

ALESSANDRA MENEGAIS RAMOS

BRUNA MEINERZ

KAMILA KARSTEN

SABRINA HEMKEMEIER ILHA

VINICIUS DEMIKOVSKI

YASMIN ANACLETO GOMES

**ANÁLISE DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DO LIMÃO TAHITI (*CITRUS  
LATIFOLIA*)**

JARAGUÁ DO SUL

2018

ALESSANDRA MENEGAIS RAMOS  
BRUNA MEINERZ  
KAMILA KARSTEN  
SABRINA HEMKEMEIER ILHA  
VINICIUS DEMIKOVSKI  
YASMIN ANACLETO GOMES

**ANÁLISE DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DO LIMÃO TAHITI (*CITRUS  
LATIFOLIA*)**

Relatório de pesquisa desenvolvido no eixo formativo diversificado “Conectando os Saberes” do Curso Técnico em Química (Modalidade Integrado) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - Câmpus Jaraguá do Sul.

Orientador: Juliano Ramos

Coordenador de fase: José Roberto Machado

JARAGUÁ DO SUL

2018

## RESUMO

Nos dias de hoje existem grandes debates acerca do assunto corrosão devido a maior utilização de metais em diversas áreas de trabalho/produção. Esses debates visam por encontrar meio mais viável de evitar a corrosão, sendo que os meios geralmente utilizados trazem malefícios ao meio ambiente, e o que o cerca. Com isso projetou-se a ideia da inserção de frutas cítricas, em virtude de sua capacidade antioxidante, como um possível meio para reprimir a oxidação de metais. Partindo desse princípio, o presente trabalho tem como principal objetivo analisar a capacidade do limão tahiti de retardar a corrosão do ferro. Para a realização das metas do trabalho foram imersos 12 cilindros de ferro 1045 em beakers de 100 mL, sendo que organizados em triplicata, após serem devidamente lixados e passarem pelo processo de limpeza, estes foram postos respectivamente em água deionizada, suco de limão, casca de limão triturada e água de torneira. Após deixá-los imersos por um período de aproximadamente um mês, os mesmos foram retirados e passaram pelo processo de limpeza. Ao final do procedimento analisou-se a quantidade de massa final e inicial de cada ferro, assim constatando que o sistema que teve o melhor rendimento em retardar a corrosão do metal foi a água deionizada.

**Palavras-chave:** Corrosão; Limão; Ferro; Antioxidante.

**LISTA DE FIGURAS**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Figura 1: Formas de corrosão em metais</b>                                | <b>11</b> |
| <b>Figura 2: Identificação da morfologia do limão tahiti</b>                 | <b>13</b> |
| <b>Figura 3: Fórmula estrutural do ácido ascórbico</b>                       | <b>16</b> |
| <b>Figura 4: Processo de oxidação do ácido ascórbico</b>                     | <b>16</b> |
| <b>Figura 5: Fórmula estrutural do ácido cítrico</b>                         | <b>17</b> |
| <b>Figura 6: Médias do corpo-de-prova</b>                                    | <b>20</b> |
| <b>Figura 7: Amostra em fase de testes imersa na pasta de casca de limão</b> | <b>28</b> |

**LISTA DE TABELAS**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Tabela 1: Quantidade de ácido por porção do limão tahiti (m/m).</b>   | <b>14</b> |
| <b>Tabela 2: Taxa de corrosividade de cilindros metálicos de ferro 1045 em meio a diferentes soluções após um período de 30 dias</b> | <b>23</b> |
| <b>Tabela 3: Quantidade de AA no sumo do limão antes e após a imersão das amostras.</b>  | <b>25</b> |
| <b>Tabela 4: Acidez total do sumo do limão antes e após a imersão das amostras.</b>  | <b>27</b> |

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b>                                    | <b>5</b>  |
| <b>2 HIPÓTESES</b>                                     | <b>5</b>  |
| <b>3 OBJETIVOS</b>                                     | <b>6</b>  |
| 3.1 Objetivo Geral                                     | 6         |
| 3.2 Objetivos Específicos                              | 6         |
| <b>4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>                         | <b>6</b>  |
| 4.1 Corrosão   | 6         |
| 4.1.1 Oxidação e redução - Reações redox               | 7         |
| 4.1.2 Formas de corrosão em metais                     | 8         |
| 4.1.3 Meios de corrosão                                | 9         |
| <b>4.2 Metais</b>                                      | <b>10</b> |
| 4.2.1 Ferro  | 10        |
| <b>4.3 Fruta</b>                                       | <b>11</b> |
| 4.3.1 Limão Tahiti                                     | 11        |
| 4.3.2 Ácidos predominantes                             | 12        |
| <b>4.4 Ácidos</b>                                      | <b>13</b> |
| 4.4.1 Ácido ascórbico                                  | 13        |
| 4.4.2 Ácido cítrico                                    | 15        |
| <b>5 METODOLOGIA</b>                                   | <b>16</b> |
| 5.2 Materiais  | 16        |
| 5.3 Parte experimental                                 | 16        |
| 5.3.1 Soluções   | 16        |
| 5.3.2 Ensaio de corrosão                               | 18        |
| 5.3.3 Descarte   | 19        |
| <b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>                        | <b>20</b> |
| 6.1 Realização dos experimentos                        | 20        |
| 6.1.1 Análise das amostras imersas em água deionizada  | 20        |
| 6.1.2 Análise das amostras imersas em água de torneira | 21        |
| 6.1.3 Análise das amostras imersas em suco de limão    | 23        |
| 6.1.4 Análise das amostras imersas em cascas de limão  | 26        |
| <b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>                          | <b>28</b> |
| <b>REFERÊNCIAS</b>                                     |           |

## 1 INTRODUÇÃO

A corrosão é um processo extremamente comum que vem sendo cada vez mais discutido devido ao grande uso de metais em diversas indústrias, como a naval, automobilística, civil, etc. Desta maneira, busca-se utilizar substâncias que possam reduzir o dano causado pela atividade corrosiva em tais casos. Todavia, diversos produtos utilizados para atravancar o avanço do processo corrosivo - como os compostos cromatos -, acarretam outras problemáticas relacionadas a saúde e ao ambiente, mesmo inibindo a corrosão.

Junto deste contexto, ocorreu nos últimos anos, a popularização da ideia de sustentabilidade, o que traz à luz o conceito de química verde: “a invenção, design e aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias perigosas” (ANASTAS; WARNER; 1998, s/p apud TUNDO et al; 2000; p. 1210). Além disso, a questão do desperdício de alimentos se torna cada vez mais evidente, sendo tema de diversos estudos que mostram as consequências de tal situação - manifestada desde o plantio até o momento do consumo (UGALDE; NESPOLO; 2015). Dentre os alimentos desperdiçados, encontram-se as frutas cítricas, em especial o limão tahiti. Em sua composição estão diversos ácidos, com destaque para o ácido cítrico e ascórbico, que talvez possam prevenir o processo corrosivo. Contudo existem muitas variáveis, como a concentração dos ácidos e presença de outras substâncias no tahiti.

Desta maneira, a presente pesquisa, cujo tema é a atividade antioxidante do limão tahiti, se demonstra significativa. Além disso, também é atual e necessária, em um contexto onde há o amplo uso de materiais sujeitos a tal processo junto da importância agregada à pesquisa relacionada à corrosão - ampliada no Brasil somente na década de 90 (BOLINA et al, 2008).

## 2 HIPÓTESES

- O uso do limão em barras metálicas não influencia no processo de oxidação;
- O uso do limão promove a corrosão ao invés de atenuá-la;
- A acidez total do limão e sua capacidade de reduzir o processo de oxidação do metal são diretamente proporcionais;

- As substâncias presentes na casca do limão possuem maior potencial de prevenção de corrosão do que somente o seu sumo.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo Geral**

Analisar a capacidade do limão em prevenir e/ou retardar o processo corrosivo do ferro.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Estimar a taxa de corrosão nas amostras de ferro submetidos a diferentes meios;
- Realizar testes qualitativos entre as amostras para definir quais meios podem atenuar o processo de oxidação;
- Avaliar através de teste quantitativo qual das soluções terá maior eficácia contra o processo de oxidação;
- Comparar a eficiência do sumo e da casca do limão no retardo da oxidação;
- Quantificar o ácido cítrico e ascórbico nas soluções de suco de limão e casca de limão para observar uma possível relação entre corrosão e acidez.

### **4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **4.1 Corrosão**

Corrosão, em geral, é um processo espontâneo explicado pela eletroquímica<sup>1</sup>. Segundo Gentil (2014), pode-se definir corrosão como a deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente associada ou não a esforços mecânicos.

É importante frisar que estes materiais danificados não correspondem somente a metais, mas sim a outras substâncias não-metálicas. Têm-se como exemplo a corrosão do

---

<sup>1</sup> Segundo Dicionário Michaelis: é a ciência que trata das relações de energia entre os fenômenos químicos e elétricos.

concreto por ação do sulfato e a perda de elasticidade da borracha causada pelo ozônio (GENTIL, 2014).

No entanto, o processo corrosivo, em sua maior parte, é observado com mais frequência em utensílios metálicos, visto a maior acessibilidade, contato e frequência de uso seu no cotidiano. O processo corrosivo progride através dos materiais até a sua destruição total (OLIVEIRA, 2012), desta forma, problemas relacionados à corrosão são muitos e estão presentes nas mais diversas formas, seja em nosso cotidiano ou em indústrias. No ambiente doméstico, é comum a corrosão se manifestar em utensílios e eletrodomésticos. Já nas indústrias química, petrolífera, automobilística e naval, os danos e prejuízos são maiores, uma vez que causam significativas perdas econômicas devido a manutenção e a necessidade de substituir as peças que são danificadas (BRASIL, 2003). Porém, como afirma Gentil (2014), têm-se casos onde a corrosão se torna benéfica. Pode-se exemplificar o caso da fosfatização<sup>2</sup> de superfícies metálicas para permitir melhor aderência de tintas; o aspecto decorativo causado pela corrosão em esculturas de bronze; oxidação de aços inoxidáveis e de titânio, com formação das películas protetoras de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (óxido de cromo) e  $\text{TiO}_2$  (titânio).

