



## **ANÁLISE DAS PROPRIEDADES ANTIOXIDANTES DA ERVA MATE (*Ilex paraguariensis*) E DO CHÁ PRETO (*Camellia sinensis*) EM FERRO**

Larissa Vieira Alves<sup>1\*</sup>

Sophia Fagundes Pires<sup>1</sup>

Orientador: Prof. Dr. Alexandre de Jesus Barros

Coorientadoras: Prof<sup>ª</sup> Aline Alves Ramos e Prof<sup>ª</sup> Thais Taciano dos Santos

### **RESUMO**

Os gastos com a substituição de produtos atingidos pela corrosão no Brasil chegam a casa de 200 bilhões de reais, cerca de 4% do PIB nacional. De forma a evitar o processo corrosivo e remediar a perda de matérias primas, produtos que atuam como inibidores de corrosão são formulados. Frequentemente, a propriedade antioxidante e a eficácia como anti-corrosivo de extratos naturais são estudados, buscando a formulação dos chamados inibidores verdes. Desta forma, é proposto neste trabalho a análise dos extratos da Erva Mate e do Chá Preto, ambas ervas de grande plantio e comércio nacional. Para isso, foram realizadas extrações por processos de infusão, seguidas de uma filtração simples. Os testes se consumaram na submersão das lâminas de ferro sem tratamento nos extratos, seguida pela submersão em Ácido Clorídrico, de forma a acelerar o processo corrosivo.

**Palavras-chave:** Corrosão. Antioxidantes. Ferro. Erva Mate. Chá Preto.

### **ABSTRACT**

The expenses with the replacement of products affected by corrosion in Brazil reach 200 billion Reais, around 4% of the national GDP. In order to prevent the corrosive process and remedy the loss of raw materials, products that operate as corrosion inhibitors are formulated. Often, the antioxidant properties and effectiveness as an anti-corrosive of natural extracts are studied, seeking the formulation of so-called green inhibitors. Therefore, it is proposed in this article the analysis of extracts of Yerba Mate and Black Tea, both herbs of vast national plantation and commerce. To achieve this goal, extractions were performed by infusion processes, followed by a simple filtration. The tests were consumed by submerging untreated iron sheets in the extracts, followed by submerging them in Hydrochloric Acid in order to accelerate the corrosion process.

**Keywords:** Corrosion. Antioxidant. Iron. Yerba Mate. Black Tea.

---

<sup>1</sup> Curso Técnico em Química – ETEC Irmã Agostina

Av. Feliciano Correa s/n – Jardim Satélite - CEP 04815-240 - São Paulo – Brasil

\* grupotcc.008@gmail.com

Recebido em: 29/11/2021

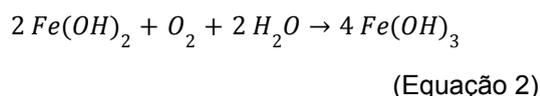
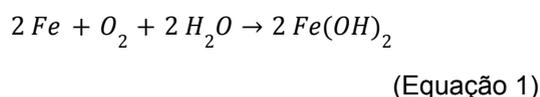
Apresentado à banca em: 09/12/2021

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1. CORROSÃO

O processo espontâneo que ocorre em utensílios metálicos, provocando sua deterioração através de reações de oxidação na qual o metal produzido é revertido ao seu estado original, o também chamado estado mineral, é nomeado corrosão e ocorre em uma situação de contato do material com o ambiente no qual está inserido. (PANNONI, 2007).

A corrosão pode ser classificada de acordo com a morfologia ou através do meio. A primeira avalia os danos causados na superfície, especificando-os em subcategorias, sendo elas: Corrosão Uniforme, em Placas, Alveolar, Puntiforme (Pite), em Frestas, Intergranular, Filiforme e por Esfoliação. Já a segunda tem um enfoque no meio, estudando os mecanismos de ataque, e são apenas duas, a corrosão química - o metal reage com um meio não iônico - e a corrosão eletroquímica, que será observada no decorrer do trabalho - o desgaste do metal ocorre através da liberação de ânions e cátions em uma solução aquosa, como por exemplo, em contato com a água marinha, o ar atmosférico e o solo. Um exemplo é a corrosão eletroquímica do ferro (Equação 1) com a formação de ferrugem como podemos observar na equação 2. (PONTE, 2003).



