

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE – UNICENTRO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA – PPGQ  
CURSO DE DOUTORADO EM QUÍMICA  
ASSOCIAÇÃO AMPLA UEL/UEPG/UNICENTRO

MARIANE BUTIK

**BIOACESSIBILIDADE DE ELEMENTOS METÁLICOS E COMPOSTOS  
FENÓLICOS EM CHÁS DE *Miconia albicans* E DE *Senna alexandrina***

GUARAPUAVA  
2023

MARIANE BUTIK

**BIOACESSIBILIDADE DE ELEMENTOS METÁLICOS E COMPOSTOS  
FENÓLICOS EM CHÁS DE *Miconia albicans* E DE *Senna alexandrina***

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química da UNICENTRO, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Química - Associação Ampla UEL/UEPG/UNICENTRO, para a obtenção do título de Doutorado. Área de concentração: Química Analítica.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sueli Pércio Quináia

Co-orientadora: Dr<sup>a</sup>. Camila Kulek de Andrade

GUARAPUAVA

2023

Catálogo na Publicação  
Rede de Bibliotecas da Unicentro

B984b Butik, Mariane  
Bioacessibilidade de elementos metálicos e compostos fenólicos em chás de *Miconia albicans* e de *Senna alexandrina* / Mariane Butik. – – Guarapuava, 2023.  
x, 81 f. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste em Associação Ampla com UEL/UEPG, Programa de Pós-Graduação em Química. Área de concentração: Química Analítica, 2023.

Orientadora: Sueli Pércio Quináia  
Coorientadora: Camila Kulek de Andrade  
Banca Examinadora: Maria Lurdes Felsner, Emanueli do Nascimento da Silva, Ana Rita de Araújo Nogueira, Vanderlei Aparecido de Lima

Bibliografia

1. Chá. 2. Metais. 3. Bioacessibilidade. 4. Absorção atômica. 5. Compostos orgânicos. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação Química.


| CDD 543

**Mariane Butik**


BIOACCESSIBILIDADE DE ELEMENTOS METÁLICOS E COMPOSTOS  
FENÓLICOS EM CHÁS DE *Miconia albicans* E DE *Senna alexandrina*

Tese apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Química, para a obtenção do título de Doutor.


Aprovado em 16 de fevereiro de 2023.

Documento assinado digitalmente  
 MARIA LURDES FELSNER  
Data: 16/02/2023 17:53:51-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>


Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Lurdes Felsner (UNICENTRO)

Documento assinado digitalmente  
 EMANUELI DO NASCIMENTO DA SILVA  
Data: 17/02/2023 09:58:18-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Emanuelli do Nascimento da Silva (UFOP)

Documento assinado digitalmente  
 ANA RITA DE ARAUJO NOGUEIRA  
Data: 16/02/2023 21:58:27-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Ana Rita de Araújo Nogueira (EMBRAPA\UFSCar)

Documento assinado digitalmente  
 VANDERLEI APARECIDO DE LIMA  
Data: 16/02/2023 18:17:14-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Vanderlei Aparecido de Lima (UTFPR)



Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Sueli Pércio Quináia (Orientadora)

GUARAPUAVA-PR

2023

## AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida, por iluminar meu caminho, me dando forças para concluir mais essa etapa.

Agradeço aos meus pais Geraldo e Célia por todo esforço, amor e carinho, sempre buscando o melhor para mim. Me incentivando e apoiando durante toda essa caminhada.

À minha irmã Viviane por ser minha amiga e companheira durante toda minha vida.

Agradeço ao meu marido Marcelo, pelo amor, companheirismo, compreensão, paciência e incentivo para concluir esse trabalho. E ao nosso bebê que agora cresce no meu ventre com saúde, o qual me dá mais forças para finalizar essa tese.

À minha orientadora Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Sueli Pércio Quináia, agradeço por toda orientação, ensinamentos e disponibilidade em auxiliar durante todo o momento da realização deste trabalho, sendo esse exemplo de pessoa e de profissional.

Agradeço minha co-orientadora Dr<sup>ª</sup>. Camila Kulek de Andrade pela amizade, conselhos, disponibilidade, orientação, incentivo e ajuda durante toda realização desse projeto.