#### 4.1.1 Oxidação e redução - Reações redox

A fim de indicar métodos eficazes de proteção contra a corrosão, é necessário, primeiramente, esclarecer os mecanismos do processo corrosivo, uma vez que, nenhum desenvolvimento tecnológico abre mão do estudo teórico de seus fenômenos. Em seu livro “Corrosão” Gentil (2014), descreve sobre os fenômenos eletroquímicos que envolvem a corrosão e a importância de estudar as reações de oxidação e redução, assunto fundamental para melhor compreensão desses processos.

O autor afirma haver diferentes definições para explicar a oxidação e redução e neste presente trabalho, será usado o conceito em termo de elétrons e número de oxidação, a fim de que se tenha uma forma de compreensão mais simples e objetiva.

Reações de oxirredução são reações onde há variação no  $\text{NOX}^3$ , sendo assim, sempre há perda ou ganho de elétrons das espécies químicas. Isto ocorre simultaneamente, ou seja,

---

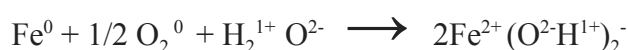
<sup>2</sup> A fosfatização de metais é um processo pelo qual se transforma uma superfície metálica, que pode ser ferro, aço, zinco, ligas de zinco ou alumínio, numa superfície com uma camada de fosfato metálico.

<sup>3</sup> Número de Oxidação.

sempre que há perda de elétrons (oxidação) de uma espécie química, há também o ganho de elétrons (redução) para outra espécie química (GENTIL, 2014).

NOX ou número de oxidação corresponde a maneira que os químicos encontraram para definir a transição dos elétrons entre as espécies químicas. O número de oxidação também é definido pela oxidação e redução das espécies. A oxidação corresponde ao aumento no número de oxidação e a redução à diminuição.

Um exemplo, é a oxidação do ferro em meio aquoso e na presença de oxigênio com formação do chamado hidróxido de ferro, ou simplesmente ferrugem. A reação química da formação da ferrugem é apresentada abaixo:



Em reações redox existem dois agentes influenciando o meio: o agente oxidante e o redutor. O agente oxidante aceita os elétrons liberados pela substância oxidada e assim diminuindo seu número de oxidação (reduz). O agente redutor fornece os elétrons para a outra substância presente no meio, assim seu NOX acaba aumentando (oxida). Em suma, a oxidação é provocada por um agente oxidante, que é um elemento que reduz (ganha elétrons); e a redução é provocada pela ação do agente redutor que é a espécie que oxida (perde elétrons). ;

Observando a reação acima nota-se que o NOX do ferro vai de 0 para 2+; o que faz com que seja o agente redutor. O oxigênio no início da reação possuía o NOX igual a 0; ao seu fim, o NOX é alterado para 2-. Sendo assim, ele é o agente oxidante (MACHADO; MORAES; SUSSUCHI, 2007).

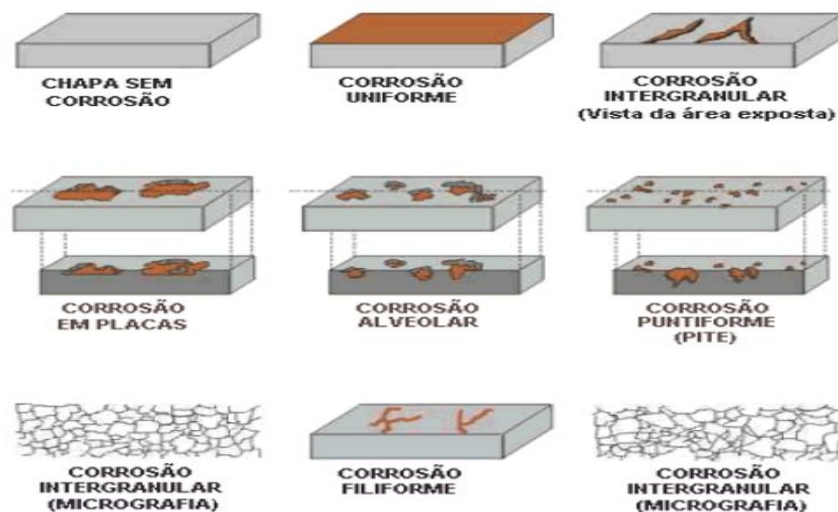
#### 4.1.2 Formas de corrosão em metais

A corrosão pode se apresentar de diferentes formas, as quais são dependentes de diversos fatores que variam entre os metais. Em uma apostila desenvolvida pelo Laboratório de Materiais da Unioeste (LaMat), são apresentadas as formas específicas de corrosão no ferro, as quais são:

- Corrosão uniforme ou generalizada: ocorre em toda a superfície do metal;
- Perfurante (em placas): são formadas placas em apenas algumas regiões do metal;

- Pite (puntiforme): ocorre em regiões localizadas do metal, produzindo pites (pequenos buracos) que geralmente tem a profundidade maior que o diâmetro;
- Intergranular ou intercrystalina: ocorre entre os grãos de um metal ou liga, o qual se desintegra no contorno do cristal (MORA; SIHVINGER, 2006, p. 257-258).

Na imagem abaixo (Figura 1) estão representadas formas de corrosão em metais, com exceção da corrosão filiforme e alveolar, que não são específicas dos metais:



**Figura 1:** Formas de corrosão em metais.

Fonte: ABRACO - Associação Brasileira de Corrosão.

#### 4.1.3 Meios de corrosão

Segundo a Associação Brasileira de Corrosão (ABRACO) os meios corrosivos podem ser definidos como “meios nos quais estão imersos os diversos materiais que podem sofrer corrosão eletroquímica” (ABRACO. s/d. s/p). Dentre os diversos meios corrosivos existentes, selecionou-se somente a corrosão pela água, pois esta se mostra mais relevante à pesquisa.

Esta corrosão se dá por estruturas em contato a meios aquosos. Segundo Dutra e Nunes (2011), na água doce as taxas de corrosão dependem das quantidades de sais, ácidos e bases dissolvidos no meio. Já em relação à água salgada, sabe-se que apresenta maior taxa de corrosão, a qual é aumentada na presença de poluentes. Além das condições citadas anteriormente, há outros fatores que podem influenciar a corrosividade das águas, como temperatura, presença de bactérias e grau de aeração (DUTRA, NUNES, 2011).

## 4.2 Metais

A *Royal Society of Chemistry* (RSC) descreve que os elementos químicos denominados metais são geralmente brilhantes, maleáveis e bons condutores de eletricidade e calor, além de possuírem tendência a formar cátions - átomos com carga positiva devido à perda de elétrons - através de reações químicas. Em temperatura ambiente a maioria dos metais se apresenta no estado sólido (RSC, s/d, s/p). Em relação a mineração os metais variam de acordo com a composição das rochas, sendo sua composição bastante diversificada (BROCCHI, s/d). Para extrair o metal desejado da estrutura cristalina do mineral, faz-se o uso de diferentes reações químicas, sejam elas únicas ou sequenciadas. Estas reações são definidas de acordo com o metal e a viabilidade do processo, porém, em linhas gerais, podem ser agrupadas em reações eletroquímicas; dissoluções com uso de soluções aquosas e reações por meio de altas temperaturas (BROCCHI, s/d).

### 4.2.1 Ferro

Do latim *ferrum* (MEDEIROS, 2010) é o elemento químico de número atômico 26, sendo representado na tabela periódica pelo símbolo Fe. Na natureza, ou seja, em meio não controlado, o ferro é majoritariamente encontrado associado com o oxigênio (SANTOS, s/d). No caso dos minerais há, por exemplo, hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) e magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) (ATKINS, LORETTA, 2006), requerendo a realização de reações químicas específicas para a obtenção do ferro metálico. Em relação aos aspectos físicos do ferro, cabe citar que é um material de cor acinzentada, duro, dúctil e que enferruja facilmente (MICHAELIS DICIONÁRIO BRASILEIRO DA LÍNGUA PORTUGUESA, s/d, s/p; RSC, s/d).

Atualmente, o ferro corresponde a 90% dos metais refinados mundialmente (RSC, s/d). Isso se deve em parte ao fato de que o ferro é o quarto elemento em maior quantidade na crosta terrestre, compondo cerca de 4,2% desta (DE LA CRUZ, 2013). Junto disso, a união do carbono com ferro forma uma das ligas mais usadas atualmente: o aço. O uso deste material é abrangente, sendo empregado na produção de cimento, ferro-ligas, utensílios utilizados no dia a dia como panelas, frigideiras, fogareiros, entre outros. Ademais,

substâncias que possuem ferro em sua composição podem assumir o papel de catalisador em algumas reações químicas (JESUS, 2009, p. 99; BRANCO, s/d, s/p *apud* DNPM, s/d).

### 4.3 Fruta

#### 4.3.1 Limão Tahiti

Abaixo um esquema da estrutura do limão Tahiti (Figura 2):



**Figura 2.** Identificação da morfologia do limão Tahiti.  
Disponível em: [http://www.giollo.com.br/ebay/imagens/limao\\_fruta.jpg](http://www.giollo.com.br/ebay/imagens/limao_fruta.jpg).

A lima ácida é um fruto pertencente à família *Rutaceae*, do gênero *Citrus* e da espécie *Citrus latifolia*. Este limão pode ser caracterizado pela casca fina e lisa, coloração de um verde escuro, sua polpa apresentando grande quantidade de suco, sabor intenso, e como afirma Coelho *et al.* (1998) raramente apresenta sementes. Além disso, esta variedade é a que possui o maior teor de vitamina C (ácido ascórbico).

Tal fruta apresenta na composição do seu sumo, a cada 100g, altos teores de ácido cítrico, vitamina C (38,2 mg), proteínas (0,9 g), carboidratos (11,1 g), sais minerais e demais componentes (BARROS, 1986; *apud*. VIANA, 2010).