Os danos causados por esse fenômeno natural são gigantescos, atingindo níveis mundiais, com os custos indo de 1 a 5% do PIB dos países, sendo o do Brasil 4%, cerca de 200 bilhões de reais, segundo pesquisa realizada pela International Zinc Association (IZA) em 2015. Com isso, a criação de meios para o combate e prevenção contra a corrosão se mostra necessária. (FIEP, 2017).

### 1.2. INIBIDORES DE CORROSÃO

São substâncias ou misturas de substâncias aplicadas no meio corrosivo, que buscam retardar ou eliminar os agentes corrosivos, criando uma barreira protetora entre o substrato metálico e o eletrólito. (PROTEÇÃO & CORROSÃO, 2007).

Os inibidores de corrosão sintéticos são comercializados em grande escala, dificultando a vigilância de descartes, o que alavanca os níveis de contaminação, considerando que a maioria desses produtos não é biodegradável, possuindo em sua composição substâncias como cromatos, nitritos ou óxidos. (OGUZIE et al, 2011).

Uma possível alternativa para evitar os impactos ambientais são os inibidores que tem como princípio os extratos naturais, que podem ser encontrados em abundância e possuem risco reduzido de deterioração ambiental. Analisando a variada gama de possibilidades de extratos naturais, foi selecionado o Erva Mate (*Ilex paraguariensis*) e o Chá Preto (*Camellia sinensis*) que apresentam múltiplos compostos fenólicos com capacidade antioxidante. (SOUSA, 2016; MATSUMOTO, 2008).

Os extratos serão testados em ferro e aço carbono, metais muito presentes na indústria e na área doméstica, sendo o ferro o metal mais abundante no mundo, para aferir sua efetividade. (CARVALHO, 2014).

### 1.3. ERVA-MATE

A erva mate (*Ilex paraguariensis*) é uma planta derivada de uma árvore de mesmo nome, da família *Aquifoliaceae*, podendo atingir de quatro a oito metros quando adulta e possuindo folhas perenes, ou seja, que mantêm suas folhas através das estações. Sua origem é sul-americana, nativa do Brasil, Paraguai e Argentina, crescendo de maneira espontânea em florestas subtropicais brasileiras. A respeito do plantio comercial, a área corresponde a aproximadamente 5% do território nacional e, analisando-se os demais países, 3% do território da América do Sul. (DE OLIVEIRA, et al. 1985; GERHARDT, et al, 2006).

O Brasil é o maior produtor mundial de erva mate, cerca de 880 mil toneladas em 2019, seguido pela Argentina e pelo Paraguai, sendo os principais estados produtores brasileiros o Rio Grande do Sul e o Paraná. No mesmo ano, foram exportadas 35.285 toneladas de diversos tipos de mate, gerando um lucro de US \$79.038 e sendo o maior comprador o Uruguai. (DERAL, 2020).

Segundo Alikaridis (1987 apud DONADUZZI, et al, 2003), a erva mate possui em sua composição compostos fenólicos, aminoácidos, metilxantinas, flavonoides e compostos terpênicos, além de saponinas, que possuem propriedades antioxidantes relevantes para a formulação de um produto anticorrosivo.

