

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**UNIDADE UNIVERSITÁRIA EM CRUZ ALTA**  
**BACHAREL EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**JONATA CARLOS DA SILVA GARCIA**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E DETERMINAÇÃO DE MINERAIS E  
METAIS PESADOS PRESENTES EM AMOSTRAS DE ERVA-MATE  
PRODUZIDAS NO RIO GRANDE DO SUL**

**CRUZ ALTA**

**2024**

**JONATA CARLOS DA SILVA GARCIA**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E DETERMINAÇÃO DE MINERAIS E  
METAIS PESADOS PRESENTES EM AMOSTRAS DE ERVA-MATE  
PRODUZIDAS NO RIO GRANDE DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Profa. Dra. Jussara Navarini

**CRUZ ALTA**

**2024**

Catálogo de Publicação na Fonte

G216a Garcia, Jonata Carlos da Silva.  
Caracterização físico-química e determinação de minerais e metais pesados presentes em amostras de erva-mate produzidas no Rio Grande do Sul / Jonata Carlos da Silva Garcia. – Cruz Alta, 2024. 43 f.

Orientador: Prof. Jussara Navarini.

Monografia (Graduação) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, unidade em Cruz Alta, 2024.

1. Erva-mate. 2. Análise físico-química. 3. Metais pesados. 4. Qualidade. I. Navarini, Jussara. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por Laís Nunes da Silva CRB10/2176.

**JONATA CARLOS DA SILVA GARCIA**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E DETERMINAÇÃO DE MINERAIS E  
METAIS PESADOS PRESENTES EM AMOSTRAS DE ERVA-MATE  
PRODUZIDAS NO RIO GRANDE DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial para  
obtenção do título de Bacharel em Ciência  
e Tecnologia de Alimentos pela  
Universidade Estadual do Rio Grande do  
Sul.

Orientadora: Profa. Dra. Jussara Navarini

Aprovado em:

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientadora: Profa. Dra. Jussara Navarini  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

---

Profa. Dra. Kelly de Moraes  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

---

Profa. Dra. Juliana de Mello Silva  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

**CRUZ ALTA**

**2024**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente quero agradecer a minha família que me apoiou durante esse período de ensino e aprendizado.

Aos meus filhos, Samuel e Sophia, que mesmo pequenos entenderam minha ausência por algumas noites. Quero que vocês saibam o quanto eu os amo.

A minha esposa Aline que, por diversas noites, fez o seu melhor para que a minha ausência pudesse ser amenizada em casa e assim estar presente na sala de aula.

A todos os meus professores que tanto contribuíram para o meu crescimento intelectual ao longo desses anos e pelos seus ensinamentos.

A minha orientadora Profa. Jussara pelos seus conselhos e sabedoria para conduzir a conclusão dessa etapa.

Aos colaboradores da unidade de Cruz Alta, que sempre estiveram à disposição, muito obrigada pela atenção.

A Mondial Laboratório de Produtos Químicos LTDA que concedeu sua estrutura e analistas para que pudesse ser realizada as análises.

## RESUMO

A erva-mate (*Ilex paraguariensis*, St.Hill.), é uma espécie de planta da América do Sul comum na vegetação nativa de uma extensa área que abrange Brasil, Argentina e Paraguai. Nos estados do sul do Brasil possuem um alto valor comercial e social, utilizada como principal meio de consumo a ingestão por meio da infusão, sendo chamada de chimarrão. Muitos estudos têm sido desenvolvidos para estabelecer seus benefícios e malefícios ao longo dos anos. Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo analisar amostras de erva-mate produzidas no Rio Grande do Sul - RS através de análise física e físico-químicas, bem como a determinação de nutrientes e metais contaminantes. As amostras foram coletadas nos polos ervateiros do RS. Primeiramente, foram realizadas as análises física e físico-químicas da matéria-seca e, posteriormente, análise de micro e macronutrientes das amostras em infusão. A determinação e quantificação dos micronutrientes, macronutrientes e metais pesados foram realizadas em Espectrômetro de Emissão Óptica Com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES). Os resultados mostraram que as análises de pH, umidade, cinzas e proteína encontram-se dentro do recomendado pela legislação vigente, no entanto, os teores de cinza apresentaram-se elevados. Na quantificação de macro e micronutrientes, observou-se que potássio e manganês são nutrientes mais abundantes, respectivamente. Entre os contaminantes, os limites de detecção foram inferiores a 0,05mg/L de cádmio e chumbo, demonstrando assim que estes metais estão presentes em quantidades muito pequenas.

**Palavras-chave:** Erva-mate. Análise físico-química. Metais pesados. Qualidade.

## ABSTRACT

Yerba mate (*Ilex paraguariensis*, St.Hill.) is a plant species from South America common in the native vegetation of an extensive area covering Brazil, Argentina, and Paraguay. In the southern states of Brazil, it has high commercial and social value, with the primary consumption method being infusion, known as chimarrão. Many studies have been conducted over the years to establish its benefits and harms. Thus, this study aims to analyze yerba mate samples produced in Rio Grande do Sul - RS through physical and physicochemical analysis, as well as the determination of nutrients and contaminant metals. The samples were collected from the yerba mate production centers of RS. Firstly, physical and physicochemical analyses of the dry matter were conducted, followed by micro and macronutrient analysis of the infusion samples. The determination and quantification of micronutrients, macronutrients, and heavy metals were performed using Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES). The results showed that the pH, moisture, ash and protein analyses are within the recommended limits by current legislation. In the quantification of macro and micronutrients, potassium and manganese were found to be the most abundant nutrients, respectively. Among the contaminants, detection limits were below 0.05mg/L for cadmium and lead, indicating that these metals are present in very small quantities. Keywords: Yerba mate. Physicochemical analysis. Heavy metals. Quality.

**Keywords:** Yerba mate. Chemical physical analysis. Heavy metals. Quality.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da produção de erva no Brasil .....	14
Figura 2 - Mapa de produção de erva-mate no Rio Grande do Sul.....	15
Figura 3 - Mapa da nova configuração dos polos ervateiros do Rio Grande do Sul.....	16
Figura 4 - Fluxograma do processamento da Erva-Mate.....	18
Figura 5 - Secador mecânico, sapeco e cancheamento.....	19
Figura 6 - Peneiras utilizadas na análise gravimétrica.....	27

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise física granulometria de erva-mate.....	28
Tabela 2 - Análises físico-químicas e composição proximal das amostras de erva-mate .....	29
Tabela 3 - Análises de macronutrientes e micronutrientes .....	32
Tabela 4 - Análises de metais.....	34

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>13</b>
2.1 ERVA-MATE .....	13
2.2 IMPORTÂNCIA CULTURAL, SOCIAL E ECONÔMICA DA ERVA-MATE .....	16
2.3 PROCESSAMENTO E BENEFICIAMENTO DA ERVA-MATE.....	17
2.4 ERVA MATE E A SAÚDE HUMANA .....	17
2.5 METAIS PRESENTES NA ERVA-MATE.....	17
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>22</b>
<b>3.1 MATÉRIA-PRIMA</b> .....	<b>24</b>
<b>3.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAIS</b> .....	<b>24</b>
<b>3.2.1 Preparo das amostras</b> .....	<b>ERROR!</b>
BOOKMARK NOT DEFINED.	
<b>3.2.2 Análises das amostras</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>3.2.2.1 Determinação do teor de cinzas</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>3.2.2.2 Determinação do potencial de hidrogênio (pH)</b> Error!	Bookmark not defined.
<b>3.2.2.3 Granulometria</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>3.2.2.4 Umidade</b> .....	Error!
Bookmark not defined.	
<b>3.2.2.5 Determinação espectrofotométrica de emissão óptica</b> Error!	Bookmark not defined.
<b>3.2.2.5 Determinação de nitrogênio total</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>3.2.2.6 Determinação de proteínas</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>4.1 PROPRIEDADES FÍSICA E FÍSICO-QUÍMICAS</b> .....	<b>10</b>
<b>4.2 DETERMINAÇÃO DE MACRO E MICRO NUTRIENTES</b> .....	<b>10</b>
<b>4.3 METAIS CONTAMINANTES</b> .....	<b>10</b>
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>35</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>36</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) é uma espécie de planta da América do Sul, comum na vegetação nativa de uma extensa área que abrange Brasil, Argentina e Paraguai (IBGE, 2019). De acordo com Resolução de Diretoria Colegiada Nº 302, de 7 de novembro (BRASIL, 2002, p. 01):

A erva-mate é o produto constituído, exclusivamente, pelas folhas e ramos, das variedades de *Ilex paraguariensis*, na forma inteira ou moída, obtida através de processo de secagem e fragmentação, o qual constitui matéria-prima para chimarrão e tererê. Não é considerada erva-mate, a matéria-prima que teve, parcial ou totalmente, retirados os princípios ativos, por qualquer processo tecnológico.

A cultura da erva-mate tem grande valor comercial e social, principalmente no sul do país. No do Rio Grande do Sul (RS), é considerada árvore símbolo do Estado. Suas folhas e os ramos finos são processados e beneficiados para darem origem a produtos, como bebidas estimulantes feitas por infusões, sendo quente, “Chimarrão” ou frio “Tererê”, e das folhas prepara-se o “Chá mate” (SAIDELLES et al., 2010).

A cadeia produtiva da erva-mate no Brasil, já alcança todo território brasileiro sendo que o seu consumo se dá, principalmente, através da infusão. Segundo o informativo Roda de Mate Nº 82 do Governo do Estado do Rio Grande do Sul (2023), a base produtiva da cadeia, ou seja, suas áreas de plantio estão estabelecidas nos estados da região sul, Paraná (PR), Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS), com pequena participação do Mato Grosso do Sul (MS), abrangendo um pouco mais de 72 mil hectares de ervais, sendo a maior área plantada no PR, seguido do RS, SC e MS; 30,3; 27,6; 13,8 e 0,16 mil hectares, respectivamente.

Ainda de acordo com o informativo Roda de Mate, no último ano da série analisada (2021), o Rio Grande do Sul aparece à frente na produção de folha verde, com 242 mil toneladas, seguido pelo Paraná com 238 mil toneladas, Santa Catarina e Mato Grosso do Sul, produziram 76 e 1 mil toneladas, respectivamente.

De acordo com o Portal para Acesso às Estatísticas de Comércio Exterior, COMEX STAT (2021), um dos entraves para a exportação deste produto, se deve as barreiras não tarifárias, mais especificamente em relação a regulamento técnico, pois alguns países não reconhecem a erva-mate, como produto orgânico devido ao seu carácter extrativista. Outra questão é a regulamentação europeia de controles de

inseticidas/contaminantes, que estabelece um limite para alguns contaminantes encontrados em pequena escala no produto.

Um dos problemas relacionados à compra de produtos industrializados principalmente chás, é não saber a procedência do produto. Scucato (1998), afirma que o grande problema da erva-mate é em relação a pureza, pois o consumidor pode estar adquirido um produto adulterado pela mistura intencional ou não de outras espécies do mesmo gênero, sendo que algumas são prejudiciais à saúde e podem causar diarreia, distúrbios gástricos e hemólise no sangue. Ou ainda, o consumidor pode ser lesado por adquirir um produto com uma porcentagem de folhas inferior ao descrito na embalagem.

Dessa maneira, para atender tanto a demanda do mercado interno como externo, a erva-mate deve obedecer algumas legislações. Quando destinada ao mercado interno, deve apresentar na embalagem a identificação do fabricante, o número do registro no Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e a menção do nome, tipo e padrão do produto. No entanto, quando o destino for para exportação, deve obedecer além da legislação nacional, aquela, relativa as relações comerciais internacionais do país em questão (BRASIL, 1992).