Como observado na Figura 2, o limão é separado em três partes. O epicarpo é a camada externa, ou também denominada camada exterior, nele existem cloroplastídeos<sup>4</sup> que atribuem a cor tradicional e câmaras de secreção que armazenam os óleos essenciais, utilizados na fabricação de perfumes, aromatizantes, etc. O mesocarpo ou albedo é a segunda parte e nele é encontrado um tecido branco e esponjoso. A terceira e última camada é o

---

<sup>4</sup> Segundo dicionário Michaelis, cloroplasto é um plastídio pigmentário que contém clorofila em sua estrutura interna, que promove a fotossíntese em vegetais da cor verde; cloroleucito.

endocarpo ou polpa, nele estão presentes as vesículas que contém o sumo, revestidas por uma membrana transparente (COELHO, 1993; apud. VIANA, 2010).

O epicarpo possui uma grande importância por constituir a casca, que possui relevância para a atual pesquisa. Entretanto, limitadas informações estão disponíveis na literatura referente a composição deste epicarpo. Como supracitado, esta casca possui componentes que dão cor a fruta, e nele também estão armazenados óleos utilizados na produção de perfumes, cosméticos, remédios, dentre outros produtos (COELHO, 1993; apud. VIANA, 2010).

#### 4.3.2 Ácidos predominantes

O sumo - também conhecido como suco das frutas - possui uma composição muito variável, sendo difícil defini-la com exatidão. Segundo Camara (2011) os procedimentos mais utilizados para identificar a acidez da fruta são a potenciometria<sup>5</sup>, titulometria<sup>6</sup> e a caracterização da acidez por meio do pH. A Tabela 3 apresenta a quantidade de dois dos principais ácidos presentes no limão. Segundo Oliveira (2012), esses ácidos já possuem indícios de ações antioxidantes e estão presentes em quantidades significativas no limão tahiti.

#### Quantidade de ácido por porção do limão tahiti (m/m)

| Ácido cítrico | Ácido ascórbico (Vitamina C) |
|---------------|------------------------------|
| 5 mg/100 mg   | 20 mg/100 mg                 |

**Tabela 1:** Quantidade de ácido por porção do limão tahiti (m/m).  
Fontes: VIANA, Daniela Soares, 2010, p. 22-23.

O ácido cítrico é um dos principais ácidos orgânicos naturais nas frutas, sendo este um bactericida e conservante natural (CAVALCANTE, 2013). Ele previne o escurecimento enzimático pela ação dos polifenoloxidasas e das peroxidases (FONTES *et al.*, 2009). Além

<sup>5</sup> De acordo com a Universidade Federal de Santa Catarina - Departamento de química: a análise potenciométrica consiste em um conjunto de métodos analíticos instrumentais destinados a determinações de concentrações, mediante medidas das diferenças de potenciais de uma célula eletroquímica. Ou de acordo com o dicionário Michaelis: Técnica de medir as diferenças de potencial elétrico e da capacidade eletromotriz por meio de potenciômetro.

<sup>6</sup> Segundo o dicionário Michaelis: Titulometria é o processo pelo qual se determina a concentração de uma solução; titulação.

de que este componente também é capaz de potencializar (ação sinérgica<sup>7</sup>) outros antioxidantes, como ácido ascórbico (CHITARRA, 2002; FONTES *et al.*, 2009).

Segundo Wiley (1994) o ácido ascórbico mais conhecido como Vitamina C aliado a alguns minerais são os principais agentes antioxidantes presentes em frutas e hortaliças, com o propósito de evitar o processo de escurecimento e/ou outros processos oxidativos através do suco.

## 4.4 Ácidos

### 4.4.1 Ácido ascórbico

Ácido L-ascórbico ou somente ácido ascórbico (AA) é o nome comum dado ao ácido 2,3-enediol-L-gulônico (IUPAC, *s/d* apud HMDB, *s/d, s/p*), de fórmula molecular  $C_6H_8O_6$  (TOXNET, 2015) popularmente conhecido como vitamina C. O nome "ascórbico" provém do prefixo *a-* (que significa "não") e da palavra latina *scorbuticus* (escorbuto), uma doença causada pela deficiência de vitamina C (PEREIRA, 2008). Este ácido pode ser encontrado comumente em frutas cítricas e hortaliças (ZHANG; HAMAUZU, 2004 apud BARCIA, *et al.* 2010).

Segundo Pereira (2008) e Chiattonne (2010) o AA é um sólido branco ou amarelado, cristalino com ponto de fusão de 190 a 192 °C, densidade 1,65 g/cm<sup>3</sup>, inodoro, solúvel em água e etanol, mas praticamente insolúvel nos solventes orgânicos, tais como clorofórmio, benzeno e éter.

O AA é conhecido por apresentar atividade redox, assim, sendo um agente redutor que tem potencial de redução de 0,06 volts (STANDARD REDUCTION POTENTIALS, *s/d, s/p*). Chiattonne (2010) inclui o AA como pertencente à família dos antioxidantes removedores de oxigênio, sendo assim, o ácido citado, seus isômeros e derivados atuam capturando o oxigênio presente no meio, tornando-o indisponível para atuar como propagador da oxidação.

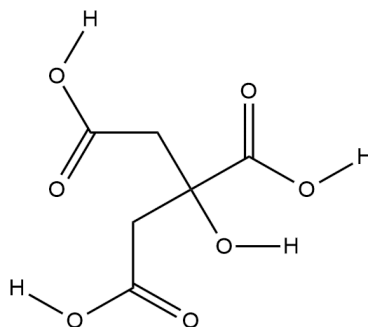
Analisando a fórmula estrutural do AA na Figura 3, nota-se uma molécula polar, com quatro hidroxilas, e duas destas estão na posição C=C, o que confere à molécula um aumento da acidez, pois elas podem interagir entre si por ligações de hidrogênio. A molécula apresenta

---

<sup>7</sup> “Relativo a sinergia”, o que corresponde a “uma associação simultânea de vários fatores que contribuem para uma ação coordenada, ação simultânea em comum (DICIONÁRIO AURÉLIO, 2009, p. 1852)”.



Ácido cítrico (AC) ou citrato de hidrogênio são os nomes populares dados ao ácido 2-hidroxiopropano-1,2,3-tricarboxílico (IUPAC, s/d apud HMDB, s/d), de fórmula molecular  $C_6H_8O_7$ , sendo este um sólido branco cristalino com densidade de  $1,665 \text{ g/cm}^3$  tendo ponto de fusão de  $153^\circ\text{C}$  e de ebulição de  $173^\circ\text{C}$  (TOXNET, 2015). A fórmula estrutural do ácido cítrico pode ser observada na Figura 5.



**Figura 5.** Fórmula estrutural do ácido cítrico.  
Fonte: Elaborado pelo grupo.

O AC é encontrado em frutas cítricas, em maior abundância em limões e limas, onde pode conter até 8% em massa seca da fruta (HMDB, s/d). Na indústria, atualmente, o ácido cítrico é obtido através de processos de fermentação<sup>8</sup>, mas até 1923 sua obtenção se dava a partir do citrato de cálcio (COLDEBELLA *et al.*, 2009).

Prata *et al.*, citado por Medrado (2011), relata que o ácido cítrico é considerado o ácido mais comum e amplamente utilizado nas indústrias alimentícias, sendo empregado como agente tamponante, redutor de pH, controlador de crescimento microbiano, aromatizante, entre outras finalidades. Cerca de 70% da produção deste ácido é utilizada pela indústria de alimentos, 12% na indústria farmacêutica e 18% por outras indústrias.

A Figura 5 também revela que a estrutura do ácido cítrico apresenta funções orgânicas de ácido carboxílico e álcool terciário. Em razão da presença de três grupos carboxílicos, este ácido é classificado como tricarboxílico, e sua capacidade ácida está associada a estes grupos,

<sup>8</sup>Fermentação aeróbica do açúcar bruto (sacarose) ou açúcar de milho (dextrose) por uma casta especial de *Aspergillus niger* (MOTTA, 2013, p. ). E segundo Coldebella *et al* (2009) se tem três processos de fermentação, os mais utilizados, para a fabricação de ácido cítrico: Processo Koji: no qual o substrato é sólido, sendo utilizada uma linhagem específica de *Aspergillus niger* . Processo de fermentação em superfície: o micélio do fungo (*A. niger*) cresce sobre a superfície do meio de cultura estático, sendo o produto da fermentação recolhido do meio. Processo de fermentação por cultura submersa: o fungo se desenvolve inteiramente submerso no meio de cultura líquido sob agitação (que serve para assegurar a homogeneidade tanto da distribuição dos microrganismos quanto dos nutrientes).

pois em solução pode perder três prótons e, como consequência, formam-se o íon citrato (COLDEBELLA *et al.*, 2009).

## **5 METODOLOGIA**

### **5.2 Materiais**

Em relação aos limões, será usado o limão tahiti. A escolha teve como critérios o acesso pelos moradores da região, a popularidade desta variedade do fruto. A respeito do metal a ser utilizado, selecionou-se o ferro pois foi considerado o fato de que o mesmo é mais suscetível a sofrer corrosão que outros metais disponíveis ao grupo, bem como a facilidade de aquisição do ferro e seu crescente uso industrial.

### **5.3 Parte experimental**

#### **5.3.1 Soluções**

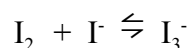
Para verificar a ação do limão diante da atividade corrosiva no material metálico (ferro), foram conduzidos experimentos no laboratório que visavam recriar - através do uso de soluções - as condições de um ambiente propício à corrosão por imersão.

A solução de controle foi composta apenas por água deionizada. Deste modo, verificou-se como um ambiente úmido, sem adição de outras substâncias, age ao longo do tempo. Uma solução com água proveniente de torneira também foi utilizada, visando notar as possíveis diferenças da ação entre os dois meios. Com relação ao limão, foram realizadas duas soluções: uma composta somente pelo suco da fruta e outra sendo uma pasta composta pela casca do limão (epicarpo) e água deionizada. Esta divisão do limão tahiti é justificada pelo fato de que o suco e o casca possuem composições diferentes, o que poderia influenciar os resultados nos experimentos. Além disso, visto que o limão tahiti apresenta ácido ascórbico e ácido cítrico em teores significativos, planejava-se fazer três soluções com estes ácidos: uma solução com ácido ascórbico isolado; uma solução com ácido cítrico isolado; e uma solução com ácido cítrico e ácido ascórbico combinados. Estas soluções possuem como

objetivo observar como os ácidos puros (provenientes de reagentes para análise) atuam nas amostras metálicas, sendo esta uma condição de referência.