#### 1.4. CHÁ PRETO

A *Camellia sinensis*, planta nativa do Sudeste Asiático, possui uma diversidade de chás, que apresentam como fator de variância seu grau de fermentação, sendo este subclassificado em: fermentado (como, por exemplo o chá preto), semi-fermentado (chá Oolong) e não-fermentado (chá verde), divergindo também no método de pré preparação em suas características físicas, tais quais a cor, o sabor e o aroma. O Chá Preto possui como características primordiais uma cor escura que se torna vermelho-amarelada através do preparo com água, além do estímulo de oxidação que ocorre com as folhas, que são murchas, amassadas e em seguida desidratadas pré-comércio. Sendo da família *Theaceae*, seu arbusto é composto de folhas perene e hiberna durante o inverno e no início da primavera, produzindo com frequência em temperaturas mais elevadas. (YAMAMOTOYAMA, 2017).

Os principais exportadores são países asiáticos como Sri Lanka, China, Quênia e Índia. O Brasil exportou aproximadamente 3.662 toneladas de chá preto em 2002, com um lucro de US \$4.135.813 e sendo o Estado de São Paulo o maior produtor nacional. (PEREZ et al., 2003).

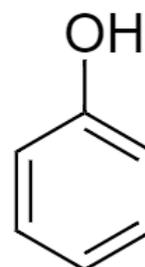
Segundo Yanagimoto (2003 apud SENGER et.al. 2010), em sua composição encontra-se a cafeína, valores consideráveis de compostos fenólicos e flavonóides, além de monômeros catequinas, aminoácidos e carboidratos que possuem atividade antioxidantes.

#### 1.5. FENÓIS TOTAIS

O método de proteção contra corrosão mais recomendado para o uso no meio ácido é aquele que se baseia em inibidores formulados por estruturas orgânicas, que agem através da adsorção nas estruturas anódicas ou catódicas dos metais, protegendo-o com a formação de uma película fina em sua superfície. (GENTIL, 2007).

Os compostos fenólicos são amplamente encontrados da natureza e possuem propriedades antioxidantes, possuindo em sua estrutura, heteroátomos, ou seja, átomos como o nitrogênio, oxigênio e o enxofre que se encontram entre cadeias de carbonos, fator que se mostra importante para a proteção antioxidante, segundo estudos de Fang, J, et. al. (2002). A estrutura básica dos fenóis é expressa conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1: Estrutura Básica dos Fenóis



Fonte: do próprio autor, 2021.

## 2 MATERIAIS E PROCEDIMENTOS

### 2.1. MATERIAIS

Para a realização do experimento, os reagentes necessários seguido de seus fornecedores são 100 g de Erva Mate (Sabor Nativo) e de Chá Preto (Sabor Nativo), Ácido clorídrico (Synth) e água destilada; os equipamentos são a balança analítica modelo AG200, da marca Gehaka® (São Paulo, Brasil) e o agitador magnético com aquecimento da marca KASVI®. Também serão necessárias 9 lâminas de ferro sem tratamento e uma lixa de ferro.

### 2.2. METODOLOGIA

#### 2.2.1. EXTRAÇÃO DOS CHÁS

A extração dos chás foi realizada adaptando-se o procedimento de infusão e filtração de da Silva, J. A. et al. (2019). O processo foi realizado em duplicata, tanto em relação à erva mate quanto ao chá preto.

Em um béquer de 600 mL, adicionou-se 400 mL de água destilada e aqueceu-se até 75°C em uma placa aquecedora. Em seguida, transferiu-se 50 g de chá e agitou-se por 1 hora, com o auxílio de uma baqueta. Passado esse período, a solução foi transferida para um sistema de filtração simples já montado, formado pelo frasco de vidro âmbar, funil simples, argola de sustentação, suporte universal e filtro de café.

#### 2.2.2. TRATAMENTO DAS LÂMINAS E APLICAÇÃO

As lâminas de ferro foram lixadas com lixa para ferro e higienizadas com água corrente e detergente neutro, com o auxílio de uma esponja, de forma a remover as impurezas de sua superfície. Em seguida, foram numeradas para

identificação, de 1 a 9, e pesadas, anotando-se suas massas.