Com o foco em estabelecer qualidade ao produto, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), determina níveis máximos e mínimos de contaminantes que um produto deve conter para o consumo humano, “Devem estar em consonância com os níveis toleráveis nas matérias-primas empregadas, estabelecidos em legislação específica” (BRASIL, 2002). Portanto, para que um produto possa ser seguro, deve atender as quantidades exigidas pela legislação, devido a possíveis contaminações por elementos tóxicos e outros resíduos, uma vez que, as infusões em sua maioria têm a capacidade de extrair componentes minerais solúveis em água, principalmente elementos tóxicos.

Sendo assim, a aplicabilidade dos parâmetros analíticos na erva-mate é importante para que o consumidor conheça o que está consumindo no seu cotidiano, sendo possível uma adequação à norma de rotulagem. A presença de elementos contaminantes tais como, Alumínio (Al), Cádmiio (Cd) e Chumbo (Pb) em diversas infusões ocorre, geralmente, devido a solos contaminados por meio de fertilizantes ou por águas poluídas pela ação industrial ou de mineração. Além disso, a contaminação pode ocorrer durante a etapa de processamento dos chás, quando as espécies

vegetais ficam em contato com os utensílios industriais, ou ainda via teores naturais de solos associados a pH baixo (HAN et al., 2005). Porém, pouco se sabe sobre a contaminação química de chás de ervas, principalmente sobre elementos tóxicos. Quanto ao chimarrão, sabe-se que o mesmo tem fins terapêuticos e nutricionais, no entanto, seu uso contínuo pode levar à inquietação (MOHAMED et al., 2003).

Portanto, considerando a importância econômica social e cultural da erva-mate no estado do RS e tendo em vista que a erva-mate tradicional não possui tabela nutricional, este estudo teve como objetivo geral analisar amostras de erva-mate produzidas no RS através análise física e físico-químicas, bem como, a determinação de nutrientes e de metais contaminantes. Tendo como objetivos específicos realizar caracterização físico-química de amostras de erva-mate; quantificar os nutrientes na bebida tipo infusão, determinar a concentração de possíveis metais contaminantes Cádmio (Cd); Chumbo (Pb) e Alumínio (Al) nas amostras, certificando que os valores encontrados estão em baixas concentrações conforme legislação vigente.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será apresentado o referencial teórico, o qual está dividido em subcapítulos, sendo que o primeiro trata sobre a erva-mate, onde é descrito suas características. O segundo descreve a sua ocorrência no Brasil, especificamente, nos estados do sul. Posteriormente, o terceiro subcapítulo relata a sua importância econômica, social e cultural, na sequência o processamento e beneficiamento, seus efeitos benéficos e maléficos e, por fim, serão abordados metais pesados.

### 2.1 ERVA-MATE

A erva-mate é uma planta nativa do Brasil, Argentina e Paraguai, é do gênero *Ilex*, pertencente à família Aquifoliácea; esta família é composta por cerca de 600 espécies, destas 220 são nativas da América do Sul e 68 ocorrem no território brasileiro. Das folhas são extraídos vários produtos utilizados na indústria química, e de alimentos, farmacêutica, cosméticos, além de ser consumida “praticamente” *in natura* como chá, chimarrão e tererê (CENTENARO et. al., 2020).

Segundo a Associação de Preservação do Meio Ambiente e da Vida (APREMAVI, 2010), a erva-mate, conhecida cientificamente por *Ilex paraguariensis*, é uma planta que pode atingir mais de oito metros de altura. O caule é curto e cinza, e suas folhas, ovais e coriáceas. O fruto é pequeno e pode ser verde ou vermelho-arroxeadado.

A extração e o cultivo da erva-mate é uma tradição antiga, sendo os índios Guaranis e Quínchua, que habitavam a região das bacias dos rios Paraná, Paraguai e Uruguai, os primeiros a utilizarem a planta na forma de uma infusão de folhas (APREMAVI, 2010).

No Brasil, segundo a Embrapa Florestas (2019), a erva-mate ocorre naturalmente em uma área de aproximadamente 540.000 km<sup>2</sup> abrangendo os estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, extremo Sul de São Paulo e do Mato Grosso do Sul. A espécie ocorre em altitudes que variam de 500 a 1.500 m de altitude, onde as temperaturas médias anuais variam de 15 °C a 18 °C e as geadas são frequentes ou pouco frequentes, dependendo da altitude.

Em relação aos solos para o plantio da erva-mate, são considerados aptos, aqueles que apresentam textura argilosa, com boa profundidade e drenagem

adequada. Naturalmente, a espécie ocorre em solos de baixa fertilidade, com altos teores de alumínio e pH baixo (MEDRADO et al., 2000). Por esta razão, se desenvolve bem nessas condições, desde que a umidade e os teores de macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio) sejam altos no solo (WENDLING; SANTIN, 2015). No entanto, para um melhor desenvolvimento da planta, a adubação do solo para o cultivo de erva-mate corrige a deficiência nutricional do mesmo, promovendo um maior valor nutricional para a planta. Para a produção em larga escala, onde a atividade tem o cunho comercial, com colheitas e comercialização de matéria-prima, independentemente de ser manejada de forma convencional ou orgânica, um solo adubado tem uma maior produtividade de planta e folhas do que um solo sem correção (CENTENARO et al., 2020).

De acordo com o Atlas Socioeconômico do Estado do Rio grande do Sul (2022), o estado é responsável por 44% da produção de folha verde de erva-mate, com uma média de 226.986 toneladas/ano no período de 2018-2020 (Figura 1). Em seguida, vem o Paraná com 202.673, Santa Catarina com 88.847 e, por último, Mato Grosso do Sul com 1.412 toneladas/ano.

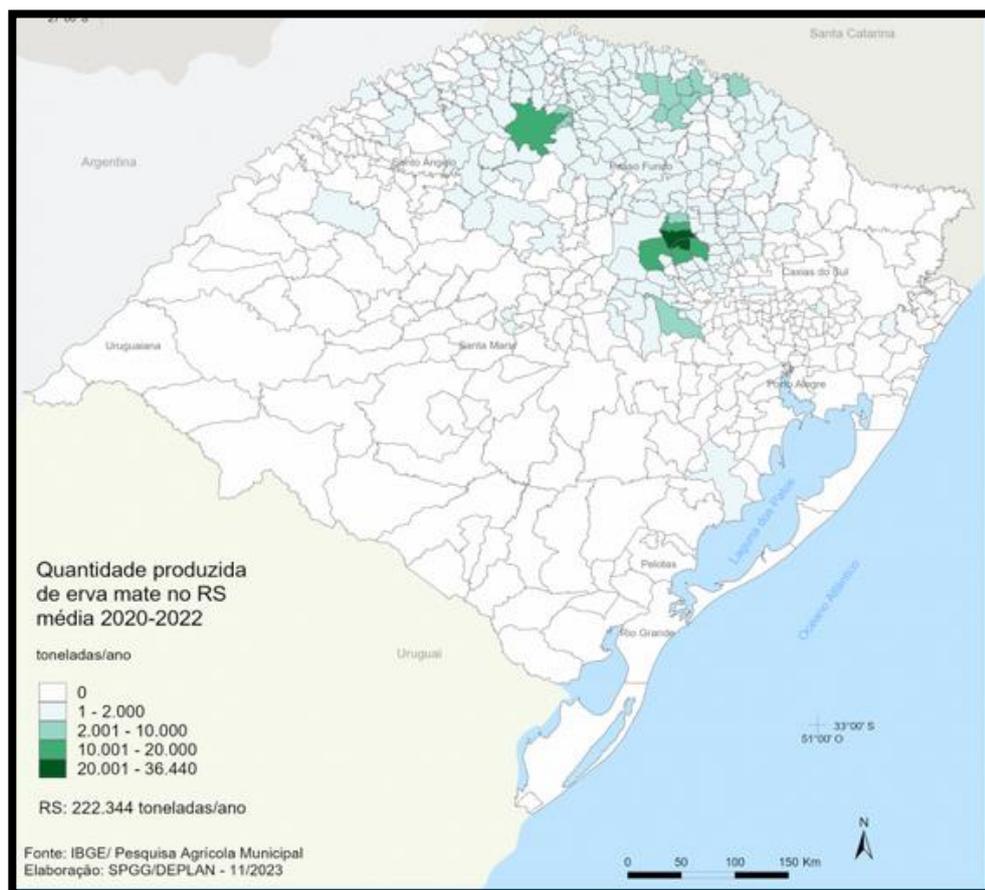
Figura 1- Mapa da produção de erva no Brasil.



Fonte: IBGE, (2023).

Ainda, de acordo com o Atlas Socioeconômico do Estado do Rio Grande do Sul (2022), no triênio 2018-2020, os municípios com as maiores produções estão localizados no Norte do Estado Gaúcho, sendo eles: Ilópolis com 31.500 toneladas/ano, Arvorezinha com 30.350 e Palmeira das Missões com 20.067 (Figura 2).

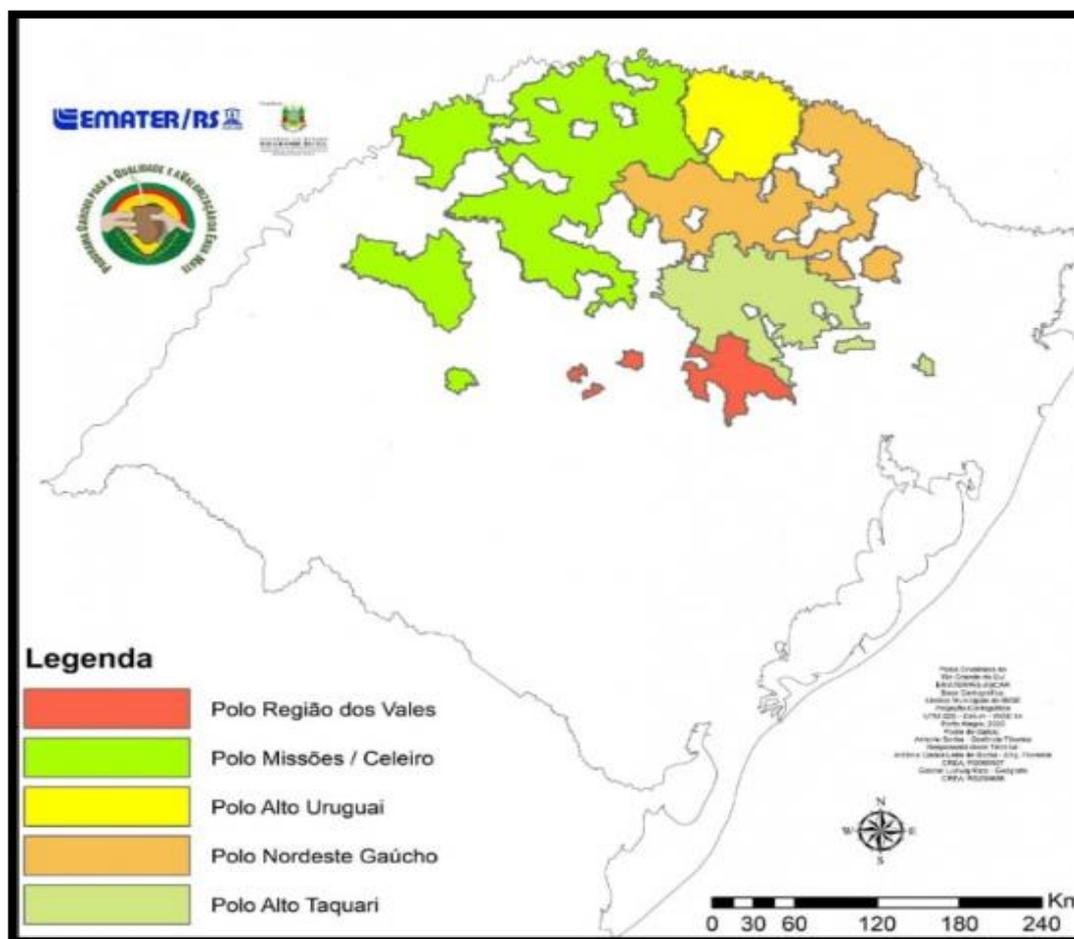
Figura 2 - Mapa de produção de erva-mate no Rio Grande do Sul.