O procedimento consiste essencialmente em realizar a limpeza do limão com água, posteriormente a casca e o endocarpo serão separados. A casca é triturada e a mistura é filtrada com água deionizada, já o endocarpo é espremido.

Em seguida, a acidez total do suco foi quantificada através da titulação de neutralização usando hidróxido de sódio 0,1 mol (NaOH) padronizado como titulante. Já a quantificação do ácido ascórbico foi realizada através da titulação de óxido-redução, pela iodometria. Para realizar este procedimento foi preparado uma solução 0,1 mol de iodo (0,03825 g). O iodo é pouco solúvel em água, por isso foi preparado uma solução de iodeto de potássio (KI), para que o iodo se dissolva com maior facilidade, pois em solução de iodeto de potássio ocorre a formação do íon triiodeto  $I_3^-$  que é solúvel em meio aquoso. Abaixo está apresentada a reação:



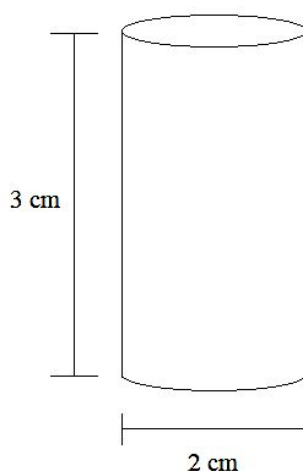
A solução foi preparada em um becker de 100 mL, com 1,08 g de KI e com adição de água e do iodo para que este se dissolva, depois que o iodo se dissolve em solução de iodeto de potássio essa solução é transferida para um balão de 100 mL. Como indicador da titulação se usa o amido. A preparação consiste em colocar 0,30 g de amido em um becker e em seguida dissolver o amido com água, posteriormente a solução é levada à chapa de aquecimento, para que o amido se dissolva completamente, e em seguida é filtrado para reter as partículas de amido que não solubilizaram.

Após o preparo das soluções, adiciona-se 3 mL da amostra de sumo do limão em um erlenmeyer de 250 mL com 50 mL de água. Em seguida, adiciona-se, 1 mL da solução de amido. Finalmente, realiza-se a titulação com a solução de iodo até que a solução apresente mudança de cor para azul, houve a necessidade de fazer diluição da solução de iodo para que a titulação exibisse a cor azul. Conhecendo o volume gasto da solução padrão e sabendo a estequiometria da reação, será possível determinar a concentração de ácido ascórbico no suco do limão.

Ambas as titulações da acidez total e do ácido ascórbico são utilizadas como parâmetro de acidez das soluções realizadas, visto uma possível relação entre estas e a corrosão.

### 5.3.2 Ensaio de corrosão

Com as soluções e amostras preparadas, inicia-se o ensaio de corrosão. Adaptado do procedimento descrito pelo Laboratório de Espectrometria de Massa e Atômica da UFSC, este experimento busca “estabelecer os procedimentos analíticos para o ensaio de corrosividade” (Laboratório de Espectrometria de Massa e Atômica - UFSC, 2013, s/p). Neste procedimento, são usadas quatro soluções - citadas no tópico anterior, contendo respectivamente suco de limão, casca de limão, água deionizada e água de torneira - e quatro corpos-de-prova metálicos, disponibilizados em ferro 1045<sup>9</sup> em forma cilíndrica nos tamanhos aproximados de 2 cm de diâmetro por 3 cm de altura, para serem contidos nos béqueres de 100 mL. A Figura 6 representa o corpo-de-prova realizado.



**Figura 6.** Medidas do corpo-de-prova.  
Fonte: elaborado pelo grupo.

Com base no fato de que é comum os cilindros apresentarem corrosão antes do teste, foi requerido a limpeza específica dos mesmos. Neste caso, o corpo-de-prova foi previamente lixado, e limpo com acetona, este procedimento é denominado desengraxe. Após a limpeza, o corpo-de-prova teve sua área calculada e massa registrada. Posteriormente, o cilindro foi imerso em 80 mL da solução padrão ou amostra, e o becker que os continha foi

---

<sup>9</sup> Essa classificação é baseada na composição química do aço. Os dois primeiros algarismos identificam a classe do aço, enquanto os dois últimos o teor médio de carbono, que pode variar entre 0,05% e 0,95% (GIASSI FERRO E AÇO; s/d).

vedado com filme, permanecendo assim, por um período de aproximadamente 30 dias. Os ensaios foram feitos em triplicata, totalizando doze corpos de prova.

Após a realização desta parte do procedimento, o corpo-de-prova foi retirado da solução. Para retirar o excesso de solução do cilindro, foi usado um pouco de água deionizada. Em seguida, o corpo-de-prova foi colocado em um becker, o qual foi preenchido com uma solução de limpeza composta por 15 g de NaOH, 5g de sulfato de sódio (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e 200 mL de água. Após 30 minutos de imersão, o cilindro foi limpo com o lado amarelo de uma esponja e lavado em água morna. Para finalizar, o corpo-de-prova passa por limpeza com um algodão e acetona, posteriormente foi esperado secar em temperatura ambiente e em seguida pesado.

Com os dados do teste registrados, define-se a taxa de corrosão do corpo-de-prova. Isso se dá através da fórmula disponibilizada no artigo “Método 110A - Corrosividade do Aço” da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US EPA).

$$\text{Taxa de corrosividade (mmpy}^{10}\text{)} = \frac{\text{massa perdida (mg)} \times 87600}{\text{área (cm}^2\text{)} \times \text{tempo (h)} \times \text{densidade do metal (g/cm}^3\text{)}}$$

Fonte: Agência Nacional de Engenheiros da Corrosão (NACE), 1972, *apud* US EPA, 2004.

Conforme detalhado no artigo, ao utilizar esta fórmula, torna-se necessário considerar que a perda de massa ocorrida ao longo do experimento foi causada por corrosão do tipo generalizada, excluindo a corrosão localizada por pites. Com isso claro, os resultados são interpretados. Conforme o Laboratório de Espectrometria de Massa e Atômica da UFSC, a amostra apresenta corrosão quando a taxa de corrosividade for superior a 6,35 mmpy (Laboratório de Espectrometria de Massa e Atômica - UFSC, 2013).

Ademais, os principais materiais utilizados nos experimentos foram: aproximadamente 5 kg de limão tahiti, comprados em supermercado e feira local, 0,72 kg de ferro; e 100 mL de acetona.

### 5.3.3 Descarte

---

<sup>10</sup> Millimeters penetration per year (milímetros de penetração por ano).

As soluções compostas por ácidos foram neutralizadas antes do descarte. Já as soluções compostas pelo suco do limão e por água passaram por uma filtração simples, visto que não constituíram quaisquer riscos foram descartados na pia do laboratório. As cascas dos limões seriam depositadas na composteira do campus, porém, o grupo foi informado que a composteira não poderia receber este material por um período de tempo indeterminado, pois não haviam camadas de serragem para cobrir o material orgânico em decomposição.

## **6 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1 Realização dos experimentos**

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Química do Instituto Federal de Santa Catarina - Campus Jaraguá do Sul - Centro, no dia 22 de Março de 2018, com a preparação durando aproximadamente quatro horas. Através do experimento-guia realizado no dia 21 de dezembro de 2017, estimou-se que o período de imersão das amostras seria de 1 mês, todavia, o teste durou aproximadamente 30 dias, sendo encerrado no dia 20 de Abril de 2018. Além da alteração na duração, o grupo observou a necessidade de realizar outras adaptações na metodologia, as quais serão citadas abaixo.

O processo de lixamento do ferro se mostrou trabalhoso, o que levou o grupo a optar por realizar este procedimento com lixa d'água n°40. Além disso, para otimizar o tempo de laboratório, decidiu-se utilizar um liquidificador para triturar o epicarpo do limão e um espremedor de frutas para extrair o suco da fruta. Ademais, o grupo planejava realizar o teste com amostras de ferro 1045 e ferro 1020, entretanto, uma vez que o uso de beckers seria excessivo e ocorreria por um longo período, julgou-se necessário reduzir a quantidade de amostras e, para tal, preferiu-se executar o teste apenas com amostras de ferro 1045.

**Médias de massas, áreas e taxa de corrosividade das amostras**

| <b>Solução</b>   | <b>Massa Inicial (g)</b> | <b>Massa Final (g)</b> | <b>Área Inicial (cm<sup>2</sup>)</b> | <b>Área final (cm<sup>2</sup>)</b> | <b>Taxa de corrosividade (mppy)</b> |
|------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Água deionizada  | 67,2647                  | 67,1996                | 23,5656                              | 21,5648                            | 45,7289                             |
| Água de torneira | 78,5933                  | 78,5392                | -                                    | 25,4549                            | -                                   |
| Suco             | 67,8295                  | 67,3754                | 23,3667                              | 17,0816                            | 101,9491                            |
| Casca            | 66,8585                  | 66,7536                | 22,8591                              | 18,9237                            | 71,9834                             |

**Tabela 2:** Taxa de corrosividade de cilindros metálicos de ferro 1045 em meio a diferentes soluções após um período de 30 dias.

Fonte: elaborado pelo grupo

### 6.1.1 Análise das amostras imersas em água deionizada

A água deionizada pode ser caracterizada pela substituição de íons presentes na água comum por íons  $\text{OH}^-$  e  $\text{H}^+$ , o que permite uma redução significativa de íons proveniente de materiais sólidos e ou gasosos em sua composição (BASQUES, 2016).

Conforme os dados da tabela 2, as amostras imersas em água deionizada registraram uma taxa de corrosividade média de 42,7289 mppy, com desvio padrão<sup>11</sup> de 12,4519 (29,1416%). A taxa se mostrou inferior à registrada nos corpos-de-prova imersos em suco e casca de limão. Concluiu-se que isto ocorre visto que a ausência de íons metálicos reduz consideravelmente o poder corrosivo do meio. Todavia, visto que isto poderia influenciar os resultados obtidos -, optou-se por realizar um segundo teste, com água proveniente da torneira - ou seja - água com presença de íons variados.