Em béqueres de 600 mL, transferiu-se os extratos de chá e, com uma pinça, mergulhou-se duas lâminas em cada amostra, por 2 horas. Passado esse período, apoiou-se em um suporte de tubos de ensaio para a secagem. Esse procedimento foi repetido para cada um dos extratos, seguindo a duplicata anterior, sendo: no extrato Erva Mate 1 as lâminas 1 e 2, do Erva Mate 2 as lâminas 3 e 4, no Chá Preto 1 as lâminas 5 e 6 e no Chá Preto 2 as lâminas 7 e 8.

A lâmina restante (lâmina 9) foi reservada, sem a aplicação de nenhuma solução, servindo como padrão.

### 2.2.3. TESTES

Após a aplicação dos inibidores, mergulha-se as placas em Ácido Clorídrico  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , em béqueres individuais numerados, por cerca de uma hora para acelerar a corrosão. Depois de retiradas, pode-se notar indícios de corrosão com a mudança da cor e aspecto dos metais via observação direta, principalmente no Branco. Em seguida, as lâminas foram lixadas com a lixa para ferro novamente, de forma a retirar o Hidróxido de Ferro acumulado na superfície.

Todas as placas foram pesadas para cálculo da perda de massa, e assim análise e comparação da efetividade da Erva Mate e Chá Preto como inibidores. Realiza-se a determinação da taxa de corrosão ( $W_{corr}$ ) dos materiais de acordo com a Fórmula 1, sendo a taxa de corrosão em ácido clorídrico expressada por  $g \times \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ;  $m_i$  a massa pré-tratamento em gramas e  $m_f$  a massa após tratamento e corrosão;  $\Delta t$  o tempo de imersão em hora; e  $A$  a área da amostra em  $\text{cm}^2$ .

$$W_{corr} = \frac{m_i - m_f}{\Delta t \times A} \quad (\text{Fórmula 1})''$$

Fonte: FERNANDES, et al, 2016.

A partir desta taxa obtêm-se a eficiência de cada inibidor usando a Fórmula 2, com  $E_i$  a eficiência do inibidor;  $\omega_0$  a taxa de corrosão nas placas sem tratamento e  $\omega_i$  a taxa das placas com inibidor.

$$E_i = \frac{\omega_0 - \omega_i}{\omega_0} \times 100 \quad (\text{Fórmula 2})''$$

Fonte: FERNANDES, et al, 2016.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos foram apresentados e discutidos devidamente pelo grupo nos itens a seguir.

### 3.1. EXTRAÇÃO DOS CHÁS

Foram pesados 50,03 g de Erva Mate para o primeiro extrato e 47,57 g para o segundo. Enquanto que para o Chá Preto 1 e 2 foram pesados, respectivamente, 50,00 g e 47,37 g, conforme demonstrado nas Figuras 2 e 3.

**Figuras 2 e 3: Processos de Infusão do Erva Mate e Chá Preto, respectivamente**



Fonte: do próprio autor, 2021.

Posteriormente, foi montado o sistema de filtração simples, seguindo a metodologia mencionada, conforme demonstrado na Figura 4.

**Figura 4: Sistema de Filtração Simples**



Fonte: do próprio autor, 2021.

Por fim, obtivemos as amostras relativas aos extratos das ervas, conforme demonstrado na Figura 5. A Erva Mate apresenta uma cor escura, enquanto o Chá Preto se caracteriza por uma tonalidade castanha.

**Figura 5: Extratos de Erva Mate e Chá Preto, da parte superior para a inferior, respectivamente**



Fonte: do próprio autor, 2021.

### 3.2. TESTES

As lâminas de ferro foram lixadas com a lixa para ferro até a obtenção de uma superfície refletora, em seguida foram lavadas e numeradas, conforme demonstrado na Figura 6.

**Figura 6: Placas de Ferro antes dos Testes**



Fonte: do próprio autor, 2021.

Após os testes, as lâminas assumiram uma tonalidade escura, devido ao Hidróxido de Ferro, que se aderiu à superfície do metal, sendo retirado com o auxílio da lixa para ferro, conforme descrito na metodologia e demonstrado na Figura 7.

