica exposta em um ambiente homogêneo, ocorrendo uma perda uniforme de espessura desse material. Segundo Gentil (2011), esta nomenclatura é utilizada, por alguns, como corrosão generalizada, que, porém não deve ser empregada apenas para corrosão uniforme, pois se pode ter também corrosão por pite ou alveolar generalizada, isto é, em toda extensão da superfície corroída.

➔ Corrosão por placas

Esse tipo de corrosão pode-se localizar em regiões da superfície metálica e não em toda a sua extensão, formando placas com escavações que podem se deslocar e desprender progressivamente.

➔ Corrosão alveolar

É considerada como uma corrosão localizada e que se realiza na superfície metálica, o seu resultado são escavações ou sulcos muito semelhantes a alvéolos, apresenta um fundo arredondado e a profundidade, em maioria dos casos, é menor que seu diâmetro (GENTIL, 2011).

➔ Corrosão por pites

Esse tipo de corrosão é uma das mais destrutivas, pois seu processo de identificação é difícil, ela é formada em baixo da corrosão generalizada e pode ocorrer também em pequenas áreas localizadas na superfície. Os pites formados são cavidades que apresentam uma profundidade geralmente maior do que o seu diâmetro.

Segundo Araújo (2012), é encontrado em publicações estrangeiras o termo corrosão por pite (pitting corrosion) englobando as três classificações brasileiras: corrosão por placas, alvéolos ou pites. No Brasil, estas três classificações causam divergências de opiniões, pois em alguns processos corrosivos é difícil caracterizar qual a forma das cavidades formadas sobre as placas.

➔ Corrosão intercristalina ou intergranular

Conhecidas como corrosão intercristalina ou intergranular é um tipo de corrosão localizada entre os grãos da estrutura cristalina do material metálico, esse processo gera a perda das propriedades mecânicas que resulta na fratura quando esse material é submetido a esforços mecânicos, esse caso é similar ao da corrosão sobtensão fraturante (Araújo, 2012).

➔ Empolamento por hidrogênio

O átomo de hidrogênio tem uma grande capacidade de difusão em materiais metálicos. Logo, se o hidrogênio for gerado na superfície de um material metálico, ele migrará para o interior do mesmo e acumulará em defeitos existentes na sua estrutura. Esse hidrogênio pode resultar da reação de decomposição da água de

cristalização, que está contida em alguns tipos de revestimento de um eletrodo, geralmente nos processos de soldagem. Mas, também pode ser gerado como produto de alguns tipos de reações de corrosão, ou também pode ser gerado pela ação de gases ricos neste componente, ou por meio de outros processos reacionais. O hidrogênio quando acumulado passa da forma atômica para a molecular e provoca altas pressões no interior da falha. Quando esse acúmulo ocorre em falhas próximas à superfície, a deformação provoca empolamentos, sendo chamado de empolamento pelo hidrogênio (Araújo, 2012).

- ➔ Corrosão transcristalina ou transgranular

Essa corrosão é semelhante ao caso da corrosão intergranular, ela se processa nos grãos cristalinos do material metálico, onde suas propriedades mecânicas são afetadas, onde o material poderá fraturar à menor solicitação mecânica. Os seus efeitos são catastróficos quando comparados aos processos intergranulares.

- ➔ Corrosão por incrustação

Ocorre na presença de fluidos corrosivos que, ao entrarem em contato com a área de troca térmica reagem produzindo a corrosão.

3.2.2 MEIOS CORROSIVOS

Os meios corrosivos mais encontrados são: atmosfera, águas naturais, solo, produtos químicos e, em menor escala, alimentos, substâncias fundidas, solventes orgânicos, madeiras e plásticos (GENTIL 2011).

Segundo Pannoni (2011), os fenômenos de corrosão envolvendo metais apresentam uma grande variedade de mecanismos que podem ser resumidos em quatro grupos, são eles:

- ➔ Corrosão em meios aquosos (90%);

- ➔ Oxidação e corrosão quente (8%);
- ➔ Corrosão em meios orgânicos (1,8%);
- ➔ Corrosão por metais líquidos (0,2%).

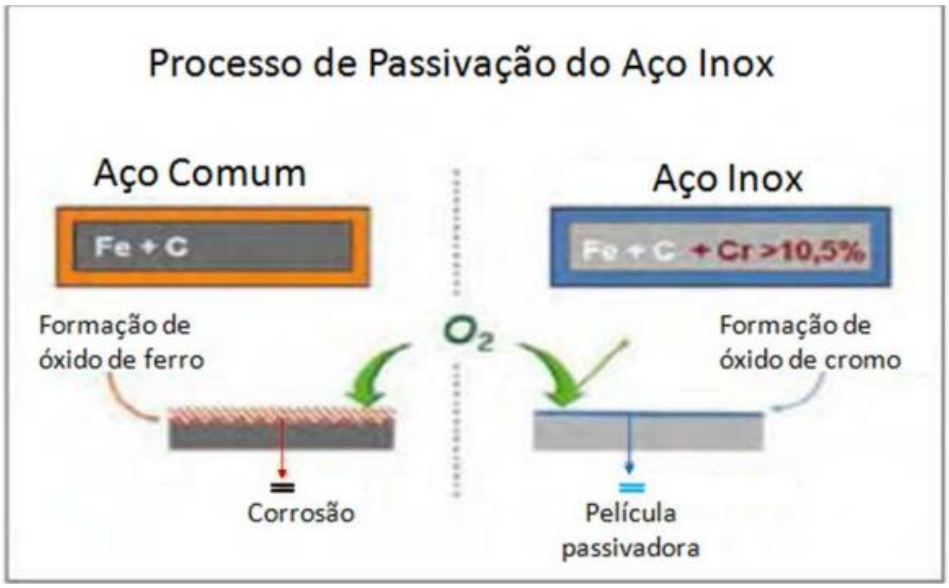
As porcentagens após os grupos estão indicando uma estimativa da incidência de cada um dos tipos de corrosão. Nota-se que a corrosão em meios aquosos é a mais recorrente, e isto é esperado, sabendo que a maioria dos fenômenos de corrosão ocorrem no meio ambiente, onde a água é o principal solvente. A própria corrosão atmosférica, que também é a de maior incidência, ocorre através da condensação da umidade na superfície do metal (PANNONI, 2011).

3.2.3 PROTEÇÃO À CORROSÃO DO AÇO CARBONO E AÇO INOXIDÁVEL

Os metais ao reagirem, dispõem de uma forte tendência a perder elétrons com o tempo, essa perda de elétrons faz o metal sofrer oxidação e consequentemente provocar a corrosão. Verificam-se em prática que os metais denotam diferentes tendências à oxidação. Em presença de umidade ou ar é notório que o ferro tem uma maior tendência a se oxidar do que o níquel, por exemplo, (GENTIL, 2011).

Estudos indicam que a principal característica que confere ao Aço Inox a propriedade de “não manchar” é a presença de Cromo em sua composição, responsável pela passivação da superfície. Este elemento oxida no lugar do Ferro, devido ao seu menor potencial de eletrodo, formando uma camada de óxido de Cromo protegendo o material, como ilustrado na figura 2 (TRIDAPALLI, 2011).