### 6.1.2 Análise das amostras imersas em água de torneira

A água utilizada na imersão das amostras é proveniente da estação de tratamento central de Jaraguá do Sul, o SAMAE (Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto). Esta disponibiliza mensalmente os valores de potabilidade da água distribuída para a população,

<sup>11</sup> O desvio padrão é uma medida que expressa o grau de variação de um conjunto de elementos, ou seja, o quanto este conjunto é uniforme e, quanto mais próximo de 0 for o desvio padrão, mais homogêneos são os dados obtidos (GOUVEIA; s/d).

contudo até o presente momento da escrita deste relatório os valores referentes ao mês de Abril não estavam disponíveis. Desta forma, optou-se por fazer uma média dos dados disponíveis em relação aos meses anteriores (Janeiro, Fevereiro e Março), entre os valores estão: pH 7,06; cloro 1,5633 mg/l; flúor 0,78 mg/l; estes se encontram de acordo com os parâmetros estabelecidos pela portaria N° 2.914 de 2011.

Conforme a tabela 2, pode-se observar que as amostras referentes a água de torneira não tiveram sua taxa de corrosividade calculada, possuindo apenas uma média de quantidades da massa perdida, esta que pode ser comparada com as outras amostras apresentadas. Nota-se que em comparação com a água deionizada a água de torneira teve uma perda de massa consideravelmente menor - entretanto teve o valor mais similar -, onde respectivamente os valores supracitados são 0,0651 g e 0,054 g. Contudo houve um grande diferencial entre tais resultados e os analisados nas soluções em que continha limão, onde houve uma grande diferença de perda de massa.

A água de torneira, em específico, teve sua análise baseada nos conhecimentos prévios do grupo sobre as propriedades da água e em outros parâmetros de comparação - massa perdida - com as demais amostras devido ao fato de a área inicial dos ferros ter sido perdida, e por meio disto o grupo não achou meio de calcular a taxa de corrosão. Todavia é importante ressaltar que havia uma discrepância entre o tamanho das amostras imersas na água de torneira em relação às demais. Sendo assim, a comparação por meio da perda de massa é limitada.

Quanto às substâncias presentes na água, o alumínio possui um grau de redução de -1,66 volts e o sódio de -2,71 volts, sendo que o potencial de redução deles é menor que o do ferro, que é de -0,44 volts ( $\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$ ). E devido a este motivo, eles não exercem influência na oxidação do corpo de prova. Já o cloro e o flúor possuem um potencial de redução maior que o do ferro, o cloro de 1,36 volts ( $\text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$ ) e o flúor de 2,87 volts ( $\text{F}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{F}^-$ ). Portanto, o potencial de redução do ferro é menor que o do flúor e o do cloro, sofrendo então a oxidação, o ferro atua como agente redutor e o cloro e o flúor como agentes oxidantes.

### **6.1.3 Análise das amostras imersas em suco de limão**

O suco do limão Tahiti, no qual foram imersas as amostras para posterior análise, apresenta na sua composição muitas substâncias, porém, vale ressaltar que em maior quantidade são o ácido ascórbico (vitamina C) e o ácido cítrico (BARROS, 1986; apud. VIANA, 2010).

Analisando os valores da taxa de corrosividade do suco, que apresentou uma média de 101,9491 mmpy, com um desvio padrão de 4,9333 (4,8389%), observa-se que este, em comparação com as taxas da água deionizada e cascas de limão, promoveu maior taxa de corrosividade. Deste modo, pode-se observar que a utilização do limão em barras cilíndricas de ferro apresentou influência no processo de oxidação das mesmas, uma vez que o uso do seu suco promoveu a corrosão ao invés de atenuá-la, pois as amostras imersas no mesmo apresentaram a maior taxa de corrosividade.

De modo a explicar este processo corrosivo que ocorreu com as barras de ferro, é importante destacar que o ácido ascórbico (AA) e o ácido cítrico, principais componentes do sumo do limão, apresentam características químicas bastante significativas, a exemplo das propriedades redox do AA, ou seja, a sua capacidade de evitar processos oxidativos.

Deste modo, foram feitas titulações com a solução de iodeto de potássio e usando amido como indicador, para determinar a concentração de ácido ascórbico no suco de limão antes e após a retirada das amostras. Abaixo os dados de concentração de AA nas amostras de suco e suas médias:

**Quantidade de AA no sumo do limão antes e após a imersão das amostras**

| <b>Réplica</b> | <b>Concentração de AA (antes da imersão)</b> | <b>Concentração de AA (após a retirada)</b> |
|----------------|--|---|
| 1              | 0,09 mol/L                                   | 0,0117 mol/L                                |
| 2              | 0,0426 mol/L                                 | 0,0295 mol/L                                |
| 3              | 0,043 mol/L                                  | 0,0286 mol/L                                |
| Média de AA    | 0,0418 mol/L                                 | 0,0232 mol/L                                |

**Tabela 3:** Quantidade de AA no sumo do limão antes e após a imersão das amostras.  
Fonte: elaborado pelo grupo.

Pode-se perceber que ao final do período de testes a concentração de ácido ascórbico nas soluções de suco diminuiu, indicando que o mesmo oxidou-se, pois como apontado por Fornaro e Coichev (1997), os processos redox do ácido ascórbico são reversíveis com a formação de radicais livres<sup>12</sup> intermediários, pois reduzem os íons do metal que estão em contato, passando a atuar como um agente pró-oxidante. Deve-se também levar em conta o potencial de redução do ácido ascórbico, de 0.06 volts. Uma vez que este sendo maior que o do ferro ( $\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$ ), que é de -0.44 volts, acaba influenciando diretamente o mesmo no meio reacional, pois seu potencial de redução é mais alto que o do ferro, fazendo a espécie oxidar.

Visto que as amostras da barra de ferro foram deixadas imersas nas soluções por um longo período de tempo (30 dias), provavelmente no início o sumo do limão agiu de forma a inibir a corrosão, e com o passar dos dias esta capacidade foi se perdendo ao ponto de promover a mesma.

Ademais, foram feitas as determinações da acidez total<sup>13</sup> do suco de limão que foi utilizado, antes e depois da imersão das barras de ferro, através da titulação de neutralização usando hidróxido de sódio (NaOH) padronizado como o titulante. Abaixo os valores de acidez total das soluções de suco e suas médias:

---

<sup>12</sup> Radical livre pode ser definido como “[...] qualquer átomo, molécula ou íon que possui um ou mais que um elétrons livres na sua órbita externa. Essas partículas, formadas por elétrons livres ou não pareados tem uma instabilidade elétrica muito grande, e por esta razão, mesmo tendo meia vida muito curta, apresentam grande capacidade reativa [...]” (KUSS; p. 2; 2005).

<sup>13</sup> Acidez total representa o teor de dióxido de carbono livre, de ácidos minerais, de ácidos orgânicos e sais ácidos fortes, os quais na hidrólise produzem íons de hidrogênio para a solução (PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA; 2008).

**Acidez total do sumo de limão antes e após a imersão das amostras**

| <b>Réplica</b>     | <b>Acidez total (antes da imersão)</b> | <b>Acidez total (após a retirada)</b> |
|--------------------|--|---------------------------------------|
| Suco 1             | 1,3125 mol/L                           | 0,6552 mol/L                          |
| Suco 2             | 1,32 mol/L                             | 0,4724 mol/L                          |
| Suco 3             | 1,275 mol/L                            | 0,7447 mol/L                          |
| Média acidez total | 1,3025 mol/L                           | 0,6241 mol/L                          |

**Tabela 4:** Acidez total do sumo do limão antes e após a imersão das amostras.  
Fonte: elaborado pelo grupo.

É importante citar que a concentração de NaOH utilizado nas titulações com os sucos antes da imersão das amostras foi de 0,1523 mol/L, enquanto que a concentração do ácido utilizada após a retirada das amostras é de 0,1008 mol/L. Além disso, ao analisar os valores obtidos pelas médias de acidez total, observa-se que no suco usado antes da imersão, considerando o desvio padrão desta de 0,4438, a sua concentração é maior do que após a retirada do ferro, com um desvio padrão de 0,1388, indicando a diminuição das quantidades de ácidos presentes no suco ao longo do período de testes (30 dias), ou seja, com o passar dos dias as soluções de suco de limão foram perdendo sua acidez. Estes parâmetros podem ser relacionados com o que foi citado anteriormente a respeito do efeito pró-oxidante que o AA passa a ter sobre as amostras da barra metálica, uma vez que a acidez das soluções apresentam-se como inconvenientes à corrosão, deste modo, no início do período de testes, a alta taxa de acidez total possa ter contribuído de modo a inibir a corrosão do ferro e, ao longo dos dias, passou a diminuir e juntamente com o efeito pró-oxidante do AA contribuiu para a oxidação da barra metálica.

#### **6.1.4 Análise das amostras imersas em cascas de limão**

O epicarpo<sup>14</sup> do limão Tahiti foi o qual as amostras metálicas ficaram imersas após ele ser triturado com água deionizada, formando uma pasta. Posteriormente, foi realizado um acompanhamento com os corpos-de-prova, tal qual possibilitou o controle das massas, áreas e taxa de corrosividade, aos quais as médias dos resultados são apresentados na tabela 2.

Analisando os dados das amostras imersas em casca triturada, vemos que estas apresentaram uma média de taxa de corrosividade de 71,9834 mmpy, sendo o desvio padrão de 17,4228 (24,2039%), o que reforça os indícios visuais apresentados na Figura 7 de que a amostra sofreu corrosão, contudo, menos que o sumo do limão (101,9491 mmpy) e mais que a água de deionizada (45,7289 mmpy). Ao comparar as perdas de massa entre os corpos de prova imersos em casca (média de 0,1052 g) e água de torneira (média de 0,054 g), percebemos que o que os resultados mais altos são atribuídos às amostras imersas em casca.



**Figura 7.** Amostra em fase de testes imersa na pasta de casca de limão.  
Fonte: acervo do grupo.

A pasta utilizada para imergir os corpos-de-prova proporciona um ambiente com menor umidade que o sumo do limão, tal característica pode justificar os resultados, pois um ambiente mais úmido favorece a ação de oxidação do metal, tal qual as amostras que estavam na casca oxidaram menos que as do sumo. Outro fator que proporcionou uma dificuldade nas condições de oxidação da amostra é que a pasta é mais densa que o sumo, assim sendo um obstáculo para a passagem de oxigênio e luz. Além disso, é necessário observar a análise feita sobre os componentes do epicarpo e do endocarpo e suas respectivas atividades exercidas sobre o sistema reproduzido, uma vez que as condições submetidas às amostras são diferentes.