Fonte: IBGE, (2023).

Em 2020, foi divulgado o novo mapa da erva-mate no Rio Grande do Sul pela Secretaria da Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação. Após três anos de pesquisa para chegar a esse modelo atual do setor ervateiro, foram feitos ajustes necessários em função das mudanças aos longos dos anos e, além disso, atualização de dados obtidos por parte da Emater/RS-Ascar. Dessa forma, a nova configuração conta com cinco polos ervateiros com 206 municípios e estão identificados: Missões/Celeiro, com sede em Palmeira das Missões; Alto Uruguai, sede em Erechim; Noroeste Gaúcho, em Machadinho; Alto Taquari, com sua sede em Ilópolis e Região dos Vales, com sede em Venâncio Aires (Figura 3) (EMATER. 2016).

Figura 3 – Mapa da nova configuração dos polos ervateiros do Rio Grande do Sul



Fonte: EMATER, (2016).

Portanto, a finalidade da nova configuração dos polos se deve a uma melhor organização e planejamento estratégico das ações, além de viabilizar eficiência na gestão do setor, bem como posicionar e melhorar caracterizar as grandes regiões produtoras do Rio grande do Sul.

## 2.2 IMPORTÂNCIA CULTURAL, SOCIAL E ECONÔMICA DA ERVA-MATE

Segundo Boguszewski (2007), o contato direto dos espanhóis com os Guaranis e outros povos que habitavam a região do Guaíra, o uso desta bebida se tornou constante para os índios e denominara-a de Caá-i (água de erva), pois era feita com as folhas da árvore Caá. A bebida se tornou ainda mais difundida com as missões

jesuíticas (1610-1768), que ocuparam a maior parte do território natural da erva-mate e aperfeiçoaram o cultivo da planta, incentivando o comércio e a exportação, conseguindo das autoridades espanholas o monopólio para produção da erva.

Nas suas pregações, os jesuítas observavam que os índios tinham o hábito de alimentarem-se de uma bebida feita das folhas de uma planta-arbórea – a *Ilex paraguariensis*, a popular erva-mate. Em um primeiro momento, os jesuítas a classificaram como a “erva do diabo”, pois perceberam que a bebida desta planta os deixava irrequietos, muito dispostos e sexualmente mais ativos. No entanto, de nada adiantou proibir seu uso, castigar seus consumidores e excomungar seus adeptos e, então, passaram a estudá-la, reproduzi-la, melhorando a forma de consumi-la. Suas propriedades milagrosas singraram os mares e espalharam-se pela Europa, como “chá dos jesuítas”, por mais de século e meio (1670-1768), no qual os padres mantiveram o comércio de seus produtos na forma de chás e chimarrão (SINDIMATE RS, 2010).

A prática do uso do chimarrão, tem algumas particularidades e rituais, ele geralmente é servido em rodas de mate, que envolve uma troca de sociabilidade, momentos de partilhas, confraternização, momentos em que as pessoas contam casos, riem, falam e gesticulam (DURAYSKI, 2013).

A erva-mate já foi chamada de “Ouro Verde”, pelo seu papel sócio econômico historicamente. Ela tem sido fundamental para a economia de muitos municípios do Sul do Brasil e, atualmente, é o principal produto não madeireiro do agronegócio florestal na região. O setor ervateiro, que já teve um ciclo econômico exponencial, passou por um longo período de estagnação, com conseqüente queda nos investimentos e no desenvolvimento de tecnologias. Atualmente, embora sem retomar as dimensões do passado áureo, o mercado ervateiro vem mostrando reação positiva e a descoberta do potencial da erva-mate pelo mercado internacional se mostra uma oportunidade de desenvolvimento (EMBRAPA, 2019).

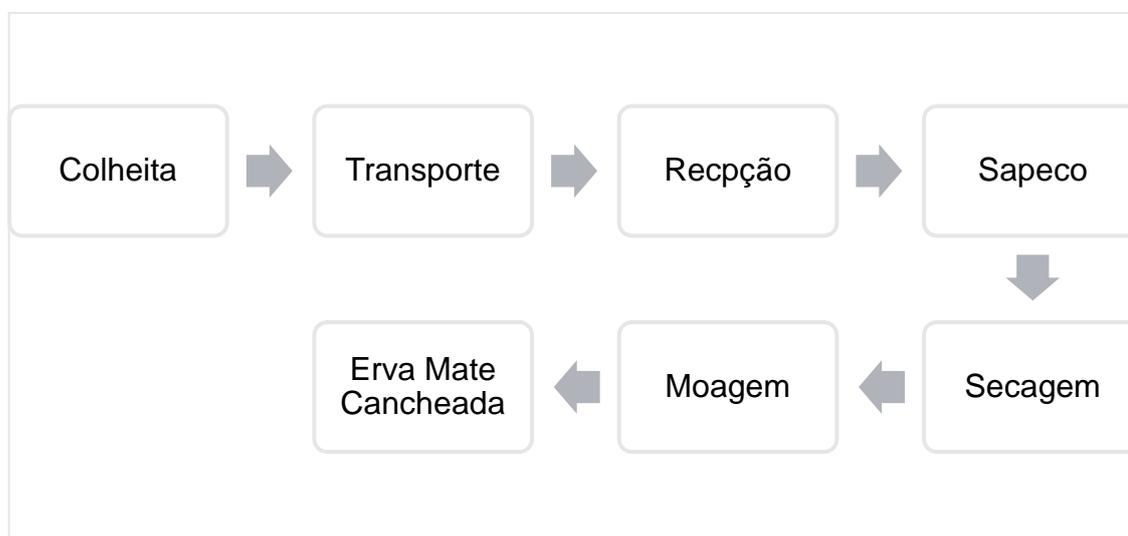
### 2.3 PROCESSAMENTO E BENEFICIAMENTO DA ERVA-MATE

O processo e o beneficiamento da erva-mate são etapas que transformam a folha colhida em um produto pronto para o consumo. Este processo ao longo dos anos tem sofrido poucas mudanças, ou seja, muito pouco foi alterado tanto do ponto de vista do processo como do tecnológico.

A colheita da erva-mate é realizada de variadas formas, dependendo do grau de conhecimento do produtor, da condição financeira e da efetividade da assistência técnica, podendo ser mecanizada ou manual. Aliado a estes fatores, hábitos antigos ou tabus também diferenciam as técnicas de corte. No entanto, recomenda-se que esta operação, seja realizada a partir do terceiro ano após a implantação dos ervais, sendo a colheita de ramos enfolhados para a elaboração da erva cancheada ou fragmentada (DANIEL, 2009).

O processamento da erva-mate para chimarrão consiste basicamente de três etapas: sapeco, secagem e cancheamento (Figura 5). O sapeco é realizado junto ao fogo direto e consiste na passagem rápida dos ramos com folhas sobre as chamas do sapecador. O processo pode ser manual, quando realizado por pequenos agricultores, ou mecânico, composto de um cilindro metálico, perfurado e inclinado através do qual a erva colhida passa recebendo as chamas. Este processo tem o objetivo de retirar a umidade superficial e inativação de enzimas (peroxidase e polifenoloxidase) que causam a oxidação do produto, ou seja, causam o escurecimento das folhas (JACQUES, 2005). Esta operação tem por finalidade evitar o escurecimento das folhas após a secagem, o que fatalmente ocorre quando esta é feita naturalmente. Esta operação deve ser realizada no mesmo dia do corte para se evitar a perda de qualidade do produto. Com o calor, as folhas perdem aproximadamente 20% da umidade e fixam a coloração verde-dourada, característica das boas ervas (DANIEL, 2009). A erva-mate entra no sapecador à temperatura é de 400°C e sai à 65°C (ESMELINDRO et al., 2002).

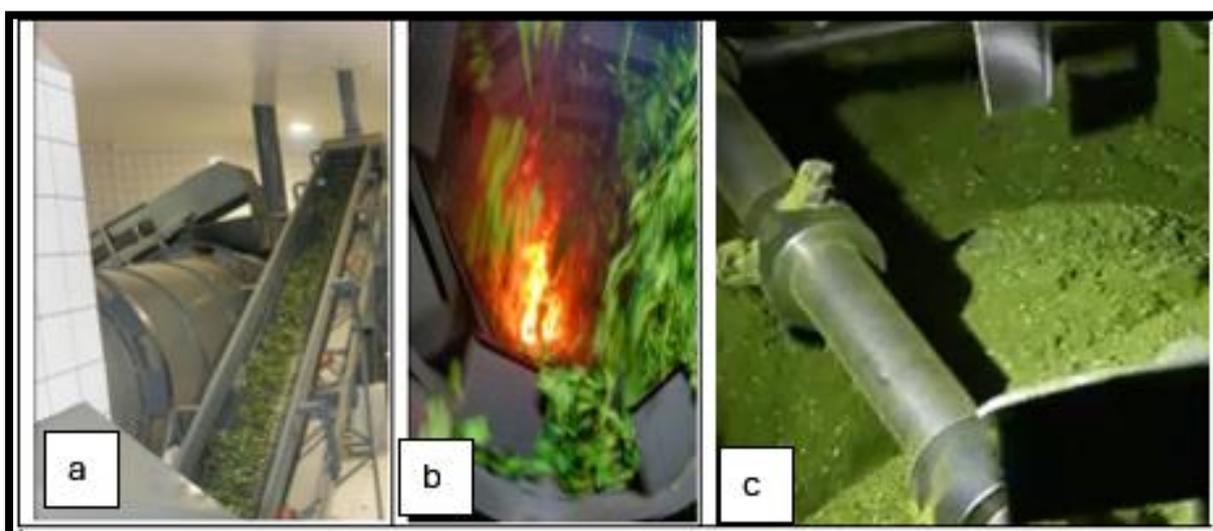
Figura 4 - Fluxograma do processamento da Erva-Mate



Fonte: Autor (2024).

A etapa de secagem pode ser realizada com dois tipos de secadores mecânicos, rotativos ou de esteira (Figura 5). Segundo Esmelindro et al., (2002), a principal diferença entre os dois secadores está relacionada com o contato da matéria prima com a fumaça durante o processo de secagem. No primeiro o contato com a erva é direto, no segundo é indireto. O sistema mecânico rotativo é o mais empregado no Brasil, em função da sua facilidade de implementação, de menor risco de incêndios e conforto para os trabalhadores. No entanto, se o manejo do sistema não for adequadamente rigoroso, o produto resultante pode conter fiapos, em função da necessidade de fragmentação antes da secagem final, ou ficar pouco desidratado, devido à regulagem inadequada do equipamento. Produto nestas condições não é aceito pelos intermediários, indústrias ou consumidor final (DANIEL, 2009).

Figura 5 – Secador mecânico, sapeco e cancheamento



Legenda: (a) secador rotativo; (b) sapeco; (c) cancheamento/moagem.  
Fonte: Autor (2024).

O cancheamento, é realizado em uma espécie de plataforma circular assoalhada possuindo ou não furos. É feito peneiramento do produto, logo após cancheamento, obtendo dessa maneira, a erva cancheada. A erva cancheada pode passar por operações de retificação da secagem, limpeza, trituração e separação de frações por meio de peneiras. Dessa forma, o ciclo de beneficiamento da erva-mate consiste nas etapas: de moagem, mistura, trituração e por fim o peneiramento (MACCARI JR, 2005).