Figura 2 - Processo de passivação do aço inox comparado ao aço comum.



Fonte: Tridapalli (2011).

Um metal é considerado passivo quando na sua superfície possui ou é formada uma fina camada protetora de óxido ou hidróxido (GENTIL 2011)

A passivação de um metal é uma das principais qualidades obtidas para aumentar a sua durabilidade e resistência. Por possuir uma natureza complexa e por suas condições específicas que facilitam sua ocorrência, é difícil definir a passivação (FONTANA, 1987). Fontana (1987), afirma que o fenômeno da passivação trata da perda de reatividade química de certas ligas e metais quando expostos a condições ambientais, logo, tornando inertes e atuando semelhante a metais nobres, como por exemplo, a platina e ouro.

Os processos utilizados para proteção de corrosão são classificados como passivos e ativos, onde o processo passivo pode ser exemplificado como a proteção eletroquímica, já em aplicações de camadas protetivas que separam a chapa do meio agressivo são considerados passivos. Teoricamente, essas medidas de proteção podem ser aplicadas independente uma da outra, mas a junção dos dois processos é considerada benéfica e necessária para certos casos, onde se em um momento a revestimento for danificado o outro meio protetivo impede o acontecimento da corrosão. No quadro 1 está lista as técnicas de proteção a corrosão em um meio aquoso (DONATELLA, 2016).

Quadro 1: Técnicas de proteção a corrosão utilizadas para meio aquoso.

Técnica de proteção		Processo industrial associado à técnica
Remoção do agente oxidante		Tratamento da água
Prevenção da reação da superfície		Proteção catódica – anodo de sacrifício e corrente impressa
		Proteção anódica (passivação por corrente impressa)
Inibição da reação da superfície		Adição de inibidores químicos em fase líquida
		Controle de pH
Revestimentos	Orgânicos	Pinturas
	Metálicos	Eletrodeposição
		Galvanização
		Metalização
	Não-metálicos inorgânicos	Anodização
		Revestimento por conversão
Modificação do metal		Ligas (aço inox, cobre-níquel, ligas de alta temperatura)
Modificação das condições superficiais		Manutenção para remoção dos agentes corrosivos Projetos para evitar rachaduras Projetos para evitar combinações reativas de metais

Fonte: DOLABELLA (2016).

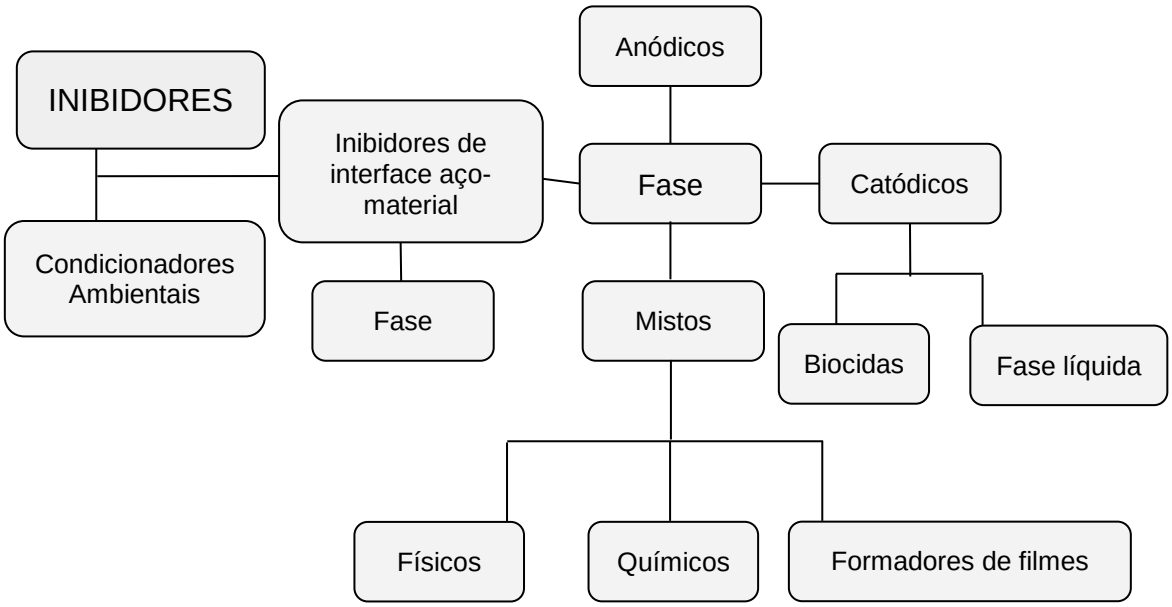
3.3 INIBIDORES DE CORROSÃO

Os inibidores de corrosão são uma das opções utilizadas para auxiliar na diminuição da velocidade da corrosão em determinados meios. Os inibidores são considerados substâncias ou um conjunto delas, utilizadas em uma concentração ideal, e auxiliam o tratamento da superfície do metal quando exposto a um ambiente corrosivo e minimizando a corrosão provocada pelo meio (KESAVAN, 2012). Eles podem ser classificados pela sua natureza sendo orgânica ou inorgânica, e pela sua ação catódicos, anódicos, mistos, ou de adsorção (GENTIL, 2011), inúmeros destes compostos têm sido aplicados para controlar o fenômeno da corrosão em diferentes meios agressivos (COELHO, 2005).

Os inibidores mais utilizados são os de natureza inorgânica, são melhorados continuamente para apresentarem resultados satisfatórios, sua composição é baseada em cromatos, óxidos e nitretos, porém esses tipos de inibidores inorgânicos podem apresentar um nível de toxicidade para quem se usa (BOLINA 2008). Como citado, existem os inibidores orgânicos, que podem apresentar composição sintética ou natural, a maioria apresenta em suas estruturas nitrogênio, enxofre e oxigênio, o que auxilia em uma maior interação com a superfície do material metálico.

E exemplificado na Figura 03 as vastas formas de atuação assim como os mecanismos dos inibidores de corrosão. A forma mais utilizada de atuação é a área de interação aço-material, que pode ser apresentada na forma líquida ou vapor. As aplicações dependem de alguns fatores, como o pH do fluido que será utilizado. Se o pH estiver próximo ao neutro, recomenda-se a utilização do inibidor anódico que funcionará como uma deposição de produtos gerados da corrosão sobre tais superfícies do aço, isso irá gerar uma camada decorrente da passivação e impedirá uma corrosão de maior grau (SCHULTZ, 2004). Segundo Schultz (2004), os inibidores catódicos atuam em áreas catódicas que alimentam a reação de corrosão, agindo na diminuição da velocidade da reação ou chegando a precipitar-se sobre a área de alimentação e interrompendo as reações. Os inibidores mistos são bastante utilizados e representam em torno de 80% das aplicações de inibidores, são classificados em três tipos, os físicos e químicos, que impõem uma adsorção superficial e os formadores de filmes ou películas na superfície do metal através de uma adsorção.

Figura 03: Atuação dos tipos de inibidores da corrosão.



Fonte: Dupke (2018).