---

<sup>14</sup> Conhecido também como a casca, apresenta em sua composição, principalmente, “substâncias químicas como os carotenóides, vitaminas, polifenóis e óleo essencial” (MENDONÇA *et al.*; p.870; 2006), contudo, nesta casca existem outras diversas substâncias, o que inclui os minerais, sendo que os com maior participação são: potássio (128 mg); cálcio (51 mg) e fósforo (24 mg) - dados numéricos a cada 100 g de casca de limão (COELHO, 1993; apud. VIANA 2010).

A casca do limão tahiti possui uma grande quantidade de óleo essencial<sup>15</sup>, o qual é, em geral, instável, especialmente na presença de luz, calor, umidade, ar, substâncias oxidantes ou redutoras e metais (SIMÕES *et al.*, 2007; BAKKALY *et al.*, 2008 apud GOMES, 2014), isto é, muitas das condições a qual o submetemos, e, por conta dessa instabilidade, as reações entre o corpo de prova e a solução se modificaram durante o experimento.

Na composição da casca do limão há compostos fenólicos<sup>16</sup> que, segundo Angelo *et al.* (2006), as frutas cítricas são as principais fontes destes compostos. Estes, por sua vez, apresentam alta atividade antioxidante, pois atuam na absorção e neutralização de radicais livres, contudo, quando todos os radicais livres de outras espécies são neutralizados, o próprio composto fenólico tende a ter radicais livres, os quais não haverá outra espécie para neutralizá-los, assim atuando com efeito pró-oxidante (ANGELO *et al.*, 2006), tal fato vem a ser uma das explicações para a oxidação das amostras imersas na casca do limão, ou seja, em um curto período de tempo a pasta, na qual a amostra foi imersa, atuaria de forma a atenuar o processo corrosivo, mas com o passar do tempo, ela sofre alterações em suas propriedades e tende a ser um meio propício à corrosão.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho trouxe como objetivo analisar a capacidade do limão tahiti de retardar ou evitar a corrosão do ferro, sendo que com a sua execução esta meta foi alcançada. Durante a pesquisa algumas hipóteses foram corroboradas e outras refutadas, e juntamente disto, novos conhecimentos surgiam ao longo do avanço do estudo.

Com isso, segue-se a análise das suposições realizadas pelo grupo. Em relação à primeira hipótese, onde se afirma que o uso do limão em barras metálicas não influencia no processo de oxidação, cabe dizer que a composição do limão se mostrou favorável ao processo de corrosão. Nas amostras foi possível perceber sutis diferenças nas características

---

<sup>15</sup> Segundo Gomes (2014) os óleos essenciais podem ser definidos como misturas complexas (podendo conter em sua constituição cerca de 20 a 60 componentes em concentrações muito variadas) que são naturais, caracterizadas por aroma agradável e sabor característico, lipofílica, e que em temperatura ambiente se apresentam como líquidos oleosos de alta volatilidade, o que os diferem dos óleos fixos. Além de que são caracterizados por dois ou três componentes majoritários (20 a 70%).

<sup>16</sup> Segundo Angelo *et al.* (2006) apud Lee *et al.* (2005); Shahidi (1995), os compostos fenólicos podem ser definidos como substâncias que possuem anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais. Possuem estrutura variável e com isso, são multifuncionais. Existem cerca de cinco mil compostos fenólicos, dentre eles, destacam-se os flavonóides, ácidos fenólicos, fenóis simples, cumarinas, taninos, ligninas e tocoferóis.

macroscópicas - em específico, a cor - da ferrugem imersa no suco de limão, esta ferrugem que possuía um tom mais marrom na sua coloração comparado aos ferros imersos na água. Todavia, as amostras foram deixadas muito tempo na solução de limão, e por esse motivo a atuação desta última sobre o ferro sofreu alterações, deixando de agir como antioxidante, a solução passou a atuar como pró-oxidante. Sendo assim, a ação do limão durante as primeiras semanas do experimento pode ter sido inibidora da oxidação, entretanto, visto que o grupo optou por não realizar controle semanal das características de cada amostra, a hipótese é parcialmente refutada.

A segunda hipótese, na qual consta que o uso do limão tahiti promove a corrosão ao invés de atenuá-la foi parcialmente corroborada, uma vez que conforme as análises realizadas, os ferros imersos no suco de limão apresentaram uma maior taxa de corrosividade em relação às amostras inseridas na água deionizada e na água de torneira.

Através das análises realizadas percebeu-se que a acidez total do limão e sua capacidade antioxidante são proporcionais, contudo, através de demasiada quantidade de tentativas experimentais e da fundamentação teórica compreende-se que cada limão possui uma quantidade distinta de acidez, e esta por sua vez varia de acordo com o seu tempo de duração (ao passar do tempo a fruta se torna menos ácida), a estação do ano, espaço de armazenamento, tipos de solo e ademais. Desta maneira, a terceira hipótese estabelecida pelo grupo, onde se supõem que a acidez total do limão e sua capacidade de reduzir o processo de oxidação do metal são diretamente proporcionais, se torna difícil de classificar como refutada ou corroborada devido a complexidade da questão proposta.

Ao que se refere a última hipótese, enunciou-se que as substâncias presentes na casca do limão possuem maior potencial de prevenção de corrosão do que somente o seu sumo. Esta hipótese foi corroborada devido as taxas de corrosividade obtidas serem menores no epicarpo do que no sumo do limão tahiti.

Em adendo, um dos objetivos específicos estabelecidos pelo grupo, o que propunha uma realização de testes qualitativos entre as amostras para definir quais meios poderiam atenuar o processo de corrosão, este não pode ser concluído. Isto ocorreu devido a insuficiência de tempo e aos problemas encontrados pelo grupo em estabelecer uma linha de comunicação com a instituição de ensino que detinha os instrumentos necessários para a análise.

Ao longo da realização da pesquisa - com em torno de 45 horas no laboratório de química - o grupo obteve experiência em práticas laboratoriais e novos conhecimentos, observando diversos resultados interessantes e inesperados. Com este estudo, nota-se que em uma próxima experiência com frutas e/ou outros alimentos antioxidantes, seria válido ser trabalhado com menores intervalos de tempo para a imersão das soluções, para que assim sejam alcançados resultados mais precisos.

## REFERÊNCIAS

ABRACO - Associação Brasileira de Corrosão. **Corrosão : Uma abordagem geral.** Disponível em: [http://paginapessoal.utfpr.edu.br/israel/teoria/Teoria\\_Corrosao\\_ABRACO.pdf](http://paginapessoal.utfpr.edu.br/israel/teoria/Teoria_Corrosao_ABRACO.pdf). Acesso em: 03 out. 2017.

Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US EPA). **Method 110A - Corrosivity Toward Steel.** 2004. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/1110a.pdf>. Acessado em 12 de Fevereiro de 2018

ANGELO, Priscila Milene; JORGE, Neuza. **Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão.** 2006. UNESP. São José do Rio Preto/SP. Disponível em: <http://periodicos.ses.sp.bvs.br/pdf/rial/v66n1/v66n1a01.pdf>. Acesso em: 06 de Junho de 2018.

ASTM International - American Society for Testing and Materials. **Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals.** ASTM G31 - 72 (1999). West Conshohocken, Pennsylvania. 1999. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Mohammed\\_Hussein\\_J\\_H\\_Alatia/post/What\\_are\\_the\\_proper\\_volume\\_and\\_time\\_period\\_or\\_intervals\\_for\\_weight\\_loss\\_measurements\\_for\\_mild\\_steel\\_corrosion\\_test/attachment/5adaca994cde260d15da0e1f/AS%3A617723440660480%401524288153812/download/G31.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Mohammed_Hussein_J_H_Alatia/post/What_are_the_proper_volume_and_time_period_or_intervals_for_weight_loss_measurements_for_mild_steel_corrosion_test/attachment/5adaca994cde260d15da0e1f/AS%3A617723440660480%401524288153812/download/G31.pdf). Acessado em 02 de Junho de 2018.

ÁGUA, Portal Tratamento de. **Determinação Da Acidez.** 2008. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/determinacao-da-acidez/>. Acesso em: 08 de jun. de 2018.

ATKINS, Peter; LORETTA, Jones. **Princípios de química:** questionando a vida moderna e o meio ambiente. Tradução de Ricardo Bicca de Alencastro. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 965 p., il., color. ISBN 9788536306681.

BARCIA, Milene Teixeira; et al JACQUES, Andressa Carolina; et al PERTUZATTI, Paula Becker; et al ZAMBIAZI, Rui Carlos. **Determinação de ácido ascórbico e tocoferóis em frutas por CLAE.** Disponível em: <http://www.redalyc.org/pdf/4457/445744096011.pdf> Acesso em: 16 de Outubro de 2017.

BASQUES, Frida Wilke Alves. **A água como reagente.** Lagoa Santa. Labtest. 2016. Disponível em: [https://labtest.com.br/wp-content/uploads/2016/11/A\\_Agua\\_Como\\_Reagente.pdf](https://labtest.com.br/wp-content/uploads/2016/11/A_Agua_Como_Reagente.pdf). Acessado em 28 de Maio de 2018.

BOLINA, C; et al. **Análise da eficiência de inibidores frente à corrosão do aço induzida por cloretos.** Disponível em: <http://www.mfap.com.br/pesquisa/arquivos/20090922140223-6.pdf>. Acessado em 26 de Outubro de 2017.

BRASIL. DNPM. **Anuário Mineral Brasileiro: Principais Substâncias Metálicas.** Coord. Geral Wagner Fernandes Pinheiro, Osvaldo Barbosa Ferreira Filho, Carlos Augusto Ramos

Neves; Equipe Técnica por Marina Marques Dalla Costa... (*et al*). Brasília: DNPM, 2016. 31 p. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/anuario-mineral-brasileiro-2016-metalicos>. Acessado em 22 de Setembro de 2017.