Agradeço a Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Lurdes Felsner e a Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Emanuelli do Nascimento da Silva pelas contribuições feitas durante o exame de qualificação deste trabalho.

Agradeço a Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Ana Rita Araújo Nogueira, Prof. Dr. Vanderlei Aparecido de Lima, Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Lurdes Felsner e a Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Emanuelli do Nascimento da Silva pelas contribuições feitas durante a defesa da tese.

Aos amigos e colegas do LabGATI, pela amizade, ajuda e auxílio em todos os momentos.

Agradeço a todos os professores que fizeram parte da minha história, pelos ensinamentos, que fizeram eu chegar até aqui.

Agradeço a UNICENTRO e ao Programa de Pós-graduação em Química, pela estrutura e por proporcionar um estudo de qualidade.

O meu muito obrigado a todos, que de alguma forma contribuíram para a conclusão de mais essa etapa na minha vida!

*“É como está escrito: Coisas que os olhos não viram,  
nem os ouvidos ouviram, nem o coração humano imaginou,  
tais são os bens que Deus tem preparado para aqueles que o amam”.*  
1 Coríntios 2, 9

## RESUMO

Muitas plantas medicinais são popularmente utilizadas por apresentar benefícios à saúde. A sua utilização se dá principalmente pelo consumo de chás, onde são extraídos os compostos presentes nas plantas, beneficiando quem o consome. Entre as várias espécies de plantas utilizadas para este fim, se destaca a Canela de Velho (CV) (*Miconia albicans*) muito utilizada na medicina popular para tratamento de dores e inflamações nas articulações como artrite e artrose. Também se destaca o Sene (*Senna alexandrina*) utilizado como chá para tratamento de prisão de ventre e até para emagrecimento. No entanto, trabalhos sobre a composição química dessas espécies de plantas são escassos na literatura. Assim, este trabalho buscou determinar as concentrações de Al, Ca, Cr, Cu, Mg e Zn nessas plantas, como também as frações bioacessíveis desses elementos metálicos, utilizando ensaios *in vitro*, de simulação dos processos de digestão gastrointestinal após validação *in house* - utilizando sucos gástrico e intestinal. Para tal, foram adquiridas no comércio de Guarapuava-PR 10 amostras de CV e 9 amostras de Sene. Os teores dos nutrientes inorgânicos foram determinados por espectrometria de absorção atômica (AAS). Os teores de fenólicos e flavonoides totais e as frações bioacessíveis também foram determinadas nessas amostras utilizando espectrometria UV-Vis. Para todas as amostras de CV foram encontradas concentrações totais e bioacessíveis para os elementos metálicos Al, Ca, Cu e Mg. E para os compostos orgânicos todas as amostras apresentaram concentrações e frações bioacessíveis, sendo que para flavonoides totais as frações bioacessíveis foram em média 55 % e para os fenólicos totais de 84 %. Para todas as amostras de Sene foram quantificadas concentrações totais e bioacessíveis dos elementos metálicos Ca, Cu e Mg, sendo que em apenas uma amostra não foi determinada a concentração e bioacessibilidade de Zn, e Al não foi detectado em nenhuma amostra. E para os compostos orgânicos todas as amostras apresentaram concentrações e frações bioacessíveis, sendo que para flavonoides totais e fenólicos totais as frações bioacessíveis ficaram em torno de 88 %. Na análise de componentes principais (ACP) entre os metais e os compostos orgânicos nas amostras de CV, foi observado que para algumas amostras quanto menor a fração bioacessível dos compostos orgânicos, maior a fração dos metais. A ACP para as amostras de Sene apresenta correlação dos compostos orgânicos, Cu e Mg para algumas amostras, as quais são inversamente proporcionais com as amostras que apresentaram maiores frações bioacessíveis dos metais Ca e Zn. O consumo de chás de CV e Sene não ultrapassa a IDR dos metais estudados.