Outro equipamento utilizado para a moagem da erva-mate e menos moderno, porém, ainda muito utilizado pelos menores produtores que fabricam em suas residências é o chamado soque, que basicamente é um conjunto de pilões para socar

a erva, até atingir o ponto exigido ideal, um produto bastante fino, que é comercializado mais na condição de fragmentado do que moído (DANIEL, 2009).

## 2.4 ERVA MATE E A SAÚDE HUMANA

As plantas contêm em seu tecido vegetais micro e macronutrientes que são essenciais tanto para as plantas, quanto para a saúde humana (PACHECO; e SGARBIERI, 2001). Portanto, conhecer a composição dos nutrientes das plantas seja para fins alimentícios ou medicinais tem sido de grande importância para os pesquisadores (ALMEIDA, 2002), pois o uso de plantas para o tratamento, cura e prevenção de doenças se destaca desde as antigas práticas da medicina popular.

Neste sentido, a erva-mate e seus benefícios à saúde humana vêm sendo estudados, principalmente devido à sua composição química, pois possui compostos com propriedades fitoquímicas que são importantes ao organismo (HENRIQUE et al., 2014). Segundo Mejia et al. (2005), a folha da erva-mate possui também aminoácidos essenciais, vitaminas E, C e do complexo B, além de minerais como cálcio, potássio, magnésio e manganês.

Atualmente, a tabela de valores nutricionais em produtos erva-mate, não é obrigatória, ficando de forma opcional à indústria colocar nos rótulos de seus produtos. De acordo com a Instrução Normativa (IN) N° 75, de 8 de outubro de 2020, a tabela de informação nutricional é voluntária desde que atendidos os requisitos estabelecidos na resolução – RDC N°429, de 2020 (BRASIL, 2020).

Kawakami e Kovayashi (1991), revelaram mais de 250 compostos possíveis extraídos da erva-mate verde e tostada. Para Henrique et al., (2014), a erva-mate tem popularmente alguns benefícios, podendo destacar dois para a saúde humana, como estimulante e antioxidante. Esse, pode ser devido a composição química sofrer influência com as propriedades fotoquímicas em nosso organismo. É importante analisar estes compostos e associar diretamente a composição da erva-mate, a qual varia conforme sua localização geográfica de cultivo, tipo de solo, fertilizantes utilizados, água, processo industrial, condições de estocagem e armazenamento, além, do modo de preparo do chimarrão (PEDROSO GL et al., 2010; GIULIAN,2007).

Ainda sobre esses compostos, o Ca é um elemento importante para os mamíferos, pois é um componente dos ossos e dentes, ou seja, proporciona fortalecimento dos ossos, o previne cáries de dentes, reduz a pressão arterial e a

gordura corporal. Assim, como o cálcio, o fósforo ajuda a manter o pH normal no corpo, gera e utiliza energia. Além do cálcio e do fósforo, o magnésio também é importante para o desenvolvimento ósseo, utilizado na síntese de proteínas, no transporte de energia e ajuda no bom funcionamento celular (DORS, 2017). Segundo Silva et al. (2015), a baixa ingestão de cálcio ao longo da vida desempenha um papel no desenvolvimento da osteoporose. Segundo Kjellström (2019), a deficiência de cálcio no organismo é conhecida como a hipocalcemia. Esse estado desenvolve inúmeros sintomas, como hiperexcitação nervosa, com a elevação da permeabilização dos íons sódios pelos neurônios. A causa disso é o aumento na contração dos músculos. Já de acordo com Copês, Zorzo e Premaor (2013), o excesso de cálcio no corpo é chamado de hipercalcemia, que tem consequências opostas à da hipocalcemia, havendo a diminuição no mecanismo do sistema nervoso, causando perda de apetite e constipação intestinal.

Outro fator importante em relação a contaminação de chás e erva-mate é a presença de elementos tóxicos à saúde como o Al, Cd e Pb. A presença de elementos tóxicos pode ter sua origem de diferentes formas de contaminação como: composição mineral da planta, composição natural do solo ou por fertilizantes, pela água de esgotos poluídos pela ação industrial ou de mineração, ou pelo ar atmosférico. Também pode ocorrer a contaminação durante a etapa de processamento desses produtos quando as espécies vegetais ficam em contato com os utensílios industriais (HAN et al., 2005; ERNST, 2002, KARA, 2009).

## 2.5 METAIS PRESENTES NA ERVA-MATE

Os metais contaminantes, quando presentes na erva mate, podem provocar malefícios a saúde, quando são encontrados em elevadas concentrações.

O Pb, metal tóxico que pode estar presente na erva-mate, é o mais abundante e antigo na crosta terrestre (VALKO et al, 2005). Seus efeitos no organismo já são conhecidos desde que o homem aprendeu a trabalhar com este metal. Hipócrates (600 A.C.) e foi o primeiro a observar os fatores de sua intoxicação a seu fator casual. Gilfillian em seus estudos atribuiu a decadência do Império Romano, devido ao uso de condimentos manipulados em vasilhames de chumbo (HU, 2000). Nos dias atuais, a exposição ao chumbo no ambiente natural e profissional continua sendo um problema de saúde pública grave (WHO, 1995).

Este elemento acumula-se nos ossos, sangue e tecidos moles devido à sua semelhança entre as propriedades dos compostos de chumbo e cálcio. Por deslocar o cálcio dos ossos, causando processos degenerativos como a osteoporose, a qual pode ser observada após uma exposição prolongada (ALEXANDER et al., 1998). Como é lentamente eliminado, ele pode afetar rins, fígado, sistema nervoso e outros órgãos (BRESSLER et al., 1999).

Outros malefícios causados pelo chumbo devido a exposição excessiva são: anemia, doença renal, distúrbios na reprodução e danos neurológicos como convulsões, retardo mental e distúrbios do comportamento: dificuldade para se concentrar, irritação e esquecimento (BELLINGER; NEEDLEMAN, 1992). Além disso, causa encefalopatia, distúrbios comportamentais e toxicidade para o sistema reprodutivo (PAGLIUCA; MUFTI, 1990). Ainda que em doses mais baixas, o chumbo produz alterações no desenvolvimento cognitivo das crianças, provocando danos ao sistema nervoso central, atraso no crescimento e deficiência de aprendizado escolar (BELLINGER; NEEDLEMAN, 1992).

O cádmio também pode ser encontrado na erva-mate. Este elemento é encontrado na crosta da Terra e é amplamente espalhado pela atividade humana, atividades vulcânicas e erosão. Um metal potencialmente tóxico que não possui nenhuma função biológica essencial. No entanto, a produção industrial, rejeitos não-ferrosos e artigos que contêm cádmio contribuem significativamente para a poluição ambiental (WHO, 1992).

Embora tenha ocorrido uma redução significativa da exposição ao cádmio nos últimos 15 anos, estudos tem mostrado que a quantidade deste metal no ambiente ainda se encontra elevada (RUBIO et al., 2006). Tem um período de meia-vida excepcionalmente longo (25–30 anos em humanos). Por isso, deve-se ter cuidado ao manusear este metal, pois o mesmo pode acumular no corpo com o passar do tempo, aumentando a concentração com a idade (SATARUG et al., 2003). Alguns problemas como enfisema e carcinogenicidade são algumas adversidade que poderão ocorrer quando fumaça de cádmio for inalada (uma caixa de cigarro contém entre 2 e 4 mg de Cd) (VALVERDA et al., 2001).

Estudos têm mostrado que a presença deste metal no corpo ciliar e na retina apresentam concentrações maiores que aquelas encontradas no sangue ou nos fluidos dos olhos, podendo vir a ocasionar a degeneração da retina (HAHN et al., 2003). Garcia et al. (2022) em seu estudo, determinaram a quantidades de metais em

alimentos vegetais irrigados. Para isso, foram analisadas 12 amostras de vegetais: batata inglesa, alface olho d'água, alface cachado, alface crespo, cebolinha, quiabo, tomate, inhame, macaxeira, alho, amendoim e cheiro verde. De acordo com os autores não foram encontrados níveis de metais superiores aos teores máximos permitidos pela ANVISA. No entanto, ao empregar a Análise de Componente Principal/Análise de agrupamento hierárquico (ACP/HCA), a qual promoveu a separação das hortaliças de acordo com o seu tipo, mostrou-se que há uma predominância na concentração de metais nas hortaliças de raízes.

O alumínio (Al) é um metal que está presente em grandes quantidades na crosta terrestre podendo ser encontrado em solos, vegetais, na água e em diversos produtos industrializados, que vão desde cosméticos até aditivos alimentares (TAPS, 2006). O alumínio é considerado um elemento tóxico para a maioria das plantas (FOY et al., 1978). No entanto, a ocorrência natural da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) se dá em solos com baixo pH e elevados teores de alumínio (CARVALHO, 2003). Nestas condições, o Al torna-se altamente disponível para as plantas. Os sintomas característicos da toxicidade de Al são percebidos pela inibição do crescimento das raízes (SIVAGURU; HORST, 1998; TABUCHI; MATSUMOTO, 2001). O consumo diário de alumínio por humanos varia de 3 a 10 mg por pessoa. Apesar de não ser considerado um metal pesado foi constatado, atividade tóxica deste elemento quando em altas concentrações, o que pode acarretar sérios danos à saúde.

A toxicidade do Al pode provocar cólicas e distúrbios gastrintestinais até fibralgias e cansaço crônico (ALERTA MÉDICO, 2005). Níveis tóxicos de alumínio encontrados em tecidos cerebrais estão sendo, possivelmente, relacionados ao Mal de Alzheimer, patologia que provoca progressiva deterioração das funções cerebrais, como perda de memória, linguagem e capacidade do indivíduo de cuidar de si mesmo (ALZHEIMERMED, 2006). Entretanto, essa relação não foi comprovada cientificamente.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 MATÉRIA-PRIMA**

As amostras de erva-mate foram selecionadas de acordo com os polos ervateiros do Estado do Rio Grande do Sul, e adquiridas aleatoriamente em diferentes supermercados da cidade de Cruz Alta-RS observando-as cidades de origem do produto. No total foram adquiridas oito amostras do tipo nativa e sem açúcar e suas análises foram realizadas no laboratório da Mondial laboratório de produtos químicos LTDA, nesta mesma cidade.

#### **3.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAIS**

##### **3.2.1 Preparo das amostras**

Para a avaliação da caracterização da erva-mate tipo chimarrão, sem adição de açúcar, foram selecionadas oito amostras comerciais, as amostras foram obtidas dos seguintes polos produtores, garantido representatividade geográfica: Alto Taquari 2 amostras, Alto Uruguai 2 amostras, Planalto/Missões 2 amostras, Vale do Taquari 1 amostra e Polo Nordeste 1 amostra. A seleção foi realizada de forma a evitar a repetição de lotes e cidades, garantindo assim a diversidade das amostras. Importante notar que o valor de prateleira dos produtos não foi considerado para esta análise, focando exclusivamente na caracterização da erva-mate.

Cada amostras recebeu um código: Amostra 1 (A1), Amostra 2 (A2), Amostra 3 (A3), Amostra 4 (A4), Amostra 5 (A5), Amostra 6 (A6), Amostra 7 (A7), Amostra 8 (A8).

Para as análises de pH, nitrogênio, proteínas, cinzas, umidade e granulometria foram utilizadas matéria seca de cada amostra. Para as demais análises, as amostras foram submetidas à infusão em água quente, simulando a forma de como é feita o chimarrão. Em um erlenmeyer de 250 mL foram pesados 10g de erva-mate e adicionados para 100 mL de água deionizada a 70 °C, mantendo-se a erva em contato com a água até esfriar. Após resfriamento, as amostras foram filtradas em papel filtro qualitativo Mylabor, até atingir um volume de 10 mL em um tubo Falcon de 15 mL, obtendo assim, um extrato para determinação das leituras no ICP-OES.