BRASIL. DNPM. **Balanco Mineral Brasileiro 2001**. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/balanco-mineral/arquivos/balanco-mineral-brasileiro-2001>. Acessado em 07 de Outubro de 2017.

BRASIL, Fabiano. **ESTUDO DE CORROSÃO SOB TENSÃO EM TUBOS DE AÇO INOXIDÁVEL AISI 304 L, ASPERGIDOS TERMICAMENTE COM ALUMÍNIO POR ARCO ELÉTRICO**. 2003. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Ciência dos Materiais, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003. Disponível em: <<http://www.pipe.ufpr.br/portal/defesas/dissertacao/52.1.pdf>>. Acesso em: 23 de Outubro de 2017.

BRASIL.Ministério da Saúde, Gabinete do Ministro, PORTARIA Nº 2.914. **Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. 2011. Disponível em [http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html). Acessado em 10 de junho de 2018.

BROCCHI, Eduardo de Albuquerque. **Os Metais: Origem e Principais Processos de Obtenção**. Museu Virtual de Química. Disponível em: [http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Leitura/conteudos/SL\\_os\\_metais.pdf](http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Leitura/conteudos/SL_os_metais.pdf). Acessado em 06 de Outubro de 2017.

CAVALCANTE, Rogério. **Fitodontologia**. Rio Branco: Copyright, 2013. 219 p. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=JMxLBQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false>>. Acesso em: 15 de Outubro de 2017.

CHIATTONE, Priscila Vasconcellos; **ÁCIDO ASCÓRBICO, ERITORBATO E MISTURA COMERCIAL NA REDUÇÃO DA OXIDAÇÃO DE HAMBURGUER BOVINO PROCESSADO COM ÁGUA OZONIZADA**; Pelotas, 2010. Disponível em: Acesso em: 19 de Outubro de 2017.

COELHO, Ygor da Silva et al. **Coleção Plantar: Limão Taiti**. 2. ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1998. 69 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/162294/1/A-cultura-do-limao-taiti.pdf>. Acesso em: 29 de Outubro de 2017.

COLDEBELLA, Caroline; ALVES, Fernando Ignácio Baena; RAIÁ, Guilherme Takeshi de Oliveira; ZUNTA Rodrigo. **Produção de ácido cítrico**. 2009. Curso de Engenharia Química,

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2009. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/19258338/Producao-de-acido-citrico>>. Acesso em: 19 nov. 2017.

DAG MENDONÇA LIMA (Brasil). Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação – Nepa. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO: 4ª edição revisada e ampliada**. 4. ed. Campinas: Unicamp, 2011. 164 p. Disponível em: [https://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco\\_4\\_edicao\\_ampliada\\_e\\_revisada](https://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada). Acesso em: 07 de Outubro de 2017.

DE LA CRUZ, Alex Ruben Huamán. **Quantificação de ferro em minério de ferro por Espectrometria de Fluorescência de raios-X por dispersão de energia: Estudo comparativo de desempenho metrológico e impacto econômico**. Rio de Janeiro, 2013. 136p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Metrologia (Área de concentração: Metrologia para Qualidade e Inovação), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Disponível em: [https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/Busca\\_etds.php?strSecao=resultado&nrSeq=22183@1](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/Busca_etds.php?strSecao=resultado&nrSeq=22183@1). Acessado em 22 de Novembro de 2017.

DNPM. **Ferro (Fe)**. Disponível em: <http://www.dnpm-pe.gov.br/Detalhes/Ferro.htm>. Acessado em 28 de Setembro de 2017.

DUTRA, Aldo Cordeiro; NUNES, Laerce de Paula. **Proteção Catódica: Técnicas de Combate à Corrosão**. 5. e.d. - Rio de Janeiro: Interciência: ABRACO: IBP, 2011. 372 p.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa**. 4. ed. Curitiba: Positivo, 2009. 2120 p. ISBN 9788538528241.

FONTES, Luciana Cristina Brigatto et al. **EFEITO DE ANTIOXIDANTES NA PREVENÇÃO DE ESCURECIMENTO ENZIMÁTICO DE BATATA-DOCE (IPOMOEIA BATATAS) E INHAME (DIOSCOREA SPP): EFFECT OF ANTIOXIDANTS IN THE PREVENTION OF ENZYMATIC BROWNING IN SWEET POTATO (IPOMOEIA BATATAS) AND YAM (DIOSCOREA SPP)**. Ponta Grossa: Unicamp, 2009. 8 p. Disponível em: <http://www.revistas2.uepg.br/index.php/exatas/article/view/967/1921>. Acesso em: 08 de Outubro de 2017.

FORNARO, Adalgiza; COICHEV, Nina. **ÁCIDO L-ASCÓRBICO: REAÇÕES DE COMPLEXAÇÃO E DE ÓXIDO-REDUÇÃO COM ALGUNS ÍONS METÁLICOS DE TRANSIÇÃO**. Instituto de Química da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v21n5/2936.pdf>>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

GENTIL, Vicente . **Corrosão**. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda. 2014. 360 p.

Giassi Ferro e Aço. **Qual a especificação dos aços 1020 e 1045?** [201-]. Disponível em: <<http://giassiferroeco.com.br/qual-a-especificacao-dos-acos-1020-e-1045/>>. Acesso em: 10 jun. 2018.

GOMES, Marcos de Souza. **ATIVIDADES BIOLÓGICAS DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE TRÊS ESPÉCIES DO GÊNERO CITRUS E SEUS COMPONENTES MAJORITÁRIOS**. 2014. Lavras - Minas Gerais. Tese de mestrado - UFLA. Disponível em: [http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/4464/1/TESE\\_Atividades%20biol%C3%B3gicas%20dos%20%C3%B3leos%20essenciais%20de%20tr%C3%AAs%20esp%C3%A9cies%20do%20%C3%AAnero%20Citrus%20e%20de%20seus%20componentes%20majorit%C3%A1rios.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/4464/1/TESE_Atividades%20biol%C3%B3gicas%20dos%20%C3%B3leos%20essenciais%20de%20tr%C3%AAs%20esp%C3%A9cies%20do%20%C3%AAnero%20Citrus%20e%20de%20seus%20componentes%20majorit%C3%A1rios.pdf). Acesso em: 04 de Junho de 2018

GOUVEIA, Rosimar. **Desvio Padrão**. Toda Matéria. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/desvio-padrao/>>. Acesso em: 09 de junho de 2018.

JESUS, Carlos Antônio Gonçalves de. **Ferro/Aço**. Brasília: DNPM, 2009. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/3-1-2013-minerio-de-ferro-e-aco>. Acessado em 28 de Setembro de 2017.

KUSS, Fernando. **Agente oxidantes e antioxidantes**. Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. Disponível em: <[https://www.ufrgs.br/lacvet/restrito/pdf/ag\\_oxid\\_antioxid.pdf](https://www.ufrgs.br/lacvet/restrito/pdf/ag_oxid_antioxid.pdf)>. Acesso em: 08 de junho de 2018.

LEE et al. (2005); Shahidi (1995) apud ANGELO, Priscila Milene; JORGE, Neuza. **Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão**. 2006. UNESP. São José do Rio Preto/SP. Disponível em: <http://periodicos.ses.sp.bvs.br/pdf/rial/v66n1/v66n1a01.pdf>. Acesso em: 06 de Junho de 2018.

MEDEIROS, Miguel de Araújo. **Ferro**. Revista Química Nova na Escola. Vol. 32. Nº 3. São Paulo. Ago. 2010. Disponível em: [http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32\\_3/11-EQ-6809.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32_3/11-EQ-6809.pdf). Acessado em 28 de Setembro de 2017.

MENDONÇA, Luciana Maria Vieira Lopes; CONSEIÇÃO, Alzira da; PIEDADE, Juliana; CARVALHOS, Vânia Déa; THEODORO, Vanessa Cristina de Almeida. **Caracterização da composição química e do rendimento dos resíduos industriais do limão Tahiti (Citrus latifolia Tanaka)**. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 26(4): 870-874, out.-dez. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v26n4/24.pdf>. Acesso em: 29 de Maio de 2018.

MICHAELIS DICIONÁRIO BRASILEIRO DA LÍNGUA PORTUGUESA. Disponível em: <http://michaelis.uol.com.br>. Acessado em 07 de Outubro de 2017.

MOTTA, Elizandra Santos da. **ADIÇÃO DE ÁCIDO LÁTICO E ÁCIDO CÍTRICO COMO CONSERVANTE DA CARNE MECANICAMENTE SEPARADA**. 2013. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2013. Disponível em:

[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1198/1/FB\\_COALM\\_2012\\_2\\_08.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1198/1/FB_COALM_2012_2_08.pdf). Acesso em: 19 nov. 2017.

MOURA, LÍLIAN MARIA. **COMPOSTOS BIOATIVOS EM FRUTAS CÍTRICAS: QUANTIFICAÇÃO, AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE, PARÂMETROS DE COR E EFEITO DA PASTEURIZAÇÃO**. 2010. 153 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Farmacêuticas, Alimentos e Nutrição, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Araraquara, 2011. Disponível em: [http://www2.fcfar.unesp.br/Home/Pos-graduacao/AlimentoseNutricao/LILIAN MARIA MOURA - DO AL.PDF](http://www2.fcfar.unesp.br/Home/Pos-graduacao/AlimentoseNutricao/LILIAN_MARIA_MOURA_DO_AL.PDF). Acesso em: 07 de Outubro de 2017.

MORA, Nora Díaz; SIHVENGER, João Carlos (Comp.). **APOSTILA DE QUÍMICA GERAL**. Foz do Iguaçu: [s.n.], 2006. 280 p. Disponível em: <<http://www.foz.unioeste.br/~lamat/downquimica.html>>. Acesso em: 11 de Outubro de 2017.

OLIVEIRA, Antônio Roberto de. **Corrosão e Tratamento de Superfície**. Belém: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Pará - Campus Belém, 2012. 104 p. Disponível em: [http://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo\\_ctrl\\_proc\\_indust/tec\\_metal/corr\\_trat\\_superf/161012\\_corr\\_trat\\_superf.pdf](http://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_ctrl_proc_indust/tec_metal/corr_trat_superf/161012_corr_trat_superf.pdf). Acesso em: 12 de Outubro de 2017.