**Palavras-chave:** chá, metais, bioacessibilidade, absorção atômica, compostos orgânicos.

## ABSTRACT

Many medicinal plants are popularly used for their health benefits. Its use is mainly due to the consumption of teas, where the compounds present in plants are extracted, benefiting those who consume it. Among the various species of plants used for this purpose, Canela de Velho (CV) (*Miconia albicans*) stands out. Also noteworthy is Senna (*Senna alexandrina*) used as a tea to treat constipation and even for weight loss. However, works on the chemical composition of these plant species are scarce in the literature. Thus, this work sought to determine the concentrations of Al, Ca, Cr, Cu, Mg and Zn in these plants, as well as the bioaccessible fractions of these metallic elements, using in vitro assays, simulating gastrointestinal digestion processes after validation in house - using gastric and intestinal juices. For this purpose, 10 samples of CV and 9 samples of Sene were acquired in Guarapuava-PR. The contents of inorganic nutrients were determined by atomic absorption spectrometry (AAS). Total phenolic and flavonoid contents and bioaccessible fractions were also determined in these samples using UV-vis spectrometry. For all CV samples, total and bioaccessible concentrations were found for metallic elements Al, Ca, Cu and Mg. And for organic compounds all samples showed bioaccessible concentrations and fractions, and for total flavonoids the bioaccessible fractions were on average 55% and for total phenolics 84%. For all Sene samples, total and bioaccessible concentrations of the metallic elements Ca, Cu and Mg were quantified, and in only one sample the concentration and bioaccessibility of Zn was not determined, and Al was not detected in any sample. And for organic compounds all samples showed concentrations and bioaccessible fractions, and for total flavonoids and total phenolics the bioaccessible fractions were around 88%. In the principal component analysis (PCA) between metals and organic compounds in CV samples, it was observed that for some samples, the smaller the bioaccessible fraction of organic compounds, the greater the fraction of metals. The ACP for the Sene samples shows correlation of organic compounds, Cu and Mg for some samples, which are inversely proportional with the samples that presented higher bioaccessible fractions of Ca and Zn metals. Consumption of CV and Senna teas does not exceed the RDI of the studied metals.

**Keywords:** tea, metals, bioaccessibility, atomic absorption, organic compounds.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - (A) Imagem da planta e das folhas secas da Canela de Velho; (B) Imagem da planta e das folhas secas de Sene.....	14
<b>Figura 2</b> - Imagens das folhas, flores e frutos da Canela de Velho.....	19
<b>Figura 3</b> - Imagens de folhas e flores de Sene.....	20
<b>Figura 4</b> - Estrutura química de alguns flavonoides.....	21
<b>Figura 5</b> - Estrutura química dos ácidos hidroxibenzóicos (a) e hidroxicinâmicos (b).....	21
<b>Figura 6</b> - Estrutura química dos flavonoides.....	22
<b>Figura 7</b> - Reação do reagente Folin-Ciocalteu e os compostos fenólicos.....	23
<b>Figura 8</b> - Reação de complexação do cloreto de alumínio e os flavonoides.....	24
<b>Figura 9</b> - Imagens das amostras de Canela de Velho (CV1 a CV10) e de Sene (S1 a S9), utilizadas no trabalho.....	37
<b>Figura 10</b> - Curvas analíticas obtidas para a determinação de Al, Ca, Mg e Zn realizadas por FAAS e Cr e Cu po GFAAS.....	45
<b>Figura 11</b> - (A) Componentes principais mostrando as variáveis estudadas nas amostras de CV e Sene. (B) Componentes principais das amostras de CV e de Sene agrupadas pelas semelhanças entre os metais e atividade redutora.....	61
<b>Figura 12</b> - Curva analítica para quantificação de flavonoides em amostras de Canela de Velho e Sene.....	62
<b>Figura 13</b> - Curva analítica para quantificação de fenólicos totais em amostras de Canela de Velho e Sene.....	63
<b>Figura 14</b> - (A) Componentes principais entre as variáveis estudadas nas amostras de CV. (B) Componentes principais das amostras de CV agrupadas pelas semelhanças entre os metais e atividade redutora.....	66
<b>Figura 15</b> - (A) Componentes principais entre as variáveis estudadas nas amostras de Sene. (B) Componentes principais das amostras de Sene agrupadas pelas semelhanças entre os metais e atividade redutora.....	67