## **3.2.2 Análises das amostras**

### *3.2.2.1 Determinação do teor de cinzas*

O teor de cinzas foi determinado conforme método pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008) por gravimetria, após desidratação a 105 °C em estufa e, na sequência levada a mufla a temperatura de 550 °C.

### *3.2.2.2 Determinação do potencial de hidrogênio (pH)*

A análise de pH foi realizada conforme descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Para tal, foram pesadas 10 g de amostra e dissolvidas em 100 mL de água deionizada, agitando-se manualmente. Na sequência, procedeu-se a leitura direta no potenciômetro digital de bancada (Hanna Edge Hi2002), previamente calibrado com as soluções tampão pH 4,00, 7,00 e 10,0.

### *3.2.2.3 Granulometria*

Pesou-se aproximadamente 100 g de cada amostra e foram tamisadas através de orifícios em peneiras n°10 (ABNT, Tyler, 2mm de diâmetro), n°14 (ABNT, Tyler, 1,40mm de diâmetro), n°18 (ABNT, Tyler, 1,00mm de diâmetro), n°35 (ABNT, Tyler, 500mm, de diâmetro), n°50 (ABNT, Tyler, 300 mm de diâmetro) e, o fundo das peneiras, para homogeneização da granulometria.

### *3.2.2.4 Umidade*

A determinação da umidade foi realizada em estufa a 105° C até o peso constante da amostra (IAL, 2008).

### *3.2.2.5 Determinação espectrofotométrica de emissão óptica*

A determinação de macro e micronutrientes, foi realizada na forma de infusão, de acordo com Heirichs e Malavolta (2001), através da alíquota de 10 g de amostra em um erlenmeyer de 250 mL, adicionando-se 100 mL de água de osmose 70 °C.

Para a determinação quantitativa dos elementos: P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn, Al, Cd, Na, foi utilizado o espectromerofotômetro de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP-OES) da Perkin Elmer, modelo AVIO 500, com autoamostrador modelo S10.

#### 3.2.2.6 *Determinação de nitrogênio total*

A determinação de nitrogênio total (N) foi realizada via digestão sulfúrica e posterior destilação em destilador de arraste de vapor pelo método de Kjeldhal, seguindo a recomendação AOAC International pública métodos oficiais de análise, incluindo o método de Kjeldahl para determinação de nitrogênio. A versão mais recente pode ser consultada na publicação "Official Methods of Analysis of AOAC International". Para tal determinação foi utilizado o destilador de nitrogênio da marca Tecnal, modelo TE-0364.

#### 3.2.2.7 *Determinação de proteínas*

A proteína foi obtida pela determinação da porcentagem de nitrogênio total da amostra, realizada pelo método micro Kjeldahl. O resultado foi multiplicado pelo fator de conversão geral 6,25.

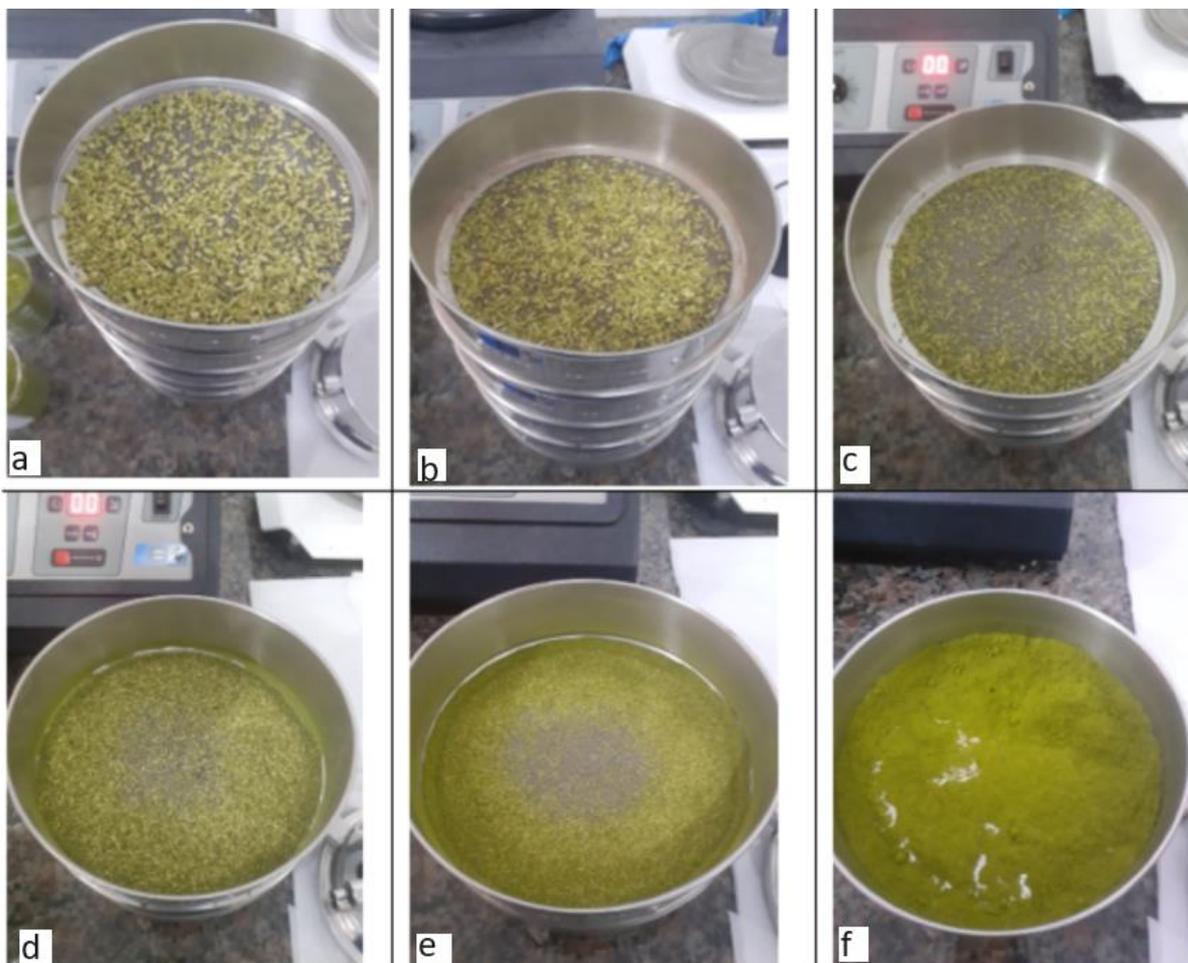
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados das propriedades físicas, físico-químicas e análises de macro e micronutrientes das amostras de erva-mate.

### 4.1 PROPRIEDADES FÍSICA E FÍSICO-QUÍMICAS

As amostras de erva-mate foram submetidas a análise física de granulometria em peneiras de diferentes diâmetros. A figura 6 mostra a análise de uma das amostras.

Figura 6 – Peneiras utilizadas na análise gravimétrica



Legenda: (a) peneira 9 mesh; (b) peneira 12 mesh; (c) peneira 16 mesh; (d) peneira 32 mesh; (e) peneira 48 mesh; e (f) fundo das peneiras.

Fonte: Autor (2024).

Na Tabela 1 estão os dados das análises de granulometria das amostras de erva-mate realizada em peneiras de 9 a 48 mesh. A análise de granulometria é o processo utilizado para a determinação da porcentagem em peso que cada faixa especificada de tamanho de partículas representa na massa total analisada. Dessa forma, os resultados das análises gravimétricas apresentaram valores que variam de 45,64% a 56,72% para amostras que passaram pela peneira de 300mm (mais fina) e 10,83 % a 15,94 % para amostras analisadas na peneira de 9 mesh (peneira grossa). Esses valores encontrados estão de acordo com a Portaria Nº 118 de 12 de novembro de 1992 – IBAMA, para a classificação de folhas 70% no mínimo e palitos 30% no máximo para erva-mate tipo cancheada. Além disso, observa-se que as porcentagens nas peneiras de 12 e 16 mesh foram as que retiveram menor quantidade de matéria, portanto é possível inferir que as amostras possuem maior quantidade de folhas do que palitos.

Tabela – 1 Análise física granulometria de erva-mate

Peneiras Mesh	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08
	% Retido em cada peneira							
Fundo	50,38	50,59	56,72	51,67	45,64	46,05	49,39	53,97
48	12,72	10,99	13,67	15,87	12,91	17,27	13,53	10,51
32	13,30	12,13	9,40	11,99	15,43	14,65	10,14	8,39
16	4,52	4,89	3,51	3,99	6,95	4,30	4,63	4,60
12	7,23	6,99	4,82	5,65	8,46	5,79	7,46	6,59
9	11,85	14,41	11,88	10,83	10,61	11,94	14,85	15,94

Fonte: Autor (2024).

Para a caracterização da erva-mate produzida nos diferentes polos ervateiros foram realizadas análises físico-químicas como pH, umidade, cinzas e proteínas, conforme dados demonstrados na Tabela 2.

O pH é um parâmetro que deve ser levado em conta na avaliação da qualidade da erva-mate, pois o mesmo influencia no sabor, aroma e na extração de compostos bioativos presentes. Sendo assim, os valores obtidos de pH das amostras analisadas não apresentaram diferença significativa, os quais variaram de 5,86 a 6,01. De acordo com a Instrução Normativa Nº 234 da ANVISA o pH de ideal do chimarrão varia entre 5,5 e 6,5 (BRASIL, 2010). Dessa forma, pode-se afirmar que as amostras de erva-mate estão dentro do padrão recomendado. Cabe salientar que este parâmetro é

apenas um dos fatores que influenciam no sabor e nas propriedades da bebida. No entanto, outros fatores devem ser levados em conta, tais como: a qualidade da erva, tipo de água utilizada e método de preparo. Para tanto, recomenda-se que pessoas com sensibilidade gástrica ou úlceras estomacais devem fazer uso moderado desta bebida e até mesmo consultar um médico antes de consumi-la.

Tabela -2 Análises físico-químicas das amostras de erva-mate

<b>Amostra</b>	<b>Umidade (%)</b>	<b>pH</b>	<b>Proteínas (%)</b>	<b>Cinza (%)</b>
A01	4,85±0,13 <sup>a</sup>	5,94±0,05 <sup>ab</sup>	11,56 <sup>a</sup>	6,90±0,62 <sup>a</sup>
A02	4,28±0,09 <sup>c</sup>	5,92±0,02 <sup>ab</sup>	12,80 <sup>a</sup>	5,83±0,30 <sup>a</sup>
A03	4,85±0,07 <sup>b</sup>	6,01±0,02 <sup>a</sup>	10,84 <sup>a</sup>	5,77±0,10 <sup>a</sup>
A04	5,98±0,07 <sup>a</sup>	5,91±0,01 <sup>ab</sup>	10,46 <sup>a</sup>	4,12±1,68 <sup>b</sup>
A05	4,2±0,07 <sup>c</sup>	5,98±0,01 <sup>a</sup>	11,49 <sup>a</sup>	5,50±0,01 <sup>a</sup>
A06	3,28±0,19 <sup>d</sup>	5,95±0,01 <sup>ab</sup>	11,17 <sup>a</sup>	4,84±0,75 <sup>a</sup>
A07	2,99±0,13 <sup>d</sup>	5,86±0,05 <sup>b</sup>	11,65 <sup>a</sup>	6,09±0,09 <sup>a</sup>
A08	4,44±0,05 <sup>c</sup>	5,86±0,07 <sup>b</sup>	11,45 <sup>a</sup>	4,69±1,20 <sup>a</sup>

Legenda: Letras distintas nas colunas diferem pelo teste de Tukey, a 5% de confiabilidade.  
Fonte: Autor (2024).