OLIVEIRA, José Jefferson Moraes de; ZOGHBI FILHO, João Roberto Bastos. **O PRÉ-SAL BRASILEIRO E O PROBLEMA DA CORROSÃO POR CO<sub>2</sub>**. Manguinhos, Serra - Es: [s.n.], [2015]. 10 p. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/311066120\\_O\\_Pre-Sal\\_Brasileiro\\_e\\_o\\_Problema\\_da\\_Corrosao\\_por\\_CO2](https://www.researchgate.net/publication/311066120_O_Pre-Sal_Brasileiro_e_o_Problema_da_Corrosao_por_CO2)>. Acesso em: 17 out. 2017.

PEREIRA, Vinicius Rodrigues; **ÁCIDO ASCÓRBICO – CARACTERÍSTICAS, MECANISMO DE ATUAÇÃO E APLICAÇÕES NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS**; Pelotas, 2008 Disponível em: <https://quimicadealimentos.files.wordpress.com/2009/08/acido-ascorbico.pdf> Acesso em: 21 de outubro de 2017.

PLANTAMED (Comp.). **Citrus limon (L.) Burm. f. - LIMÃO-SICILIANO**. Disponível em: [http://www.plantamed.com.br/plantaservas/especies/Citrus\\_limon.htm](http://www.plantamed.com.br/plantaservas/especies/Citrus_limon.htm). Acesso em: 12 de Outubro de 2017.

PRATA, A. M. R. *et al* SANTOS, R. da S. apud. MEDRADO, Lais Camargo de Lacerda. **ADSORÇÃO DE ÍONS CROMO (VI) PROVENIENTE DE EFLUENTES DE CURTUMES EM BUCHA VEGETAL (Luffa cylindrica) MODIFICADA COM ÁCIDO CÍTRICO**. 2011. 36 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharel em Química Industrial, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2011. Disponível em: <[http://www.ccet.ueg.br/biblioteca/Arquivos/monografias/ADSOR\\_\\_\\_\\_.PDF](http://www.ccet.ueg.br/biblioteca/Arquivos/monografias/ADSOR____.PDF)>. Acesso em: 19 nov. 2017.

PRODANOV, Cleber Cristiano; Freitas, Ernani Cesar. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo. Feevale. 2013.

QUADROS, Daiane. **Procedimentos analíticos para preparo, limpeza e determinação da taxa de corrosão**. Laboratório de Análise de Resíduos da Universidade Federal de Santa Catarina. 2013.

ROSA, Jeane Santos da et al. **Desenvolvimento de um método de análise de vitamina C em alimentos por cromatografia líquida de alta eficiência e exclusão iônica**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v27n4/25.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2017.

ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY. **Iron**. Disponível em: <http://www.rsc.org/periodic-table/element/26/iron>. Acessado em 28 de Setembro de 2017.

ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY. **Periodic Table**. Disponível em: <http://www.rsc.org/periodic-table>. Acessado em 05 de Setembro de 2017.

RUFINO, Maria do Socorro Moura et al. **Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pelo Método de Redução do Ferro (FRAP)**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006. 4 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agroindustria-tropical/busca-de-publicacoes/-/publicacao/664098/metodologia-cientifica-determinacao-da-atividade-antioxidante-total-em-frutas-pelo-metodo-de-reducao-do-ferro-frap>. Acesso em: 12 de Outubro de 2017.

SAMAE. **Padrões de potabilidade**. 2018. Disponível em <http://www.samaejs.com.br/Potabilidade> Acessado 09 de junho de 2018.

SANTOS, Izabella Rodrigues Chaves dos. **Escurecimento Enzimático Em Frutos: Polifenoxidase De Atemóia**: (Annona cherimola Mill. X Annona squamosa L.). 2009. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Farmacêuticas, Alimentos e Nutrição, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araraquara, 2009. Disponível em: <http://www2.fcfar.unesp.br/Home/Pos-graduacao/AlimentoseNutricao/IzabellaChavesME.pdf>. Acesso em: 17 de Setembro de 2017.

SANTOS, Luiz Ricardo dos. **Ferro**. Disponível em: <http://www.infoescola.com/elementos-quimicos/ferro/>. Acessado em 06 de Outubro de 2017.

SIDANA, Jaspreetkaur et al. **A Review on Citrus – “The Boon of Nature”**. International Journal Of Pharmaceutical Sciences Review And Research. Bangalore, India, p. 20-27. fev. 2013. Disponível em: <<http://www.globalresearchonline.net/journalcontents/v18-2/04.pdf>>. Acesso em: 12 de Outubro de 2017.

SIMÕES *et al.*, 2007; BAKKALY *et al.*, 2008 apud GOMES, Marcos de Souza. **ATIVIDADES BIOLÓGICAS DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE TRÊS ESPÉCIES DO GÊNERO CÍTRUS E SEUS COMPONENTES MAJORITÁRIOS**. 2014. Lavras - Minas Gerais. Tese de mestrado - UFLA. Disponível em: [http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/4464/1/TESE\\_Atividades%20biol%C3%B3gicas%20dos%20%C3%B3leos%20essenciais%20de%20tr%C3%AAs%20esp%C3%A9cies%20do%20g%C3%AAnero%20Citrus%20e%20de%20seus%20componentes%20majorit%C3%A1rios.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/4464/1/TESE_Atividades%20biol%C3%B3gicas%20dos%20%C3%B3leos%20essenciais%20de%20tr%C3%AAs%20esp%C3%A9cies%20do%20g%C3%AAnero%20Citrus%20e%20de%20seus%20componentes%20majorit%C3%A1rios.pdf). Acesso em: 04 de Junho de 2018

Standard Reduction Potentials (E<sup>0</sup>), 25oC. Disponível em: <https://employees.csbsju.edu/hjakubowski/classes/ch331/oxphos/standredpotentialtab.htm>. Acesso em: 25 de Novembro de 2017.

SOUZA, R. S.; 2007; apud BARCIA, Milene Teixeira et al. JACQUES, Andressa Carolina; et al. BECKER, Paula Pertuzatti; et al. ZAMBLAZI, Rui Carlos. **DETERMINAÇÃO DE ÁCIDO ASCÓRBICO E TOCOFERÓIS EM FRUTAS POR CLAE**. Semina: Ciências Agrárias, vol. 31, núm. 2, abril-junio, 2010, pp. 381-389; Londrina, 2010. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/viewFile/5341/4852> Acesso em: 21 de Outubro de 2017.

SUSSUCHI, Eliana Midori; Samisia Maria Fernandes Machado; Valéria Regina de Souza Moraes. **Química I**. - São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe CESAD, 2007. Disponível em: [http://www.cesadufs.com.br/ORBI/public/uploadCatalogo/14461230102012Quimica\\_I\\_Aula\\_20.pdf](http://www.cesadufs.com.br/ORBI/public/uploadCatalogo/14461230102012Quimica_I_Aula_20.pdf). Acesso em: 12 de Outubro de 2017.

THE HUMAN METABOLOME DATABASE. *Malic Acid*. Disponível em: [http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB0000744#physical\\_properties](http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB0000744#physical_properties). Acesso em: 25 de Outubro de 2017.

TUNDO, Pietro *et al.* **Synthetic pathways and processes in green chemistry. Introductory overview. Pure and Applied Chemistry**. Vol. 72. N° 7. Durham. 2000. Disponível em: <https://www.iupac.org/publications/pac/pdf/2000/pdf/7207x1207.pdf>. Acessado em 09 de Novembro de 2017.

UGALDE, Fábio Zacouteguy; NESPOLO, Cássia Regina. **Desperdício de Alimentos no Brasil**. Informativo Sul Brasil Rural. Ano 7. N° 154. Chapecó. 21 de Maio de 2015. Disponível em: [http://www.ceo.udesc.br/arquivos/id\\_submenu/285/caderno\\_udesc\\_154.pdf](http://www.ceo.udesc.br/arquivos/id_submenu/285/caderno_udesc_154.pdf). Acessado em 26 de Outubro de 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - DEPARTAMENTO DE QUÍMICA. **Potenciometria**. Análise potenciométrica. QMC5351 – Química Analítica Instrumental. Disponível em: <http://analiticaqmc20132.paginas.ufsc.br/files/2013/11/potenciometria-rev.pdf>. Acesso em: 08 de Outubro de 2017.

**U.S. National Library of Medicine**, 2015, s/p Disponível em: <https://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search2/r?dbs+hsdb:@term+@rn+@rel+6915-15-7> Acesso em: 25 de Outubro de 2017.

VIANA, Daniela Soares. **Lima ácida (Citrus latifolia, Tanaka), cv. Tahiti, de cultivos convencional e orgânico biodinâmico: avaliação da capacidade antioxidante dos sucos in natura e clarificados por membranas de microfiltração**. 2010. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Farmácia, Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal do Rio de Janeiro Centro de Ciências da Saúde, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://objdig.ufrj.br/59/teses/751532.pdf>. Acesso em: 15 de Outubro de 2017.

VIDA, Minha. **Siciliano, tahiti, galego e cravo: veja as diferenças entre os tipos de limão:** O limão possui diversos benefícios para saúde e pode ser consumido de diferentes formas. Entenda quais são as características de cada espécie!. 2017. Disponível em: <http://www.amambainoticias.com.br/saude/siciliano-tahiti-galego-e-cravo-veja-as-diferencas-entre-os-tipos-de-limao>. Acesso em: 07 de Outubro de 2017.

WILEY, Robert C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables.** London:Chapman & Hall, 1994. 357 p.

ZHANG, D; HAMAUZU, Y.; 2004 apud BARCIA, Milene Teixeira et al. JACQUES, Andressa Carolina; et al. BECKER, Paula Pertuzatti; et al. ZAMBIAZI, Rui Carlos. **DETERMINAÇÃO DE ÁCIDO ASCÓRBICO E TOCOFERÓIS EM FRUTAS POR CLAE** Semina: Ciências Agrárias, vol. 31, núm. 2, abril-junho, 2010, pp. 381-389; Universidade Estadual de Londrina; Londrina, 2010. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/viewFile/5341/4852> Acesso em: 21 de Outubro de 2017.