Existe uma grande preocupação ambiental em minimizar a utilização de substâncias consideradas tóxicas e não compatíveis com o meio ambiente evitando

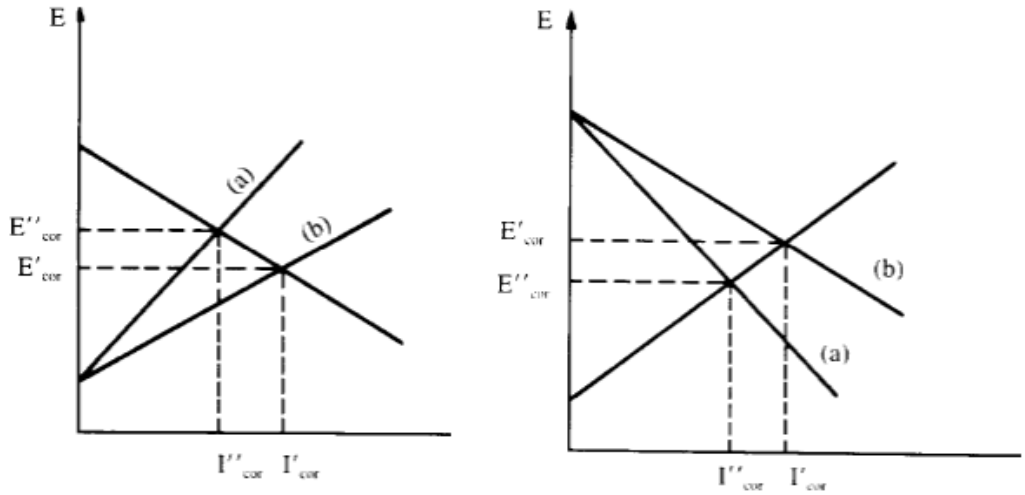
impactos ao mesmo. Logo, surge a necessidade de criar tecnologias limpas direcionadas aos inibidores de corrosão (MAINIER & SILVA, 2004).

3.3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS INIBIDORES DE CORROSÃO

Segundo a composição, os inibidores podem ser classificados em orgânicos e inorgânicos e de acordo com seu comportamento em inibidores catódicos, anódicos, de adsorção ou mistos (GENTIL, 2011).

Segundo Coelho (2005), os inibidores anódicos são os responsáveis por limitar as reações anódicas. Esse tipo de inibidor reage com produtos de corrosão, geralmente, filmes insolúveis e aderentes formados na superfície do metal, seu resultado é uma elevação no potencial de corrosão. Os inibidores catódicos agem nas reações catódicas, responsável por reduzir o fluxo de elétrons nas regiões aplicadas, gerando um menor potencial de corrosão, na Figura 4 exemplifica em diagramas de polarização de inibidores anódicos e catódicos.

Figura 4: Diagramas de polarização de inibidores anódicos e catódicos.



Fonte: Gentil (2011).

As curvas de polarização fornecem informações importantes sobre a cinética dos processos de eletrodo, a formação de filmes protetores e a ocorrência de corrosão localizada. O potencial aplicado corresponde a uma energia de ativação e a resposta da corrente indica a velocidade dos processos eletroquímicos em um meio que podem ser anódicos e/ou catódicos (SOUZA, 2007).

Inibidores mistos são constituídos por uma junção de inibidores catódicos e anódicos e possuem uma ação que auxilia na formação de um filme protetor em ambas as regiões, anódicas e catódicas. Os inibidores de adsorção são responsáveis por formar uma película protetora sobre as áreas anódicas e catódicas da superfície do metal (COELHO, 2005). Esses inibidores de adsorção são compostos orgânicos com características polares, e possuem oxigênio, enxofre ou nitrogênio na sua composição. Como exemplo, podem-se citar as aminas, aldeídos, mercaptanas, compostos contendo enxofre e compostos acetilênicos (CARDOSO, 2003).

3.3.2 INIBIDORES DE CORROSÃO NATURAIS

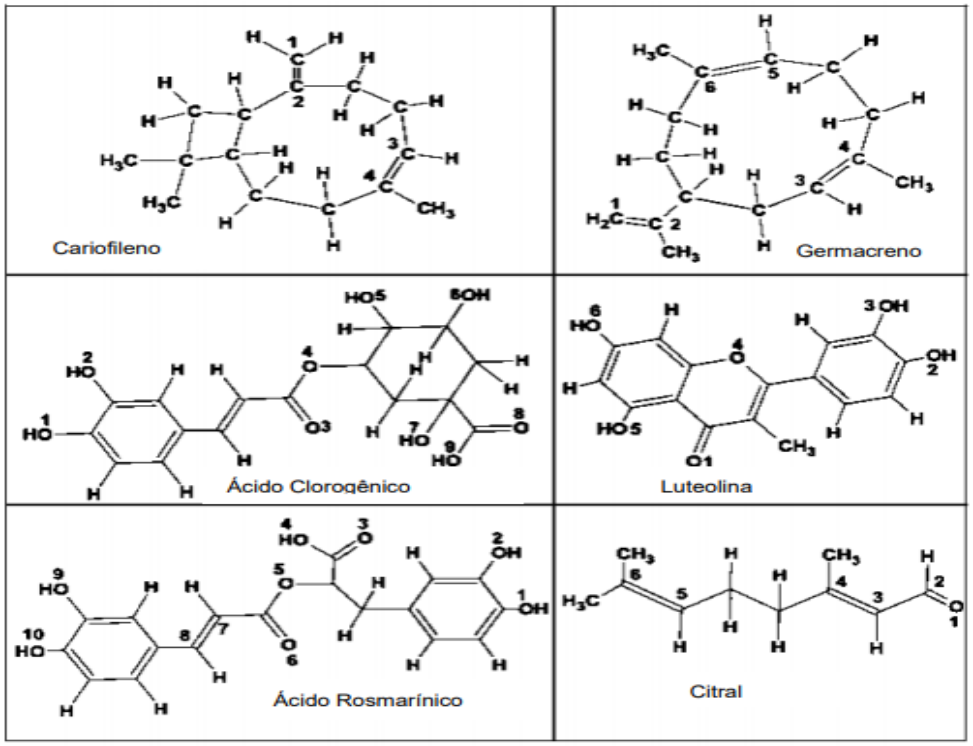
O abrangente interesse pelos antioxidantes naturais obtidos através de extratos de plantas é devido à sua baixa toxicidade em relação aos antioxidantes sintéticos. Extratos provenientes de frutas, vegetais, cereais e seus subprodutos industriais são ricos em antioxidantes, em ácido ascórbico, tocoferóis, carotenóides e em compostos fenólicos que têm demonstrado um eficaz método antioxidante em sistemas estudados (SOARES et al., 2008).

Os inibidores orgânicos possuem diversas classificações e podem ser divididos por sua origem ou classificação química, mostrando assim a especificidade do inibidor. Uma delas é a de origem natural, sendo bastante estudada e utilizada nos últimos anos, principalmente devido ao aumento da preocupação em relação à preservação do meio ambiente. E mesmo ainda em estudo, essa classe vem tendo uma utilização muito recorrente no ramo industrial. São utilizados extratos brutos, ou tratados com solventes, provenientes de folhas, caules, frutas, sementes e bagaços e têm se tornado a principal alternativa dos novos estudos. As indústrias são atraídas por essa nova classe, também, devido ao custo benefício, já que são recursos naturais de fontes renováveis, de baixo custo e também biodegradáveis (FERREIRA, 2016).