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Informação do local de origem e a forma de comercialização de cada amostra de Canela de Velho (CV1 a CV10) e de Sene (S1 a S9) adquiridas no comércio de Guarapuava – PR.....	34
<b>Tabela 2</b> - Faixas de concentração e condições de atomização para cada metal analisado na cocção de Canela de Velho e Sene.....	42
<b>Tabela 3</b> - Resultados da regressão linear para as curvas analíticas de PE E ME para Al, Ca, Cr, Cu, Mg e Zn.....	46
<b>Tabela 4</b> - Intervalo de confiança para os coeficientes angulares das curvas analíticas avaliadas para Al, Ca, Cr, Cu, Mg e Zn.....	47
<b>Tabela 5</b> - Resultados dos valores de LD e LQ ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) para o procedimento de determinação total e bioacessíveis de Al, Ca, Cr, Cu, Mg e Zn em chá de Canela de Velho e Sene.....	48
<b>Tabela 6</b> - Resultados de precisão para determinação de Al, Ca, Cr, Cu, Mg e Zn em chá de Canela de Velho e Sene.....	49
<b>Tabela 7</b> - Imagens dos testes de 1,0 g e de 2,0 g da digestão via seca da amostra de Canela de Velho e de Sene.....	50
<b>Tabela 8</b> - Teores totais e desvio padrão de Al, Ca, Cr, Cu, Mg e Zn presentes nas amostras de Canela de Velho e Sene por digestão via seca (n=3).....	51
<b>Tabela 9</b> - Resultados do <i>teste-t</i> no nível de 95 % de confiança para cocções filtradas e não filtradas.....	53
<b>Tabela 10</b> - Valores médios de umidade, as frações de massa totais dos analitos e frações bioacessíveis determinados por AAS, em chás de Canela de Velho e Sene.....	55
<b>Tabela 11</b> - Valores colorimétricos das amostras de Canela de Velho e Sene.....	60
<b>Tabela 12</b> - Teor de flavonoides e fenólicos totais em cocções de Canela de Velho e Sene e nas frações bioacessíveis.....	64

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAS	Espectrometria de Absorção Atômica, do inglês Atomic Absorption Spectrometry
A.C.	Antes de Cristo
ACP	Análise de Componentes Principais
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária.
CIE	Commission Internatinal de l'Eclairage
CV	Canela de Velho
F AAS	Espectrometria de Absorção Atômica com Chama, do inglês Flame Atomic Absorption Spectrometry
GF AAS	Espectrometria de Absorção Atômica em Forno de Grafite, do inglês Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry
HPLC	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência, do inglês High-Performance Liquid Chromatography
ICP -MS	Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado, do inglês Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry
ICP OES	Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado, do inglês Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry
IDR	Ingestão Diária Recomendada
LD	Limite de Detecção
LQ	Limite de Quantificação
ME	Meio Enzimático
PE	Padrão Externo
r	Coefficiente de Correlação
R <sup>2</sup>	Coefficiente de Determinação
rpm	rotações por minuto
RSD	Desvio Padrão Relativo
S	Sene
SD	Desvio Padrão
UV-Vis	Espectrofotometria no ultravioleta-visível

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
2.1	OBJETIVOS GERAIS.....	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
<b>3.</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>17</b>
3.1	PLANTAS MEDICINAIS.....	17
3.1.1	Canela de Velho ( <i>Miconia albicans</i> ).....	18
3.1.2	Sene ( <i>Senna alexandrina</i> ).....	19
3.2	FENÓLICOS E FLAVONOIDES.....	20
3.3	PRESENÇA DE METAIS NA ALIMENTAÇÃO.....	25
3.4	BIOACCESSIBILIDADE DE ÍONS METÁLICOS.....	28
3.5	DETERMINAÇÃO DE ELEMENTOS METÁLICOS .....	30
<b>4.</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>34</b>
4.1	INSTRUMENTOS E REAGENTES.....	34
4.2	AMOSTRAGEM.....	35
4.3	UMIDADE.....	39
4.4	COLORIMETRIA.....	40
4.5	PREPARO DAS AMOSTRAS POR DIGESTÃO VIA SECA.....	40
4.6	PREPARO DAS AMOSTRAS POR COCÇÃO.....	40
4.7	PREPARO DAS AMOSTRAS PARA DETERMINAÇÃO DA BIOACCESSIBILIDADE <i>in vitro</i> DE Al, Ca, Cr, Cu, Mg E Zn EM AMOSTRAS DE CANELA DE VELHO E SENE.....	41
4.8	DETERMINAÇÃO DOS ELEMENTOS POR F AAS E GF AAS.....	41
4.9	QUANTIFICAÇÃO DO TEOR DE FENÓLICOS TOTAIS.....	43
4.10	QUANTIFICAÇÃO DO TEOR DE FLAVONOIDES TOTAIS.....	43
4.11	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	44
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>45</b>
5.1	VALIDAÇÃO DO PROCEDIMENTO ANALÍTICO.....	45
5.2	DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE MINERAIS EM SENE E CANELA DE VELHO POR DIGESTÃO VIA SECA.....	49