A análise de umidade torna-se essencial na manutenção da qualidade de um produto, pois o excesso de umidade pode acarretar degradação de constituintes químicos, além de possibilitar o crescimento de microrganismos, como fungos e bactérias (FARIAS, 2003). Na erva-mate, o teor de umidade é reduzido durante a etapa do sapeco, um tratamento térmico, que tem por objetivo reduzir a quantidade de água e também inativar enzimas, evitando o escurecimento e degradação da mesma (VALDUGA, 1995; PARANÁ, 2000). Na etapa de secagem, a erva-mate com teor de umidade próximo a 25%, desidrata até 5% e, dessa forma, aumenta a vida útil de prateleira (VALDUGA et al., 2003).

Para as amostras analisadas, observou-se que os teores de umidade variam de entre 2,996 a 5,997%, havendo diferenças significativas entre as amostras. Conforme a Portaria N°234 (BRASIL, 1998) e a Resolução N°277 (BRASIL, 2005), apenas a amostra A04 obteve um teor acima do valor recomendado de 5%. Em estudo de caracterização físico-química de amostras de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) sabor tradicional comercializadas em Dourados-MS, Renovatto e Agostini (2008),

encontraram valores entre 5,85 a 8,19% de umidade. Dessa forma, acredita-se que as amostras do presente estudo apresentaram excelentes valores. Em outro estudo, Beltrame et al. (2009) descrevem que a diferença nos percentuais de umidade, nestes casos, pode estar relacionada com as condições de estocagem, umidade do ar e processo de beneficiamento.

As determinações de teor de cinzas na matéria seca permitem determinar a quantidade de minerais provenientes do solo e presentes na erva-mate, visto que o teor de minerais não depende da época do ano, mas dos cuidados com a matéria-prima durante as operações de colheita, transporte e recepção na indústria. Com relação as análises de cinzas, os valores obtidos estão dentro da recomendação da Anvisa, cujo valor é de 7% . Além disso, observa-se teores similares entre si, não apresentando diferença significativa na maioria das amostras.

Malavolta et al. (1989) destacam que a análise de cinzas fornece indicadores sobre a nutrição mineral da planta, incluindo macronutrientes (potássio, cálcio, magnésio, fósforo e enxofre) e micronutrientes (ferro, manganês, zinco, cobre, boro e molibdênio). Neste sentido, pode-se inferir que o cultivo da erva-mate em solos com maior quantidades de minerais pode influenciar no produto final, uma vez que a planta absorve esses nutrientes do meio em que é cultivada.

Na determinação de proteínas das amostras foram obtidos valores que variaram de 10,46 a 12,80 % os quais não apresentaram diferença significativa. Amostras que apresentam baixos teores de proteínas se deve a provável desnaturação das proteínas quando a erva-mate foi submetida ao processamento industrial, pois as altas temperaturas empregadas durante o sapeco e, principalmente, a secagem do produto, fazem com que diminua a quantidade de proteína (ESMELINDRO et al., 2002).

#### 4.2 DETERMINAÇÃO DE MACRO E MICRO NUTRIENTES

A erva-mate é uma cultura que necessita da reposição nutricional para manter a produtividade (GAIAD; LOPES, 1986), devido ao fato de que tem as folhas como parte do produto final, ou seja, é uma grande exportadora de nutrientes (FOSSATI, 1997). Mesmo podendo ser produzida em solos de baixa fertilidade, a erva-mate carece de adubação externa para otimizar seu crescimento e produtividade (CARVALHO, 2003). Em resposta a essa necessidade, a comissão de química e ferti-

lidade do Solo lançou, no ano de 2004, um plano de recomendação de adubação e calagem especificamente para a erva-mate nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFSRS/SC, 2004). A adubação adequada não só melhora o desenvolvimento da planta, mas também pode impactar a qualidade dos nutrientes presentes na infusão da erva-mate. Segundo Heirichs e Malavolta (2001), elementos como potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), que estão presentes na infusão da erva-mate, são essenciais para a saúde humana. Portanto, o consumo regular de chimarrão pode contribuir significativamente para suprir essas necessidades nutricionais, refletindo a importância de práticas adequadas de adubação para garantir a qualidade nutricional da planta. Dessa forma, as amostras em estudo foram analisadas quanto ao teor de macro e micronutrientes e os dados estão descritos na tabela 3.

Tabela – 3 Análises de macronutrientes e micronutrientes.

Amostra	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
Macronutrientes						Micronutrientes						
g/Kg						mg/Kg						
A01	1,85 <sup>a</sup>	1,24 <sup>a</sup>	11,69 <sup>b</sup>	0,84 <sup>b<sup>c</sup></sup>	3,53 <sup>b</sup>	0,430 <sup>a</sup>	2,06 <sup>b</sup>	437,7 <sup>c</sup>	4,92 <sup>d</sup>	39,18 <sup>ab</sup>	16,60 <sup>f</sup>	15,08 <sup>a</sup>
A02	2,05 <sup>a</sup>	1,26 <sup>a</sup>	12,6 <sup>a</sup>	0,90 <sup>b<sup>c</sup></sup>	3,51 <sup>b</sup>	0,410 <sup>ab</sup>	2,78 <sup>a</sup>	403,7 <sup>c</sup>	11,74 <sup>b</sup>	39,29 <sup>ab</sup>	38,92 <sup>c</sup>	14,98 <sup>a</sup>
A03	1,73 <sup>a</sup>	0,91 <sup>b<sup>c</sup></sup>	10,20 <sup>c</sup>	1,10 <sup>a</sup>	4,15 <sup>a</sup>	0,385 <sup>abc</sup>	2,09 <sup>ab</sup>	956,7 <sup>a</sup>	8,65 <sup>a</sup>	39,39 <sup>ab</sup>	24,91 <sup>e</sup>	15,07 <sup>a</sup>
A04	1,67 <sup>a</sup>	1,13 <sup>ab</sup>	10,69 <sup>c</sup>	0,93 <sup>b</sup>	3,71 <sup>ab</sup>	0,382 <sup>bc</sup>	2,10 <sup>ab</sup>	840,9 <sup>b</sup>	13,26 <sup>bc</sup>	45,23 <sup>a</sup>	55,54 <sup>a</sup>	15,01 <sup>a</sup>
A05	1,84 <sup>a</sup>	0,83 <sup>c</sup>	9,22 <sup>c</sup>	1,14 <sup>a</sup>	3,93 <sup>ab</sup>	0,387 <sup>abc</sup>	1,94 <sup>b</sup>	894,2 <sup>ab</sup>	8,43 <sup>c</sup>	35,98 <sup>b</sup>	20,08 <sup>f</sup>	15,30 <sup>a</sup>
A06	1,79 <sup>a</sup>	1,11 <sup>abc</sup>	10,04 <sup>c</sup>	1,05 <sup>a</sup>	3,91 <sup>ab</sup>	0,344 <sup>c</sup>	1,53 <sup>b</sup>	804,8 <sup>b</sup>	7,50 <sup>c</sup>	34,41 <sup>b</sup>	25,24 <sup>e</sup>	15,16 <sup>a</sup>
A07	1,70 <sup>a</sup>	1,17 <sup>ab</sup>	11,60 <sup>b</sup>	0,92 <sup>b</sup>	3,64 <sup>ab</sup>	0,413 <sup>a</sup>	2,19 <sup>ab</sup>	712,0 <sup>c</sup>	12,37 <sup>ab</sup>	40,15 <sup>ab</sup>	50,44 <sup>b</sup>	14,93 <sup>a</sup>
A08	1,83 <sup>a</sup>	1,18 <sup>ab</sup>	10,63 <sup>c</sup>	0,83 <sup>c</sup>	3,85 <sup>ab</sup>	0,361 <sup>c</sup>	2,39 <sup>ab</sup>	588,0 <sup>d</sup>	11,90 <sup>ab</sup>	34,22 <sup>b</sup>	3049 <sup>c</sup>	14,98 <sup>a</sup>

Fonte: Autor (2024).

Analisando a quantidade de micronutrientes, observou-se que o manganês é o micronutriente que apresentou maior concentração na erva-mate. Este elemento é quantitativamente o mais concentrado na erva-mate, mostrando sua alta tendência à absorção vegetal, sendo encontrados na espécie, teores de  $3000 \text{ mg.kg}^{-1}$  (REISSMANN et al., 1999). Os teores de manganês na amostra A01, A02 e A07 não diferiram significativamente entre si, no entanto, as demais apresentaram diferenças significativas. Para o molibdênio não foram observadas diferenças significativas nos valores entre as amostras, o que não pode ser esperado dos demais micronutrientes.

Reissmann et al. (1983), ressaltam que altas concentrações de Mn estão de acordo com o comportamento das essências florestais e que, para a erva-mate, são comuns valores acima de  $1.000 \text{ mg/kg}$ . Além disso, sob condições de solo ácido, com alto teores de matéria orgânica e arenosos, condições características dos solos para cultivo de erva mate, a disponibilidade do Mn é alta, devido a maior disponibilidade da espécie  $\text{Mn}^{+2}$ , forma que as plantas o absorvem (PRADO, 2008), explicando os altos teores encontrados nessa cultura. Assim, sua absorção vegetal dependerá exclusivamente da capacidade de transferência do elemento na interface solo-raiz, ou seja, a capacidade de converter o Mn do solo para a forma  $\text{Mn}^{+2}$ , bem como, do conteúdo total de Mn disponível presente no solo (BOOJAR; GOODARZI, 2008).

A disponibilidade de micronutrientes, geralmente, é maior em solos ácidos do que em solos neutros ou alcalinos (MARSCHNER, 2012). Em solos ácidos (pH abaixo de 5,5), alguns micronutrientes como manganês, zinco e ferro se tornam mais disponíveis para as plantas devido ao aumento da solubilidade. Isso ocorre porque o pH ácido promove a dissolução de minerais que liberam esses micronutrientes para o solo. Sendo assim, solos ácidos geralmente contêm maiores concentrações de nutrientes disponíveis para as plantas do que solos neutros ou alcalinos (BRADY; WEIL, 2013). Portanto, "a acidez do solo aumenta a solubilidade da maioria dos nutrientes essenciais às plantas, incluindo o nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre." (HAVLIN et al., 2014). Neste estudo, observou-se que as maiores concentrações de micronutrientes nas amostras da erva-mate em infusão, em ordem crescente, foram:  $\text{Fe} < \text{Cu} < \text{Mo} < \text{B} < \text{Zn} < \text{Mn}$ .

Em relação aos macronutrientes K, Mg, Ca, P e N são essências para plantas e animais. Foram encontrados em ordem crescente de concentração os elementos:  $\text{S} < \text{Ca} < \text{P} < \text{N} < \text{Mg} < \text{K}$ . Portanto, o Potássio é o macronutriente em maior concentração,

isto pode ser explicado devido a variabilidade do teor desse mineral, a qual pode estar relacionada às condições edafoclimáticas.

Dessa forma, há uma relação inversa entre o pH e a extração dos elementos, sendo que em pH menores observa-se maiores concentrações de metais nas folhas, devido a presença de mais espécies catiônicas solúveis (MOSSION et al., 2008); temperaturas acima de 60° C podem afetar a solubilidade de Fe das folhas, devido a insolubilidade de complexos de compostos polifenólicos (TASCIOGLU; KOK, 1998).