Segundo ASADI, RAMEZANZADEH, et al. (2018), quando os inibidores são aplicados em meios com pH ácidos, os elétrons são compartilhados com a superfície do metal, assim se adsorvem a superfície formando uma película / filme que se

comportam como materiais isolantes entre o substrato e o meio degradante, os heteroátomos de oxigênio e carbonos de ligações duplas são exemplos dessa reação. A estrutura molecular de certas substâncias extraídas de vegetais, exemplificado na Figura 5, demonstra os átomos que vão desencadear o processo de adsorção. Na figura, observa-se que todos os compostos possuem átomos de carbono e hidrogênio desbalanceados dos anéis aromáticos, e se tornando responsáveis pela adsorção gerada à superfície do material e por consequência, a formação do filme que retarda o processo e diminui os efeitos da corrosão nos materiais metálicos.

Figura 5: Estrutura química de forma neutra de compostos baseados em extratos naturais.



Fonte: ASADI, RAMEZANZADEH, et al. (2018).

Devido ao baixo custo no desenvolvimento dos inibidores naturais, pesquisadores investigam o uso de extratos provenientes de plantas para inibir o fenômeno da corrosão em diferentes meios, sejam eles básicos ácidos ou neutros, como também em diferentes materiais. O desempenho dos inibidores vem sendo avaliado usando o cálculo de perda de massa e algumas técnicas eletroquímicas conhecidas como impedância eletroquímica e curvas de polarização (TRIDAPALLI, 2011).

Extratos vegetais são vistos como uma fonte incrivelmente rica de compostos químicos naturalmente sintetizados que podem ser extraídos por um procedimento simples com baixo custo (ABDEL-GABER et al., 2006a). A atividade dos inibidores de corrosão em muitos desses extratos de plantas pode ser devida à presença de constituintes heterocíclicos conhecidos como alcaloides, flavonoides, igualmente a presença de taninos, celulose e compostos policíclicos, que podem auxiliar na formação de uma película sobre a superfície metálica, evitando assim o fenômeno da corrosão (RAJA & SETHURAMAN, 2008).

Os ácidos fenólicos são os principais grupos de polifenóis, tendo como exemplos: o ácido clorogênico, presente no café; os estilbenos, como o resveratrol presente nas uvas; as cumarinas, como as furanocumarinas do aipo; as ligninas, como as lignanas da linhaça; e os flavonoides. Este último grupo é o maior e mais estudado, possuindo mais de 5.000 compostos identificados, e tem como principais fontes frutas e hortaliças, chás, cacau, soja, dentre outros. No entanto, alguns compostos específicos estão em maiores concentrações em determinados alimentos, como a quercetina na cebola, miricetina nos brócolis, as antocianinas em frutas de coloração vermelho-arroxeada, tais como cereja, morango e uvas, e as flavanonas em frutas cítricas, como laranja e tangerina. Os polifenóis possuem elevada capacidade antioxidante (FALLER & FIALHO, 2009).

3.4 MATERIAIS VEGETAIS

3.4.1 BAGAÇO DE UVA

A uva está entre as frutas mais cultivadas no mundo e dentro da sua produção mundial 80% é destinado à fabricação de vinhos e seus derivados. Nessa produção são gerados alguns resíduos como sarro, engaço, borra bagaço, etc. (MELLO, 2012).

É uma fruta rica em vários compostos fenólicos em uma grande concentração, até os seus subprodutos da vinificação, podem manter quantidades consideráveis, principalmente de compostos fenólicos, encontrados em 20 grupos dos flavonoides. Os glicosídeos de flavonóis e as antocianinas estão entre os

compostos fenólicos mais encontrados e estudados nas uvas (ROCKENBACH et al. 2008).

3.4.2 SEMENTE DE MAMÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de mamão, responde por um quarto da produção global, sendo que os principais estados produtores são a Bahia e o Espírito Santo, e é o terceiro maior exportador dessa fruta. O mamão é a sétima fruta mais 19 exportada pelo Brasil, entretanto essa quantidade é considerada como pouco expressiva, representando, em 2007, somente 2% da produção nacional e 4,6% do total de frutos frescos exportados pelo país (SILVA et al., 2007).

O mamão é consumido in natura por grande parte da população. Entretanto, as cascas e sementes são descartadas pelas indústrias após o processamento e pela população após o consumo doméstico (RINALDI et al., 2010).

PIOVESAN (2012) determinou as concentrações dos compostos fenólicos totais em extratos hidro-etanólicos de sementes de mamão, obtendo como valor médio 6,69 mg eq. ácido gálico. g-1 de extrato.

3.4.3 CASCA DE LARANJA

O Brasil é o maior produtor mundial de frutas cítricas, sendo a laranja, a tangerina e a lima ácida as mais produzidas. Cerca de dois milhões de toneladas de laranjas são destinadas ao mercado de frutas in natura, anualmente, no Brasil. Dentre as laranjas, as variedades “Pêras” e “Valência” são as mais cultivadas e destinam-se tanto para a indústria de suco concentrado como para o mercado de frutas in natura. (GROPPO, 2007).

Os principais flavonóides encontrados nas cascas de laranja são a naringina, hesperidina e a neohesperidina (WANG et al., 2008).

3.4.4 CASCA DE MARACUJÁ

O Brasil é considerado o maior produtor mundial de maracujá, com produção de 330 mil toneladas, correspondente à área de aproximadamente 33 mil hectares.

Já a Bahia é o principal produtor do país, com cerca de 80 mil toneladas no ano (CEAGESP, 2009).

A casca do maracujá é composta pelo flavedo, que corresponde à camada externa de coloração verde a amarela, rica em fibras insolúveis e o albedo, que corresponde à camada interna branca, que é rica em fibra solúvel, em especial a pectina, com pequenas quantidades de mucilagens (JANEBRO et al., 2008).

4 METODOLOGIA

Segundo Gil (2008), este projeto trata-se de uma pesquisa de caráter descritivo, que contempla de uma pesquisa aplicada, quantitativa, exploratória e de campo, que a partir do levantamento bibliográfico e de dados, pretende avaliar o desempenho de inibidores naturais aplicados em chapas metálicas e exposto em um ambiente fabril.

Os dados para produção dos inibidores foram obtidos através de trabalho encontrados nas plataformas de periódicos acadêmicos (Scielo, Lilacs, Capes, Google Acadêmico) e a partir do conhecimento obtido foi possível desenvolver os inibidores destinados ao desenvolvimento deste trabalho.

4.1 Extração

Os inibidores naturais podem ser produzidos a partir de extratos de plantas ou frutas, considerando sua propriedade inibidora e em que meio pode ser utilizado. Foi escolhida a uva, o maracujá, a laranja e a semente do mamão, levando em consideração a viabilidade na região de Feira de Santana - BA e as características encontradas em tais.

Para produção do inibidor foi testado alguns métodos para confecção dos extratos e reproduzido o que obteve o maior rendimento.