5.3	DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO TOTAL E FRAÇÃO BIOACESSÍVEL NA COCÇÃO DE CHÁS DE CANELA DE VELHO E SENE.....	52
5.4	COLORIMETRIA DAS AMOSTRAS DE CANELA DE VELHO E SENE .....	60
5.5	DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO TOTAL E BIOACESSÍVEL DE FENÓLICOS E FLAVONOIDES TOTAIS NA COCÇÃO DE CANELA DE VELHO E SENE.....	61
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>68</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>70</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As plantas medicinais exercem um importante papel nos cuidados da saúde ao longo de décadas. Elas atuam fornecendo suplementos alimentares e benefícios à saúde pela medicina tradicional, por meio de chás que auxiliam no tratamento de doenças, aliviando sintomas e levando, em alguns casos, até a cura (BALBINO; DIAS, 2010; PETRONILHO et al., 2012; MALEKI; GHORBANPOUR; KARIMAN, 2017; ROOSTA; MOGHADDASI; HOSSEINI, 2017).

Segundo a ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2010), planta medicinal é toda “*espécie vegetal, cultivada ou não, utilizada com propósitos terapêuticos*”. É considerada toda planta que apresenta em sua composição substâncias ou classes de substâncias com características terapêuticas (ANVISA, 2010).

Com os vários benefícios que podem fornecer para melhorar a qualidade de vida da população, as plantas são utilizadas pela indústria farmacêutica na fabricação dos fitoterápicos, que são os medicamentos industrializados das plantas medicinais (ANVISA, 2013; ROOSTA; MOGHADDASI; HOSSEINI, 2017). Os seus óleos essenciais também são muito consumidos, por possuírem atividades antioxidantes, analgésicas e antialérgicas (AHMADI; RAHIMMALEK; ZEINALI, 2014; AMARAL et al., 2014; LUZ et al., 2014). O uso desse tipo de “medicina alternativa” pode estar relacionado a menores preços e menores efeitos colaterais destas plantas, quando comparado com drogas sintéticas (BALBINO; DIAS, 2010; PETRONILHO et al., 2012; MALEKI; GHORBANPOUR; KARIMAN, 2017; ROOSTA; MOGHADDASI; HOSSEINI, 2017). Conforme o relatório da Organização Mundial da Saúde (OMS), 80 % das pessoas buscam usar plantas medicinais como primeira forma de tratamento para suas doenças (MALEKI; GHORBANPOUR; KARIMAN, 2017).

O chá é uma das bebidas não alcoólicas mais consumidas, perdendo somente para a água (POHL et al., 2016; PELVAN; OZILGEN, 2017). A composição das plantas é muito variada. Quando folhas ou os sachês de chás são mergulhados em água quente para o preparo da bebida, diferentes substâncias orgânicas nutricionais e terapêuticas (flavonoides, polifenóis, alcaloides), compostos formadores de aroma, polícarboidratos e vitaminas, são extraídos, aumentando os benefícios das infusões (NISHIYAMA et al., 2010; POHL et al., 2016).

Elementos essenciais (Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, V e Zn) e os não essenciais também são extraídos das infusões, sendo que as frações liberadas durante o

processo de preparo dos chás pode ser parcialmente ou totalmente bioacessível e biodisponível para o organismo (POHL et al., 2016).