**Figura 7: Placas de Ferro após os Testes**



Fonte: do próprio autor, 2021.

Após pesar e medir todas as placas de ferro, foi possível fazer a análise da taxa de

corrosão nos diferentes inibidores como demonstrado na Tabela 1 e de acordo com a Fórmula 1 apresentada da metodologia. A área foi calculada como cerca de 5,04 cm<sup>2</sup> e o tempo como 1 hora.

**Tabela 1: Determinação da Taxa de Corrosão nas Lâminas de Ferro**

<i>n</i> <sup>o</sup>	<i>Meio</i>	<i>Peso original (g)</i>	<i>Peso final (g)</i>	<i>Taxa de Corrosão</i>
1	Erva Mate 1	8,7801	8,5727	4,12 %
2	Erva Mate 1	10,8666	10,694	3,42 %
3	Erva Mate 2	13,4458	13,119	6,48 %
4	Erva Mate 2	11,7992	11,6254	3,45 %
5	Chá Preto 1	10,909	10,7124	3,90 %
6	Chá Preto 1	13,3914	13,1365	5,06 %
7	Chá Preto 2	10,4058	10,2226	3,63 %
8	Chá Preto 2	12,9138	12,6813	4,61 %
9	Branco	12,2624	12,0217	4,78 %

Fonte: do próprio autor, 2021.

A eficiência de cada inibidor ao serem comparados com o Branco que apresentou uma taxa de 4,78%, calculada a partir da Fórmula 2 apresentada na metodologia e expressa na Tabela 2.

**Tabela 2: Determinação da Eficiência dos Inibidores**

<i>n</i> <sup>o</sup>	<i>Meio</i>	<i>Eficiência (%)</i>
1	Erva Mate 1	14%
2	Erva Mate 1	28%
3	Erva Mate 2	-36%
4	Erva Mate 2	28%
5	Chá Preto 1	18%

6	Chá Preto 1	-6%
7	Chá Preto 2	24%
8	Chá Preto 2	3%

---

Fonte: do próprio autor, 2021.

Os resultados com alta variação na eficiência dos extratos de Erva Mate e Chá Preto como inibidores na superfície do Ferro sugerem uma falha na extração dos fenóis das amostras ou uma imprecisão no processo de adsorção, como podemos notar pela inexatidão dos valores, que vão de 28% a -36%. Como ambos os valores são relativos ao mesmo extrato há a possibilidade do erro ter ocorrido durante a adsorção, possivelmente uma Placa de Ferro obteve maior adsorção de compostos antioxidantes do que a outra, resultando na diversidade de proteção entre testes no mesmo meio.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Perante a problemática apresentada, a metodologia e técnica aplicada satisfizeram os objetivos necessários, visto que apontam resultados negativos para a análise da propriedade antioxidante de ambos os extratos, nas condições propostas. As análises de eficiência dos inibidores não apresentaram resultados coerentes, tanto em relação a Erva Mate quanto ao Chá Preto. A justificativa pode se dar devido a erros na técnica de extração dos fenóis do chá, podendo ser que a temperatura ou tempo disponível não cumpriram o requerido para uma extração de melhor qualidade, podendo ser também devido a incapacidade do ferro de adsorver os inibidores de forma desejada.

#### **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos às professoras de PDTCC, Dr<sup>a</sup> Aline Alves Ramos e Thais Taciano dos Santos, pela compreensão e pelo auxílio na resolução de eventuais questões.

Ao nosso orientador Prof. Dr. Alexandre de Jesus Barros.

Aos docentes que disponibilizaram as aulas das disciplinas de PEC, QDA, TPI E AQIMQ para a realização do trabalho.

À Escola Técnica Estadual Etec Irmã Agostina por toda a infraestrutura fornecida.

Aos nossos amigos e familiares por todo apoio e incentivo.