Extrato de Uva

Para a produção do inibidor utilizando a uva, foi realizada uma extração hidro alcoólica, onde se pesou 50 gramas de uvas pretas, macerou-se com auxílio de um almofariz e o produto obtido foi transferido para um béquer com 100 ml de água destilada. O béquer foi aquecido em uma chapa com agitador magnetico a 100ºC e agitado por 120 minutos a 50 RPM. Após a solução ser resfriada para temperatura ambiente, as fases da solução foram separadas com auxílio de uma centrífuga a 2000 RPM e a fase líquida resultante de 80 mL, foi armazenada em um frasco âmbar até a sua utilização.

Extrato de Laranja, Maracujá e Mamão

Para a produção do inibidor de laranja e maracujá utilizou-se a casca lavadas e secas, e o inibidor de mamão utilizou-se de suas sementes maceradas, lavadas e secas. A obtenção deu-se a partir de uma extração por infusão, após a preparação das cascas e sementes, as mesmas foram trituradas separadamente com auxílio de um liquidificador. Utilizaram-se três béqueres, e em cada um foi pesado 10 gramas de casca de laranja, casca de maracujá e semente de mamão e misturado com 100 mL de água destilada em fervura a 100 ºC. Foi deixado em repouso por 60 minutos sendo agitado esporadicamente. As fases foram separadas através de uma filtração simples e a fase líquida armazenada em frascos âmbares.

4.2 Teste de corrosão

Após a produção dos inibidores, foram confeccionadas placas de aço inoxidável e aço carbono galvanizado para servirem de campo de prova. Foram limpas com álcool e secas com jato quente, pesadas e submersas nos extratos produzidos. Os campos de prova ficaram submersos nos extratos por 24h, após o período, foram secas ao ar livre.

O meio industrial escolhido para a aplicação dos campos de provas foi em uma indústria de sabão em pó da região, que em seu processo produtivo desenvolve um meio salino, propício para acelerar o fenômeno da corrosão em estruturas metálicas. Cada campo de prova, inclusive o branco, foi identificado com os nomes dos seus inibidores e penduradas próximas ao processo de fabricação.

Os acompanhamentos dos campos de provas foram feitos semanalmente e fotografados para servirem de registros da evolução ao passar dos dias, avaliando a situação macroscópica dos campos. Ao fim de quatro semanas, as placas foram retiradas, lavadas com álcool, secas com jato quente e pesadas. As medidas encontradas foram utilizadas para o cálculo de perda de massa, de acordo com a norma ASTM G31-72 (1999) que padroniza a metodologia para a execução desta técnica em laboratório. A velocidade do processo corrosivo foi expressa a partir do

cálculo da taxa de corrosão, dado em milímetros por ano (mm/ano), segundo a equação seguinte:

$$Wcorr = \left(\frac{K\ x\ M}{A\ x\ t\ x\ \rho}\right)$$

Onde o K é uma constante ($8{,}76\ x\ 10^4$), M a perda de massa (g), A a área exposta (cm²), t o tempo de exposição (h), ρ a massa específica do material (aço carbono = $7{,}86\ g/cm^3$ e aço inox = $7{,}9\ g/cm^3$).

Os valores encontrados serviram para o cálculo de eficiência (EI%) de cada inibidor produzido, aplicados na seguinte equação:

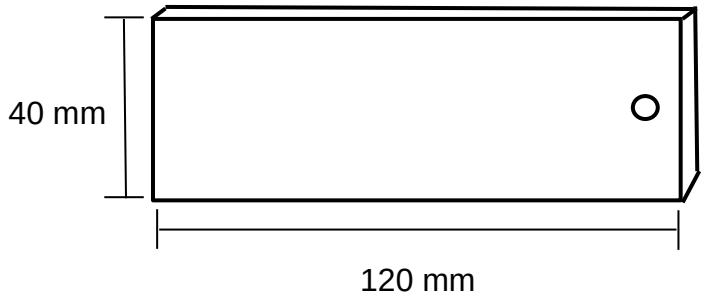
$$EI\% = \left(\frac{Wsem\ extrato - Wcom\ extrato}{W\ sem\ extrato}\right) x\ 100$$

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os inibidores de corrosão são considerados substâncias que, quando presentes em meios corrosivos apresentando uma concentração adequada reduzem ou eliminam o processo da corrosão (GENTIL 2011). Esses inibidores têm sido usados em diversas aplicações, principalmente no ramo industrial como um dos melhores métodos de proteção contra a corrosão.

Neste trabalho foram selecionadas duas amostras, uma de aço carbono (CSN-UseMinas) e outra de aço inox (Aceinox). A partir da obtenção das amostras, como exemplificado na figura 6, foram confeccionados campos de prova com a dimensão de 120 mm x 40 mm, foram divididas em 2 grupos de 5 amostras: 1 grupo com amostras de aço carbono e 1 grupo com amostras de aço inox. As soluções utilizadas como inibidores de corrosão foram extrato da casca do maracujá; extrato da casca da laranja; extrato da semente do mamão e extrato do bagaço da uva. As amostras de cada grupo foram identificadas e exceto o branco, ficaram em contato com a sua respectiva solução por 24 horas.

Figura 6: Esboço do campo de prova produzido para os testes.



Fonte: Autoria Própria.

Os dados e resultados obtidos foram apresentados em forma de gráficos e tabelas, sendo dispostos de acordo com o seu respectivo grupo (Grupo 1: Aço Inox, Grupo 2: Aço Carbono). Os campos de prova após aplicação dos extratos inibidores, como mostra na figura 7 foram expostos por 4 semanas em um processo produtivo de sabão em pó, onde-se manipula cargas com sal, essa exposição possibilitou a avaliação da influência do meio salino nos dois grupos e o comportamento de cada inibidor em tal meio.

Figura 7: Campos de prova (grupo um) no primeiro dia de exposição.

Fonte: Autoria Própria.

Após as quatro semanas de exposição, fazendo uma análise visual do processo corrosivo, pode-se observar que o grupo 2 do aço carbono sofreu maior corrosão, como mostra a figura 8. Esse processo era esperado, pois, a chapa de aço carbono em contato com oxigênio sofre a oxirredução iniciando o processo de corrosão, já o aço inox, em contato com oxigênio refaz sua camada protetora, a partir da passivação.

Figura 8: Campos de prova (grupo 1 e 2) no último dia de exposição.

Fonte: Autoria Própria.

Após a retirada dos campos de prova do ambiente salino (rico em cloreto) e da higienização dos mesmos, a exposição a tal ambiente ocasionou uma corrosão por pite nas placas de aço carbono e no aço inox, os resultados de perda de massa obtidos foram consideráveis para o tempo de exposição, como mostra a tabela 1 e 2. A partir do resultado da perda de massa, foi possível calcular a velocidade da corrosão em mm/g e com esses resultados, calcular a eficiência de cada inibidor, mostrados na tabela 3 e 4.

O inibidor de corrosão responsável pela maior inibição do processo corrosivo ao aço carbono foi o extrato da semente de mamão, apresentando uma eficiência de 98,73% sendo considerada significativa quando comparada com estudos realizados em diferentes meios. Para o aço inox o do bagaço de uva e da semente de mamão obtiveram uma pequena diferença de eficiência de 31,40 a 31,78%.