#### 4. 3 METAIS CONTAMINANTES

Os dados das análises de alumínio, cádmio e chumbo encontram-se descritos na tabela 4. Para análise do Al, detectou-se concentrações entre 1,17 a 2,07mg/L. A partir de dados de análise estatísticas apenas as amostras A07 e A08 diferiram significativamente. Essas diferenças, se devem, possivelmente, ao cultivo da erva-mate em solos mais ácidos, pois quanto maior a concentração de Al no solo, maior é a acidez. Além disso, a presença de compostos fenólicos nas amostras favorece a solubilização do alumínio nas infusões (HEINRICH; MALAVOLTA, 2001).

Tabela – 4 Análises de metais contaminantes.

Amostra	Al	Cd	Pb
	mg.L <sup>-1</sup>		
A01	1,45 <sup>c</sup>	0,004 <sup>b</sup>	0,003
A02	1,59 <sup>bc</sup>	0,0103 <sup>a</sup>	0,002
A03	1,57 <sup>bc</sup>	0,0073 <sup>b</sup>	0,010
A04	1,66 <sup>b</sup>	0,0073 <sup>b</sup>	0,005
A05	1,71 <sup>b</sup>	0,0076 <sup>b</sup>	0,005
A06	1,60 <sup>bc</sup>	0,0063 <sup>b</sup>	0,006
A07	2,07 <sup>a</sup>	0,0086 <sup>a</sup>	0,007
A08	1,17 <sup>d</sup>	0,0063 <sup>b</sup>	0,002

Fonte: Autor (2024)

Para o elemento Pb e Cd foi necessário utilizar limite de detecção de 0,001mg.L<sup>-1</sup>. Assim, os dados obtidos para Cd e Pd variam de 0,004 a 0,0103 e 0,002 a 0,010 mg.L<sup>-1</sup> respectivamente. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), o limite máximo de Pb permitido para alimentos é de 0,01 mg/L. No entanto, na resolução N° 42 da Anvisa determina valores máximos permitidos de elementos

tóxicos como o Cd e o Pb em infusões, sendo  $0,4 \text{ mgL}^{-1}$  para Cd e  $0,6 \text{ mg L}^{-1}$  para Pb (BRASIL, 2013).

O baixo teor de Pb nas amostras analisadas se deve as regiões de cultivo de ervais afastados de grandes centros. Os teores de Cd aceitos pelas Farmacopéias Alemã e Européia para vegetais, folhas, frutos e raízes é  $0,1 \mu\text{g.L}^{-1}$ . A contaminação por Cd pode ocorrer por irrigação do solo com águas contaminadas, pelo uso de fertilizantes e herbicidas durante o plantio, das espécies de plantas e das condições climáticas. Portanto, as amostras analisadas não apresentaram limites acima do permitido pelas legislações vigentes.

## 5 CONCLUSÃO

O presente estudo realizou a caracterização física e físico-químicas e a determinação de minerais e metais pesados em amostras de erva-mate produzidas no Rio Grande do Sul. Os resultados obtidos forneceram informações interessantes em relação à composição da erva-mate.

As análises físico-químicas revelaram que as amostras de erva-mate apresentaram níveis de pH, umidade, proteínas e cinzas, dentro dos limites recomendados pela legislação.

Em relação aos macro e micronutrientes, o K e o Mn foram identificados como os elementos mais abundantes. Estes nutrientes são essenciais para a saúde humana, contribuindo para diversas funções biológicas. A presença de relevante quantidade de K pode ser atribuída às condições edafoclimáticas específicas da região de cultivo.

A avaliação dos metais contaminantes mostrou que os níveis de cádmio e chumbo estavam abaixo dos limites recomendação, indicando que os riscos de contaminação por esses metais são mínimos. As concentrações de alumínio não variaram significativamente entre as amostras, refletindo a influência de fatores como a acidez do solo e a poluição ambiental. Os resultados ressaltam a importância de práticas agrícolas sustentáveis e de políticas de controle ambiental para minimizar a exposição a metais pesados.

Portanto, este estudo contribui para o entendimento da caracterização da erva-mate produzida no Rio Grande do Sul, fornecendo dados relevantes para consumidores e produtores. Recomenda-se a realização de estudos adicionais para explorar a qualidade microbiológica, bem como, a quantificação de compostos bioativos.

## REFERÊNCIAS

- ALERTA MÉDICO. **Alumínio**. Online. Disponível em: <http://www.alertamedico.matrix.com.br/mat/aluminio.html>. Acesso em: 16 jul. 2024.
- ALEXANDER, B.H.; RABINOWITZ, M.; SMITH, D. Bone lead as a biological marker in epidemiologic studies of chronic toxicity: conceptual paradigms. **Environmental Health Perspect.** 106, p. 108, 1998.
- ALEXANDER, F. W.; BHATTACHARYA, A. K.; CUNNINGHAM, J. Lead in human tissues from the British Isles: a comparison between the current pilot survey and the 1970. *Science of the Total Environment*, v. 76, n. 3, p. 187-203, 1998.
- ALLOWAY, B. J.; AYRES, D. C. (1997). **Chemical Principles of Environmental Pollution (2nd ed.)**. Blackie Academic & Professional.
- ALMEIDA, M. M. B.; LOPES, M. F. G.; NOGUEIRA, C. M. D.; MAGALHÃES, C. E. C.; MORAIS, N. M. T. Determinação de nutrientes minerais em plantas medicinais. **Ciênc. Tecnol. Alimentos**. Campinas, v. 22, n. 1, p. 94-97, 2002.
- ALZHEIMERMED. **Informação e Solidariedade. Etiologia - Fatores de risco**. Disponível em: <http://www.alzheimermed.com.br/m3.asp?codpagina=1013>. Acesso em: 16 jul. 2024.
- BAIRD, C. **Química ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2002. p. 403-439.
- BELLINGER, D.; NEEDLEMAN, H. Neurodevelopmental effects of low-level lead exposure in children. In: NEEDLEMAN, H. (Ed.) **Human Lead Exposure**. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 191–208, 1992.
- BELTRAME, J. M.; BRITO, T. O.; COTTICA, S. M. Caracterização química e físico-química do produto erva-mate: teores de umidade, cinzas, cafeína, glicose e sacarose. In: **Seminário Internacional De Ciência, Tecnologia E Ambiente**, Cascavel. Anais... Cascavel: UNIOESTE, 2009. p.7.
- BOGUSZEWSKI, J.H. **Uma história Cultural da Erva-mate: o alimento e suas representações**. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-graduação em História da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2007.
- BONATO, C. M. et al. **Nutrição mineral de plantas**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá – UEM, 1998. 58p.
- BOOJAR, M.M.A.; GOODARZI, F. Comparative evaluation of oxidative stress status and manganese availability in plants growing on manganese mine, *Ecotoxicol. Environ. Saf.* v. 71, p. 692–699, 2008.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. **Nature and properties of soils, the: Pearson new international edition**. Pearson Higher. 2013.
- BRASIL. **Portaria nº 118 de 12 de novembro de 1992**. Regulariza a exploração e comercialização de erva-mate. Disponível em:

[http://www.mma.gov.br/estruturas/pnf/arquivos/portaria\\_normativa\\_ibama\\_118n\\_92.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/pnf/arquivos/portaria_normativa_ibama_118n_92.pdf). Acessado em: 23/05/2023.

BRASIL. **Portaria nº 519 de 26 de junho de 1998**. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Chás Plantas Destinadas à Preparação de Infusões ou Decocções. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs1/1998/prt0519\\_26\\_06\\_1998.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs1/1998/prt0519_26_06_1998.html). Acessado em: 20/09/2023.

BRASIL. **Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Portaria nº 234, de 31 de julho de 1998**. Aprova os métodos analíticos oficiais para análises microbiológicas para controle de produtos de origem animal e água. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 1 ago. 1998. Seção 1, p. 12.

BRASIL. **Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Resolução de Diretoria Colegiada. RDC n. 302 de 7 de novembro de 2002**. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/rdc0302\\_07\\_11\\_2002.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/rdc0302_07_11_2002.html). Acesso em: 10/09/2023.

BRASIL. **Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Resolução de Diretoria Colegiada. RDC n. 267 de 22 de setembro de 2005**. Aprova o “Regulamento Técnico de Espécies Vegetais para o preparo de Chás”. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>. Acesso em: 10/09/2023.

BRASIL. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 277, de 22 de setembro de 2005**. Aprova o regulamento técnico para a fixação de identidade e qualidade de conservas de pescado. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 23 set. 2005. Seção 1, p. 372.

BRASIL. **Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Resolução de Diretoria Colegiada. RDC n. 267 de 22 de setembro de 2005**. Aprova o “Regulamento Técnico de Espécies Vegetais para o preparo de Chás”. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>. Acesso em: 10/09/2023.

BRASIL. **Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Cadernos de Atenção Básica n. 20**. Brasília: Ministério da Saúde, 2007. Disponível em: <http://dab.saude.gov.br/>. Acessado em: 16/08/2023.

BRASIL, **Anvisa - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2010). Instrução Normativa Nº 234, de 4 de agosto de 2010**. Estabelece os requisitos mínimos para registro de alimentos para fins especiais.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução Normativa Nº 234, de 20 de outubro de 2010. Dispõe sobre os padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 21 out. 2010.

BRESSLER, J.; KIM, K.A.; CHAKRABORTI, C.; GOLDSTEIN, G. Mechanism of lead neurotoxicity. **Neurochemical Research**, 24, p. 595–600, 1999.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa Florestas, v. 1, 2003. 1039p.

CENTENARO, Moisés; SATTLER, Silvana Andrea; SILVEIRA, Claudia Vera da; OLIVEIRA, Helen Cristiane Caetano Ribeiro de. **Evolução da produção e tecnologias no cultivo de erva-mate: análise entre Brasil e Argentina**. Profanações, Universidade do Contestado, 2020.

CONNELL, D.W. **Basic concepts of environmental chemistry**. Boca Raton: CRC Press, 1997.

COPÊS, RAFAELA MARTINEZ; ZORZO, Pietra; PREMAOR, MELISSA ORLANDIN. **Hipercalcemia: avaliação e princípios do tratamento**. Rev AMRIGS [Internet], v. 57, n. 4, p. 328-34, 2013.

CQFSRS/SC – Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: SBCS – Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400 p.

DANIEL, OMAR. **Erva-mate: sistema de produção e processamento industrial** / Omar Daniel. Dourados, MS: UFGD; UEMS, 2009.

DORS, PRISCILLA. **Teor de elementos em infusão de erva-mate em diferentes temperaturas**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciência Do Solo Da Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, p 89. 2017.

DURAYSKI, J. **“TOMAS UM MATE?”** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Administração da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS. São Leopoldo, RS, p. 35-56, 2013.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Estudos Agropecuários. **TTFlorestal: Transferência de Tecnologia florestal**. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/florestas/transferenciade-tecnologia/erva-mate>. Acesso em: 01 Junho. 2024.

ERNST, E. Toxic heavy metals and undeclared drugs in Asian herbal medicines. *Trends in Pharmacological Sciences*, v. 23, n. 3, p. 136-139, 2002.

Erva mate, uma arvore de tradição; 2010. disponivel em <https://apremavi.org.br/erva-mate-uma-arvore-de-tradicao/Acesso> em 21/08/2023.

ESMELINDRO, M.C.; TONIAZZO, G.; WACZUK, A.; DARIVA, C.; OLIVEIRA, D. **Caracterização físico-química da erva-mate: Influência das etapas do processamento industrial**. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 22, n. 2, p. 193-204, 2002.

FARIAS, M.R. **Avaliação da qualidade de matérias-primas vegetais**. In: Simões CMO, Schenkel EP, Gosmann G, Mello JCP, Mentz LA, Petrovick PR. (Org.) 2003. *Farmacognosia da Planta ao Medicamento*. Porto Alegre/Florianópolis: UFRGS/UFSC, p.263-288.

FOSSATI, L. C. **Avaliação do estado nutricional e da produtividade da erva-mate (*Ilex Paraguariensis* St. Hil.) em função do sítio e da dioicia.** Curitiba, 1987. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná.