## REFERÊNCIAS

- CARVALHO, P. S. L. de et al. **Minério de Ferro**. Artigo - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, n. 39, p. 197-233, Rio de Janeiro, 2014.
- DA SILVA, J. A. et al. Uso de extratos naturais como inibidores de corrosão para o aço AISI 304. **Acta Brasiliensis**, v. 3, n. 1, p. 21-24, 2019.
- DE OLIVEIRA, Y. M. M.; ROTTA, E. Área de distribuição natural de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). In: **Embrapa Florestas-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 10., 1983, Curitiba. Silvicultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis*): anais... Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1985. p. 17-36., 1985.
- DERAL. **Prognóstico Erva Mate - Novembro de 2020**. Departamento de Economia Rural – DERAL Divisão de Conjuntura Agropecuária, Paraná. 5 f. 2020
- DONADUZZI, C. M. et al. Variação nos teores de polifenóis totais e taninos em dezesseis progênies de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) cultivadas em três municípios do Paraná. **Embrapa Florestas-Artigo em periódico indexado (ALICE)**. 11 f. 2003.
- FANG, J.; Li, J. **Quantum chemistry study on the relationship between molecular structure and corrosion inhibition efficiency of amides**. Journal of Molecular Structure: Theochem 2002, 593, 179 f.
- FERNANDES, C. M. **Avaliação da eficiência de inibidor de corrosão na presença de inibidores de incrustação e sequestrantes de H<sub>2</sub>S**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal Fluminense - Bacharel em Química Industrial. Niterói. 62 f. 2016.
- FIEP. **Efeitos da corrosão afetam o PIB de um país, mas podem ser controlados**. Curitiba, Federação das Indústrias do Estado do Paraná. 2009.
- GENTIL, V. **Corrosão**. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora: Rio de Janeiro, 2007
- GERHARDT, M. **História ambiental da erva-mate**. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-graduação em História, Florianópolis, 2006.
- MATSUMOTO, R. L. T. **Atividade Antioxidante do Chá Mate (*Ilex paraguariensis*)**. 2008. 103 f.
- Tese (Mestrado em Saúde Pública) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- OGUZIE, E. E. et al. Broad spectrum corrosion inhibition: corrosion and microbial (SRB) growth inhibiting effects of Piper guineense extract. **Journal of materials science**, v. 47, n. 8, p. 3592-3601, 2012. effects of piper guineense extract”, Journal of Materials Science, vol. 47, p. 3592-3601, 2012.
- PANNONI, D. F. **Fundamentos da corrosão**. Pintura industrial, v. 48, n. 16, p. 32-35, 2007.
- PEREZ, L. H.; DE FREITAS, B. B. **Chá preto: estabilidade no mercado**. Instituto de Economia Agrícola (IEA), São Paulo - SP. 22 jul. 2003.
- PONTE, H. A. **Fundamentos da Corrosão**. Curitiba, Ministério Da Educação E Do Desporto, Universidade Federal Do Paraná, Setor De Tecnologia Departamento De Engenharia Química. 2003. 18 f.
- PROTEÇÃO & CORROSÃO. **Inibidores de Corrosão: confiabilidade e redução de custos**. Associação Brasileira de Corrosão (ABRACO), Rio de Janeiro - RJ. Ano 4 - Nº 14, p. 9. 2007
- SENGER, A. E. V.; SCHWANKE, C. H. A.; GOTTLIEB, M. G. V. Chá verde (*Camellia sinensis*) e suas propriedades funcionais nas doenças crônicas não transmissíveis. Pós-Graduação em Gerontologia Biomédica da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. **Scientia Medica**, v. 20, n. 4, p. 292-300, 2010.
- SOUSA, L. dos S. **Extração e Purificação dos Compostos Fenólicos Presentes nas Folhas de *Camellia sinensis***. 2016. 125 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.
- YAMAMOTOYAMA. **Classificação do Chá**. MIDORI Indústria de Chá Ltda. Pinheiros, São Paulo, 2017.