Tabela 1: Resultados das perdas de massa dos campos de prova do grupo 1 (aço inox).

PLACAS INOX	MASSA INICIAL (g)	MASSA FINAL (g)	MASSA PERDIDA (g)
BRANCO	55,0341	55,0083	0,0258
MARACUJÁ	53,1259	53,0862	0,0397
LARANJA	54,925	54,8984	0,0266
MAMÃO	56,7341	56,7164	0,0177
UVA	55,1259	55,1083	0,0176

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 2: Resultados da perda de massa dos campos de prova do grupo 2 (aço carbono).

PLACAS A. CARBONO	MASSA INICIAL (g)	MASSA FINAL (g)	MASSA PERDIDA (g)
BRANCO	37,3299	36,3288	1,0011
MARACUJÁ	37,1521	37,0196	0,1325
LARANJA	36,6127	36,4322	0,1805
MAMÃO	36,1099	36,0972	0,0127
UVA	37,1014	37,0196	0,0818

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 3: Resultados da velocidade de corrosão e eficiência dos inibidores no grupo 1.

PLACAS INOX	MASSA PERDIDA (g)	Wcorr (mm/ano)	EI (%)
BRANCO	0,0258	0,0118	
MARACUJÁ	0,0397	0,0182	-53,88
LARANJA	0,0266	0,0122	-3,10
MAMÃO	0,0177	0,0081	31,40
UVA	0,0176	0,0081	31,78

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 4: Resultados da velocidade de corrosão e eficiência dos inibidores no grupo 2.

PLACAS A. CARBONO	MASSA PERDIDA (g)	Wcorr (mm/ano)	EI (%)
BRANCO	1,0011	0,4589	
MARACUJÁ	0,1325	0,0607	86,76
LARANJA	0,1805	0,0827	81,97
MAMÃO	0,0127	0,0058	98,73
UVA	0,0818	0,0375	91,83

Fonte: Autoria Própria.

Após a realização dos cálculos de eficiência de cada inibidor de corrosão, a qual está contida na tabela 1 e 2, observa-se que, conforme o esperado, os campos de prova de aço carbono apresentaram maior taxa de corrosão quando comparadas ao aço inox, consequentemente, permitirá uma maior perda de massa no decorrer do tempo, mas o resultado obtido através da interação do inibidor com o material sem passivação pode demonstrar que o inibidor se comportou como um filme protetivo.

Essa conclusão se difere quando se analisa os campos de prova de aço inoxidável, que apresentam uma menor velocidade de corrosão, e isso representa uma maior durabilidade durante um período mais extenso quando expostos a tais ambientes, embora, não se obteve uma boa interação do aço com todos os inibidores produzidos.

Tabela 5: Classificação de corrosividade.

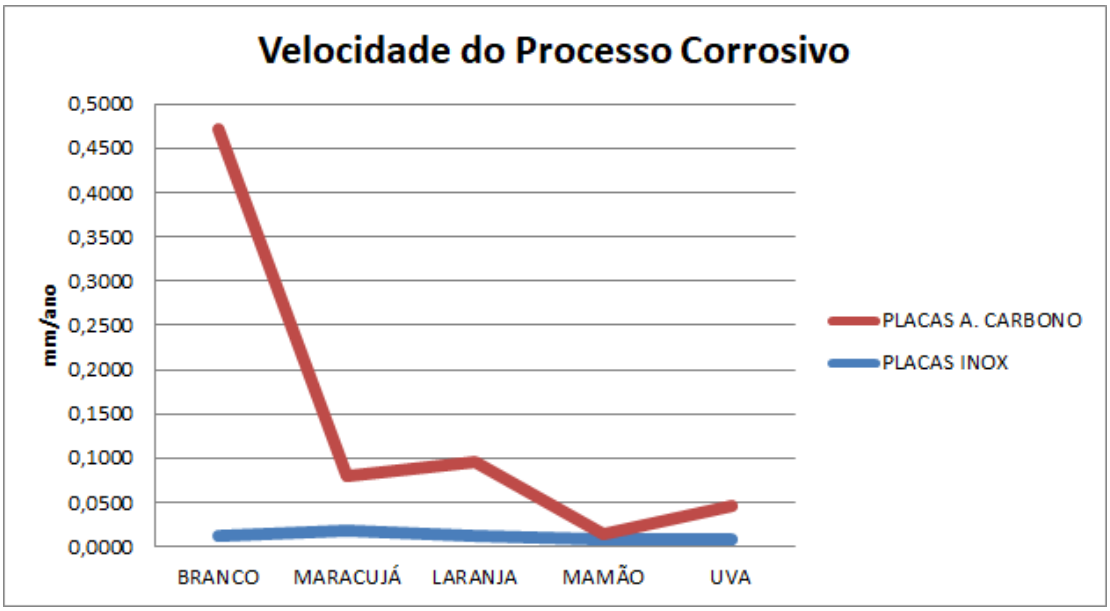
Taxa de corrosão (mm/ano)		Análise
Uniforme	Pite	
<0,025	<0,13	Baixa
0,025 a 0,12	0,13 a 0,2	Moderada
0,13 a 0,25	0,21 a 0,38	Alta
>0,25	>0,38	Severa

Fonte: Gentil (2011).

Analisando os resultados obtidos nas tabelas 3 e 4 e os dados bibliográficos da tabela 5, possibilita o entendimento que os campos de prova de aço carbono demonstraram em meio salino uma taxa de corrosão moderada em todas as

amostras expostas. Já os campos de prova de aço inox que apresentaram uma corrosão pite nas laterais dos campos obtiveram uma taxa de corrosão baixa. É importante destacar que o inibidor com o extrato de maracujá mostrou-se menos eficiente no aço inox comparado ao aço carbono, onde apresentaram uma eficiência de - 54 % para o aço inox e 86% para o aço carbono.

Gráfico 1: Velocidade do processo corrosivo nas placas de aço carbono e aço inox.



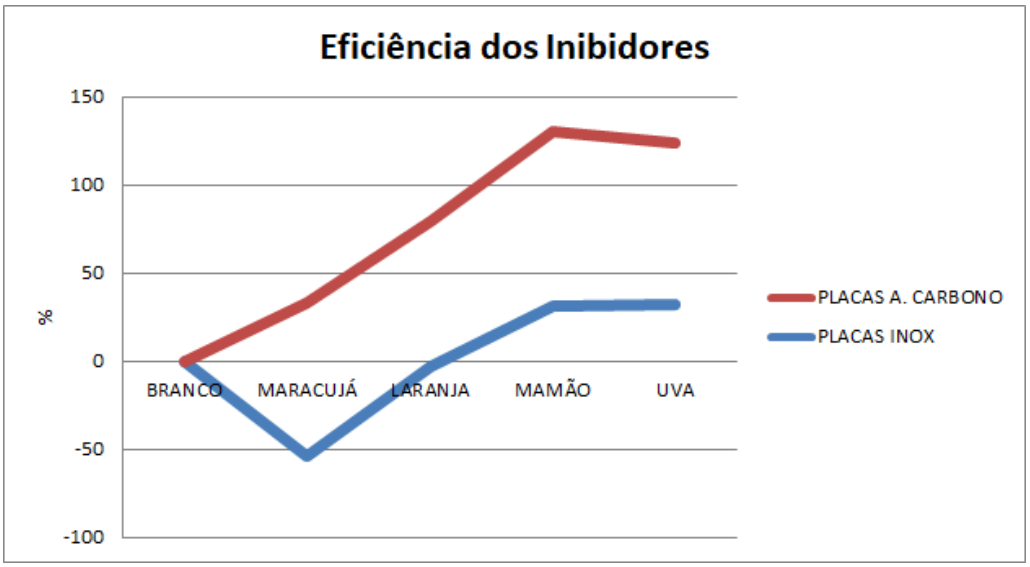
Fonte: Autoria Própria.