FOY, C.D.; CHANEL, R.L.; WRITE, M.C. The physiology of metal toxicity in plants. **Annual Review Plant Physiology**, 29:511-566, 1978.

GAIAD, S.; LOPES, E.S. Ocorrência de micorriza vesicular-arbuscular em erva-mate (*Ilex Paraguariensis* St. Hil.). **Boletim de Pesquisa Florestal**, v. 12, p. 21-29, 1986.

GARCIA, C. A. B.; SANTOS, M. S.; BELLIN, I. C.; SANTOS, E. A. O.; COSTA, S. S. L.; GARCIA, H. L. Determinação de metais em alimentos vegetais produzidos nos perímetros irrigados Jacarecica I e Açude Macela em Sergipe. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 10, n. 2, p. 1-20, 2022.

GIULIAN R, SANTOS CE, SHUBEITA SDE M, SILVA LM, DIAS JF, YONEAMA ML. Elemental characterization of commercial mate tea leaves (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) before and after hot water infusion using ion beam techniques. **J Agric Food Chem**; 55:741-6. 2007.

GONZÁLEZIGLESIAS. **Cadmium dietary intake in the Canary Islands, Spain.** Environmental Research 100 (2006) 123–129.

**GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.** Roda de Mate Nº 82: 24 de Abril-Dia do chimarrão. 2023.

HAHN, P.; MILAM, A.H.; DUNAIEF, J.L. **Maculas affected by age-related macular degeneration contain increased chelatable iron in the retinal pigment epithelium and Bruch's membrane.** Archives of Ophthalmology, 121, p. 1099–1105, 2003.

HAN, W.Y.; SHI, Y.Z.; RUAN, J.Y. Arsenic, cadmium, chromium, cobalt and copper in different types of Chinese tea. **Bull. Environ. Contam. Toxicol.**, v. 75, p. 272-277, 2005.

HAN, X.; LI, Y.; DING, X.; WANG, Q. Heavy metal contamination and its sources in vegetable fields of Shanghai, China. *Journal of Environmental Sciences*, v. 17, n. 4, p. 675-680, 2005.

HAVLIN, J. L., TISDALE, S. L., NELSON, W. L., & BEATON, J. D. (2014). **Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management (8th ed.).** Pearson.

HEIRICHS, R.; MALAVOLTA, E. Composição mineral do produto comercial de erva-mate. **Ciência Rural**, v. 31, n. 5, p. 781-785, Santa Maria, RS, 2001.

HENRIQUE, F.A.; CANTERI, M.H.G.; AYALA, L.A.C.; KOVALESKI, J.L. Análise de mercado da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) no Brasil. Anais. **Congresso Brasileiro de Engenharia e Produção**, Ponta Grossa, PR, 2014.

HU, H. **Exposure to metals**. *Primare Care*, 2, p. 983–996, 2000.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - INYM- Instituto Nacional do Mate, 2019 - Centro Yerbateiro del Paraguay, 2019. Acesso em: 23/05/2023.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Dados estatísticos erva-mate*. Sindicato da Indústria do Mate no Estado do Rio Grande do Sul – SINDIMATE'RS. 2019. Disponível em: <http://sindimate-rs.com.br/pagina.php?cont=estatisticas.php&sel=9>. Acesso em: 10 set. 2023.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

JACQUES, A.R. **Caracterização Química da Erva Mate (*Ilex paraguariensis*): Aplicação de diferentes processos de extração e influência das condições de plantio sobre a composição química**. Tese de Doutorado do Programa de Pós-graduação em Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS.

KARA, Y. Evaluation of trace metal concentrations in some herbs and herbal teas by principal component analysis. *Food Chemistry*, v. 114, n. 1, p. 347-354, 2009.

KAWAKAMI, M.; KOBAYASHI, A.J. Determination of chlorogenic acid in coffee beans and extracts by high-performance liquid chromatography. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 39, p. 1275-1279, 1991.

KJELLSTRÖM, T. Effects on bone, on vitamin D, and calcium metabolism. In: *Cadmium and health: a toxicological and epidemiological appraisal*. **CRC Press**, 2019. p. 111-158.

MACCARI JUNIOR, A. **Análise do pré-processamento da erva-mate para chimarrão**. 2005. 215p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade de Campinas, Campinas, 2005.

**MAGNUS (1994)**: MAGNUS, B. (1994). Lead: Its Effects on Environment and Health. **Environmental Science Journal**, 15(3), 123-145.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos, 1989. 201 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas**. Piracicaba, POTAFOS, 1989. 201p.

MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3rd. ed. London: Elsevier, 2012. 651 p.

MEDRADO, M. J. S.; LOURENÇO, R. S.; RODIGHERI, H. R.; DEDECEK, R. A.; PHILIPOVSKI, J. F.; CORREA, G. Implantação de ervais. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 26 p. (Embrapa Florestas. Circular técnica, 41).

MEJIA, E. G.; RAMIREZ-MARES, M. V.; PUANGPRAPHANT, S. Bioactive components of tea: Cancer, inflammation and behavior. **Health benefits of tea**, 2005. p. 61-89.

MEJIA, E.G.; RAMIRES-MARES, M.V.; SONG, Y.S. et al. Effect of yerba (*Ilex paraguariensis*) tea on topoisomerase inhibition and oral carcinoma cell proliferation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Kansas, v. 53, n. 6, p. 1966-1973, 2005.

MOHAMED,A.E; RASHED,M.N; MOFTY,A. Assessment of essential and toxic elements in some kinds of vegetables. *Ecotoxicol. Environ. Safety*. v55, p.251-260, 2003.

MOSSION, A., POTIN-GAUTIER, M., DELERUE, S., LE HÉCHO, I., & BEHRA, P. (2008). Effect of pH and organic matter content of soil on the extent of trace metal transfer from soil to lettuce. **Journal of Environmental Pollution**, 152(1), 98-103.

PACHECO, M. T.; SGARBIERI, V. C. Alimentos Funcionais: conceituação e importância na saúde humana. **Anais do 1º Simpósio Brasileiro sobre os Benefícios da Soja para a Saúde Humana**, 2001.

PAGLIUCA, A.; MUFTI, G. J. Lead poisoning: an age-old problem. *British Journal of Hospital Medicine*, v. 43, n. 4, p. 338-339, 1990.

PARANÁ. Câmara Setorial da Cadeia Produtiva da Erva-Mate. **Produtos alternativos e desenvolvimento da tecnologia industrial na cadeia produtiva da erva-mate**. Série PADCT III, n. 1. Curitiba, 2000.

PEDROSO GL;MENDES R.H;PERSH K;JAHN M.P;KUCHARSKI LC. **Efeito do Extrato Aquoso de *Ilex paraguariensis* Sobre o Metabolismo de Ratos Machos**. *Rev. HCPA*, v, 30 p.241-246. 2010.

Portal para acesso gratuito às estatísticas de comércio exterior do Brasil, 2017. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>. Acesso em 24.05.23.

PRADO, R. M. **Nutrição de Plantas**. São Paulo: Unesp, 2008. 384 p.

REISSMANN, C.B. et al. Bio-elementos em folhas e hastes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill) sobre cambissolos na região de Mandirituba-Pr. **Revista Floresta**, v. 16, n.2., p. 49-54, 1983.

RENOVATTO, Y. P.; AGOSTINI, J. Qualidade microbiológica e físico-química de amostras de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) comercializadas em Dourados, MS. **Interbio**, Dourados, v. 2, n. 2, p. 12-20, 2008.

RIO GRANDE DO SUL. Atlas socioeconômico - Erva-Mate.7ªed. Disponível em: [Erva-mate - Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul \(atlassocioeconomico.rs.gov.br\)](http://atlassocioeconomico.rs.gov.br). Acessado em 11/06/2024.

RUBIO, C.; A. HARDISSON, J.I. REGUERA, C. REVERT, M.A. LAFUENTE, T. GONZÁLEZIGLESIAS. Cadmium dietary intake in the Canary Islands, Spain. **Environmental Research** 100 (2006) 123–129.

SAIDELLES, A.P.F. et al. Análise de metais em amostras comerciais de erva-mate do Brasil. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, v.21, n.2, p.259-265, 2010. Disponível em: <http://servbib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/996/a12v21n2.pdf>. Acessado em 14/02/2024.

Sanitary situation in Parana during the period of 1991 to 1996. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos* 16.2 (1998).

SATARUG S, BAKER JR, URBENJAPOL S. **A global perspective on cadmium pollution and toxicity in non-occupationally exposed population**. *Toxicology Letters* 137 (2003) 65– 83.

SCUCATO, ELIANA DA SILVA. "YERBA MATE (*Ilex paraguariensis*, St. Hil): SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA, PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL E IRRIGAÇÃO. Secretaria e Emater apresentam novo mapa da erva-mate no Rio Grande do Sul. Disponível em: [Erva-mate - Portal Embrapa](#). Acesso em: 19/03/2024.

SILVA, MARIANA SCICIA GABRIEL DA. **Adsorção de cádmio e chumbo em solução aquosa por lama vermelha natural e com diferentes ativações**. 2015. 79 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia, 2015.

SINDIMATE RS - Sindicato da Indústria do Mate no Estado do Rio: "**Santa Milagrosa Erva Mate**". Disponível em: <http://www.sindimaters.com.br/pagina.php?cont=sindimate.php&sel=2>. Acesso em: Julho de 2024.

SIVAGURU, M.& HORST, W.J. The distal part of the transition zone is the most aluminium-sensitive apical root zone of maize. **Plant Physiology**, 116:155-163, 1998.

TABUCHI, A.; MATSUMOTO, H. Changes in cell-wall properties of wheat (*Triticum aestivum*) roots during aluminum-induced growth inhibition. **Physiologia Plantarum**, 112:353-358, 2001.

TAN (2000): TAN, K. H. (2000). *Environmental Soil Science* (2nd ed.). CRC Press.

TASCIOGLU, S.; KOK, A. Effects of drying and storage on the quality of red pepper (*Capsicum annuum* L.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 76, p. 91-98, 1998.

TEMAS ATUAIS NA PROMOÇÃO DA SAÚDE (TAPS). **Os perigos do alumínio**. Disponível em: <<http://www.taps.org.br/Paginas/meiopoquim06.html>>. Acesso em: 04 jul. 2024.

VALDUGA, A. T.; FINZER, J. R. D.; MOSELE, S. H. **Processamento de erva-mate**. Erechim: Edifapes, 2003. 184 p.

VALDUGA, E. **Caracterização química e anatômica da folha de Ilex paraguariensis St. Hill e de algumas espécies utilizadas na adulteração do mate**. 1995. 97 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.

VALKO, M.; MORRIS, H.; CRONIN, M. T. D. Metals, toxicity and oxidative stress. *Current Medicinal Chemistry*, v. 12, n. 10, p. 1161-1208, 2005.

VALVERDA, M., TRIJO, C., RAJOO, E., 2001. Is the capacity of lead acetate and cadmium chloride to induce genotoxic damage due to direct DNA metal interaction. **Mutagenesis** 16 (2001) 265–270.

WENDLING, I.; SANTIN, D. Propagação e nutrição de erva-mate. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 195 p.

WHO. Human. Exposure to Cadmium. **World Health Organization**, Geneva, 1992. Disponível em: [http://www.euro.who.int/document/aig/6\\_3cadmium.pdf](http://www.euro.who.int/document/aig/6_3cadmium.pdf).

WHO. Human. Exposure to Lead. **World Health Organization**, Geneva, 1995. Disponível em: [http://www.euro.who.int/document/aig/6\\_7lead.pdf](http://www.euro.who.int/document/aig/6_7lead.pdf).