A bioacessibilidade está relacionada ao processo de digestão dos seres vivos, onde a fração de um nutriente ou contaminante que é liberada dos alimentos ou bebidas no trato gastrointestinal, podem ser absorvidos pelo organismo, após passarem por todas as etapas da digestão (SILVETTI et al., 2014; POHL et al., 2016; NAKATSUBO; SARKIS, 2016). Assim, a bioacessibilidade é considerada a fração de um composto que após a ingestão fica disponível para absorção intestinal, passando por todos os passos da transformação digestiva (SILVETTI et al., 2014; MELO et al., 2016).

Já a biodisponibilidade é definida como a fração de um nutriente ou contaminante liberada da matriz e efetivamente absorvida pelo organismo, sendo disponibilizada para o uso em funções fisiológicas ou armazenamento. Muitos fatores podem afetar a biodisponibilidade como por exemplo, a forma química (especificação), a complexidade e a interação dos elementos com a matriz e outros compostos presentes na dieta (BASTOS; ROGERO; ARÊAS, 2009).

Os elementos essenciais, quando não ligados com moléculas orgânicas podem ser mais biodisponíveis do que quando complexados com moléculas orgânicas pequenas ou grandes (FLATEN, 2002). Estudos indicam que a biodisponibilidade dos elementos pode ser prejudicada pelos flavonoides e polifenóis, inibindo a absorção dos elementos (MA; KIM; HAN, 2010; EGERT; RIMBACH, 2011). Portanto, esses fatores que podem inibir a absorção dos elementos metálicos, quando avaliados, explicam as variações da fração bioacessível. Assim, pode-se considerar que uma baixa bioacessibilidade resultará em uma baixa biodisponibilidade (BASTOS; ROGERO; ARÊAS, 2009).

Por isso, é de grande importância o conhecimento dos teores dos nutrientes presentes nos chás de plantas medicinais e a fração desses nutrientes que estaria disponível para absorção. Isso torna o consumo mais confiável, pois sabendo se compostos indesejáveis estarão ou não disponíveis para absorção e em quais quantidades, pode-se ter maior segurança alimentar, o que pode impactar no valor nutricional e comercial do produto de interesse (POHL et al., 2016).

Dentro de uma variedade de plantas com características medicinais, podemos destacar a *Miconia albicans* popularmente conhecida como Canela de Velho (Figura 1 (A)). Essa espécie de planta é uma espécie de arbusto medicinal da família Melastomataceae, encontrada na flora do cerrado brasileiro. Sua utilização no Brasil, na medicina tradicional, é para doenças estomacais, intestinais, dores nas articulações - como

artrite reumatoide - e outros processos inflamatórios. O amplo uso por pessoas idosas explica a origem do nome popular, Canela de Velho. As suas folhas são utilizadas no preparo de chás e pomadas, e usadas para o tratamento dessas doenças (LIMA et al., 2020; QUINTANS-JÚNIOR et al., 2020). Apesar de seu amplo uso na medicina popular, existem poucos estudos sobre sua composição química (PIERONI, et al., 2011; LIMA et al., 2020).

Outra espécie de planta que merece destaque no cenário das plantas medicinais é o *Senna alexandrina*, conhecida no Brasil como Sene (Figura 1 (B)). Pertence à família Fabaceae e compreende cerca de 250 a 300 espécies, sendo um arbusto alto, originário da Arábia. Suas folhas são utilizadas no preparo de chás que são indicados para vários tratamentos: doenças metabólicas, prisão de ventre, constipação intestinal e até para tratamentos de emagrecimento. Ela pode ser encontrada comercialmente na forma de cápsulas e em pó, além da forma *in natura* (SEVERO et al., 2013; NEVES et al., 2017; MORRIS; TONNIS; WANG, 2019). Com relação a composição química, na literatura existem poucos trabalhos que identificam a presença de compostos orgânicos, por exemplo, no Sene (NEVES et al., 2017; MORRIS; TONNIS; WANG, 2019; WANG, et al., 2019).

**Figura 1** - (A) Imagem da planta e das folhas secas da Canela de Velho; (B) Imagem da planta e das folhas secas de Sene.