Dentre os métodos mais utilizados para se reduzir ou minimizar a velocidade da corrosão, destaca-se o uso de inibidores de corrosão por ação de películas protetoras que se adsorvem as áreas anódicas e catódicas do metal, exercendo controle sobre os processos eletroquímicos que desencadeiam a corrosão. O Gráfico 1 nos permite observar as perdas de massa no tempo de exposição do aço inox e do aço carbono. O processo corrosivo mais agressivo foi observado no corpo de prova “branco” sem inibidor do aço carbono e do aço inox no campo de prova com o extrato de maracujá.

O composto presente nos extratos estudados são os flavonoides, onde segundo Donatella (2016), esses compostos atuam como antioxidantes primários, interrompendo a reação por meio da doação de elétrons, ou doa aos radicais livres o hidrogênio, transformando assim o meio em termodinamicamente estável.

Como exemplificado no gráfico 2, todos os extratos quando aplicados nos campos de provas do grupo 1 mostraram-se efetivos como inibidores naturais para o meio aplicado, já o grupo 2, que já possui uma camada de proteção, somente 2 dos inibidores responderam efetivamente para o estudo.

Gráfico 2: Eficiência dos inibidores naturais nas placas de aço carbono e aço inox.



Fonte: Autoria Própria.

Essa eficiência pode ser caracterizada através da formação dos filmes protetores que se formam na interface entre o metal e o meio corrosivo, destaca-se o uso de moléculas orgânicas contendo nitrogênio, oxigênio e enxofre. Gentil (2011) caracteriza quatro aspectos que podem ser considerados para que a utilização de um inibidor apresente êxito, como a causa da corrosão no meio aplicado, a viabilidade econômica do seu uso, as suas propriedades e os mecanismos de ação do inibidor, como também, as condições de aplicação e controle do inibidor.

Com todas esses aspectos citados, os inibidores naturais são uma boa alternativa, pois o seu mecanismo de ação e suas propriedades naturais conseguem criar um filme protetor nas chapas metálicas, gerando um menor impacto ambiental e também apresentando uma boa eficiência em diferentes meios.

6 CONCLUSÃO

Esse trabalho analisou o comportamento de inibidores naturais de corrosão quando aplicados em chapas metálicas de aço carbono e aço inox, expostas a um ambiente salino, a fim de se avaliar a eficiência de cada inibidor produzido.

Através deste estudo experimental, pode-se comprovar que a camada de passivação do aço inox garante uma corrosão menos expressiva quando comparada ao aço carbono. Esse fenômeno ocorre devido à influencia do meio e do mecanismo da corrosão, onde pode apresentar uma corrosão por pites em ambos os chapas metálicos, mudando apenas o local de atuação. No aço inox a corrosão se deu pelas laterais cortadas, já as do aço carbono, por diferentes locais.

A exposição em meio salino após a aplicação dos inibidores pode evidenciar a eficiência da interação dos extratos com as chapas metálicas, onde, os inibidores aplicados em tal meio resultaram em uma eficiência expressiva entre 86 a 98% quando aplicados a chapas de aço carbono. O inibidor natural que demonstrou maior eficiência para tal chapa foi o inibidor produzido através da semente do mamão.

Essa redução da velocidade de corrosão dada pela aplicação do inibidor é explicada através da presença de compostos fenólicos no extrato dos inibidores que na sua atuação doam prótons para o meio, reduzindo assim a interação da placa com o ambiente.

Conclui-se que os inibidores de corrosão extraídos de fontes naturais possuem uma eficiência expressiva quando utilizados em um material economicamente acessível, mas que é tão suscetível a degradações, as quais podem ser minimizadas através da aplicação de inibidores. Ademais, os inibidores naturais podem ser produzidos com resíduos de indústrias alimentícias e não apresenta um impacto ambiental quando comparado com os inibidores químicos encontrados no mercado.

7 REFERÊNCIA

ABDEL-GABER, A.M., ABD-EL-NABEY, B.A., SIDAHMED, I.M., et al., 2006a, “Inhibitive action of some plant extracts on the corrosion of steel in acidic media”, Corrosion Science 48, pp. 2765–2779.

ARAÚJO, Anne Aguiar de. Gerenciamento de Falhas por Corrosão em Dutos. 2012. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

ASADI, N. et al. Utilizing Lemon Balm extract as an effective green corrosion inhibitor for mild steel in 1M HCl solution: A detailed experimental, moleculardynamics, Monte Carlo and quantum mechanics study. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, p. 1-21, Agosto 2018.

BALLESTEROS, Adriana Forero. Avaliação da Resistência de Juntas Soldadas Circunferências de Aço API 5L X-80 à Corrosão sob Tensão na presença de sulfetos e Susceptibilidade à Fragilização por Hidrogênio. 2009. 282 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Materiais e de Processos Químicos e Metalúrgicos, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

BARDAL, E.; Corrosion and Protection, 1a. ed., Springer-Verlag: London, 2003.

BOLINA, C. C. Inibidores de corrosão: avaliação do desempenho frente à corrosão do aço induzida por carbonatação e cloretos. 2008. 173f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil na Área de Materiais de Construção Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2008.

BUZZETTI, Paulo Henrique Maciel. Compatibilidade e sinergismo entre inibidores de corrosão e inibidores de incrustação inorgânicos na indústria do petróleo. 2016. 116p. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal Fluminense

CARBÓ, Héctor Mario. Aços Inoxidáveis: aplicações e especificações. 2008. Arcelormittal. Disponível em: http://guides.com.br/home/wp-content/uploads/2011/12/inonx-apost-tec.pdf. Acesso em: 29 nov. 2020.

CARDOSO, S.P., Avaliação Experimental e Teórica de Potenciais Inibidores de Corrosão para Aços em Ácido Clorídrico. Exame de Qualificação - Engenharia Metalúrgica e de Materiais, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2003.

CEAGESP (São Paulo). O Brasil é o maior produtor mundial de maracujá. 2009. Disponível em: https://www.canalrural.com.br/noticias/brasil-maior-produtor-mundial-maracuja-47917/#:~:text=O%20Brasil%20%C3%A9%20o%20maior,de%20aproximadamente%2033%20mil%20hectares. Acesso em: 10 jan. 2021.

COELHO, Anderson da Silva. ESTUDO DE INIBIDORES DE CORROSÃO EM MEIOS ÁCIDOS – FORMULAÇÃO PARA MISTURAS DE ÁCIDOS ACÉTICO, FÓRMICO E FLUORÍDRICO. 2005. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharias, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

CORROSÃO: Conceito de corrosão. Disponível em: http://www.icz.org.br/corrosao.php. Acesso em: 02 jun. 2020

DOLABELLA, Luiza de Marilac Pereira. Estudo eletroquímico sobre a corrosão do aço carbono e aço inoxidável em meio contendo cloreto na presença de extrato etanólico de própolis. 2016. 160 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

DUPKE, Andréa Varela de Albuquerque. Bionibidores de Corrosão: Uma revisão. Orientador: Sérgio Rodrigues Barra. 2018. Trabalho Acadêmico (Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2018. f. 12.

FERREIRA, K. C. R., CORDEIRO, R. F. B., NUNES, J. C., OROFINO, H., MAGALHÃES, M., TORRES A. G., D'Elia E., Corrosion Inhibition of Carbon Steel in HCl Solution by Aqueous Brown Onion Peel Extract. International JournalElectrochemistryScience. v.11, p. 406 – 418, 2016.

FALLER, A. L. K., FIALHO, E. Disponibilidade de polifenóis em frutas e hortaliças consumidas no Brasil", Rev. Saúde Pública, v. 48, pp. 211-218, 2009.

Freire, K. R. R, Avaliação do Desempenho de Inibidores de Corrosão em Armaduras de Concreto. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

KESAVAN,. Green Inhibitors for Corrosion of Metals: A Review. Chemical Science Review and Letters, 1, 2012.

GENTIL, Vicente. Corrosão. 3ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 1996. PANOSSIAN, Zehbour. Corrosão e proteção contra corrosão em equipamentos e estruturas metálicas. 1. ed. São Paulo: [s.n.], 1993. 2 v.

GENTIL, Vicente, Corrosão. 6ª edição, Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos S.A., 2011.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GUPTA, N. K.; VERMA, C.; QURAISHI, M. A.; MUKHERJEE, A. K. Schiff's bases derived from L-lysine and aromatic aldehydes as green corrosion inhibitors for mild steel: Experimental and theoretical studies. Journal of Molecular Liquids, v. 215, p. 47-57, 2016.

GROPPO, V.D., Laranja “Pêra” (Citrus sinensis L. Osbeck) minimamente processada: efeito de cloreto de cálcio e película de alginato de sódio na fisiologia e conservação, Dissertação de M.Sc., Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “ Luiz de Queiroz”. Piracicaba, SP, Brasil, 2007.

JANEBRO, D. I. et al. Efeito da farinha da casca do maracujá amarelo (Passiflora edulis f. flavicarpa Deg.) nos níveis glicêmicos e lipídicos de pacientes diabéticos tipo 2. Revista Brasileira de Farmacognosia, v.18, p.9, 2008.

KAKAÇ, Sadik; LIU, Hongtan; PRAMUANJAROENKIJ, Anchasa. Heat Exchangers: selection, rating, and thermal design. 3. ed. New York: Crc Press, 2012. 607 p.

KOCH, G. et al. International Measures of Prevention, Application and economics of Corrosion Technologies Study. Nace International. Houston, p. 216. 2016.

MAINIER, F. B., SILVA, R. R. C. M.,“As Formulações Inibidoras de Corrosão e o Meio Ambiente”, Engevista, v. 6, n. 3, pp. 106-112, 2004.

MELLO, Livia da Silva. Estudo de corrosão localizada dos aços inoxidáveis em sistema de resfriamento industrial. 2011. 70 f. Dissertação (Graduação) - Curso de Engenharia Metalúrgica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

MELLO, L. M. R. “Vitivinicultura brasileira: Panorama 2011.” Embrapa Uva e Vinho. março de 2012. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/61436/1/cot115.pdf Acesso em Dezembro de 2020..

NETO, H. V. C., 2009, Influência da temperatura de ensaio e de tratamento térmico na resistência a corrosão por pites dos aços inoxidáveis austeníticos AISI 304 e AISI 306. Projeto de Graduação, Universidade Federal do Espirito Santos, Vitória, Brasil, 2009.

NUNES, Laerce de Paula; LOBO, Alfredo Carlos O. Pintura Industrial na Proteção Anticorrosiva. Rio de Janeiro: Interciência: Petrobrás, 2007.

PANNONI, D.F., Fundamentos da Corrosão. Pintura Industrial, v. 48, n.16, pp. 32-35, 2007.

PIOVESAN, N., Extratos naturais de sementes de mamão papaya (Carica papaya L.) e marcela (Achyrocline satureioides) e avaliação da capacidade antioxidante e antimicrobiana em linguiça de frango. Dissertação de M.Sc., PPGCTA/UFSM, Santa Maria, RS, Brasil, 2012.

RAJA, P. B., SETHURAMAN, M. G., 2008, “Inhibitive effect of black pepper extract on the sulphuric acid corrosion of mild steel”, Materials Letters 62, pp. 2977-2979.

RINALDI, M. M., LIMA, T. A., ASCHERI, D. P. R"Caracterização física de frutos de mamão e química de cascas e sementes", Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, v. 263, 2010.

ROBERGE, Pierre R. Handbook of Corrosion Engineering. McGraw-Hill, 2008.

ROCKENBACH, I.I., SILVA, G.L., RODRIGUES, E., et al. “Influência do solvente no conteúdo total de polifenóis, antocianinas e atividade antioxidante de extratos de bagaço de uva (Vitis vinifera) variedades Tannat e Ancelota”, Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 28(Supl.), pp. 238-24, 2008.

SASTRI, V. S. Green corrosion inhibitors: theory and practice. 1. ed. Hoboken; New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2011. 328 p.

SCHULTZ, M. Inibidores de corrosão. Recuperar, n. 58, Abril 2004.

SILVA, G. G., DINIZ, R. G., SILVA, M. E."Avaliação química do mamão papaia (Carica papaya L.) em diferentes estágios de maturação", Revista Capixaba de Ciência e Tecnologia, v. 3, pp. 1-7, 2007.

SOARES, M., WELTER, L., GONZAGA, L., LIMA, L et al. “Avaliação da atividade antioxidante e identificação dos ácidos fenólicos presentes no bagaço de maçã cv. Gala”, Ciênc. Tecnol. AlimentCampinas, 28(3), pp. 727-732. 2008.

SOUZA, E.A., 2007, Avaliação de inibidores de corrosão para sistemas de resfriamento industrial operando com elevado ciclo de concentração, Dissertação de M.Sc., Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

TRIDAPALLI, Claudia Wagenfuhr. Estudo Comparativo de Metodologias de Ensaios Acelerados de Corrosão por Frestas nas Ligas de Aço Inox Aisi 430 e Aisi 304. 2011. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

VALEK, L. M. “Copper corrosion inhibitor by Azadiracha indica leaves extract in 0,5 M sulfuric acid”, Materials Letters, v. 61, v.1, pp. 148-151, Jan. 2007.

WANG, Y.C., CHUANG, Y.C., HSU, H.W.“The flavonoid, carotenoid and pectin content in peels of citrus cultivated in Taiwan”, Food chemistry 106, pp. 277 – 284, 2008.