Fonte: Google imagens.



Até o momento não foram encontrados trabalhos que relacionem nutrientes em plantas medicinais como a Canela de Velho e Sene, nem a bioacessibilidade de nutrientes e compostos fenólicos, nas mesmas. Considerando o grande uso destas espécies de plantas medicinais, faz-se necessário conhecer melhor a absorção dos nutrientes por essas plantas, verificar como esses nutrientes se relacionam com os compostos fenólicos, e avaliar a bioacessibilidade destes elementos metálicos presentes no processo de ingestão e digestão, contribuindo desta forma, com informações importantes para a sociedade.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVOS GERAIS

O presente trabalho teve como objetivo a determinação de Al, Ca, Cr, Cu, Mg e Zn em chás de Canela de Velho e Sene utilizando a espectrometria de absorção atômica. Buscou-se também, correlacionar a concentração dos elementos metálicos com a concentração dos compostos fenólicos presentes nas mesmas, e ainda avaliar a bioacessibilidade desses elementos metálicos e os compostos orgânicos para o organismo humano, por meio de simulações gastro-intestinais.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Coletar amostras comerciais de Canela de Velho e Sene.
- Validar a metodologia através de parâmetros como linearidade, limites de detecção e quantificação e precisão empregando ferramentas estatísticas;
- Quantificar os teores de Al, Ca, Cr, Cu, Mg e Zn em cocções de chás comerciais de Canela de Velho (*Miconia albicans*) e de Sene (*Senna alexandrina*) utilizando Espectrometria de Absorção Atômica com Atomização Eletrotérmica em Forno de Grafite (GF AAS) e em Chama (F AAS).
- Quantificar os compostos fenólicos e flavonoides presentes em cocções das plantas, utilizando espectrofotometria de absorção molecular.
- Avaliar a bioacessibilidade *in vitro* dos nutrientes e dos compostos fenólicos e flavonoides nos chás das plantas, para investigar a absorção destes pelo organismo.
- Avaliar a relação dos compostos orgânicos e os nutrientes estudados.
- Avaliar os resultados obtidos utilizando ferramentas estatísticas.
- Avaliar a contribuição nutricional dos minerais determinados nos chás de Canela de Velho e Sene, através das recomendações de ingestão diária.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 PLANTAS MEDICINAIS

A utilização de plantas medicinais é conhecida como uma das primeiras práticas medicinais da humanidade, uma prática que se tornou comum e bastante utilizada no mundo todo, seu uso só cresceu no decorrer dos anos. Existem registros dessa prática em torno de 3.000 A.C. Através de estudos, essas plantas podem contribuir para o desenvolvimento de novos medicamentos (DINIZ et al., 2013; BRASIL et al., 2019).

Historicamente, as plantas foram utilizadas como a principal fonte de alimentos, combustível e de medicamentos. E atualmente seus extratos e derivados são muito usados em uma grande quantidade de medicamentos e fitofármacos (PETRONILHO et al., 2012). O tratamento com essas plantas é uma alternativa da medicina convencional, e para tal, as partes utilizadas das plantas podem variar como: folhas, caules, raízes, flores, sementes e frutos (DINIZ et al., 2013). Apresentam grupos farmacológicos ativos que são os responsáveis para o tratamento de determinado sintoma ou doença (LEAL et al., 2013; LAZZAROTTO-FIGUEIRÓ, 2021).

O chá é uma das bebidas mais consumidas no mundo, isso se deve tanto pelo auxílio no tratamento de doenças como pelo seu agradável sabor. Seu modo de preparo pode variar, mas o mais utilizado é a infusão. A maioria dos consumidores não tem um controle sobre o preparo e consumo do chá, pois muitas vezes se faz utilização dos chás devido a indicações passadas por herança cultural (DINIZ et al., 2013).

Uma espécie pode produzir compostos químicos com propriedades como anti-inflamatórias, antibacterianas, antioxidantes, anti hiperglicêmicas, cicatrizantes e atividade cardiovascular (MARINHO et al., 2022).

Suas formulações e extratos são utilizadas no tratamento terapêutico de muitas doenças na medicina tradicional, porém, ainda não são totalmente aceitas na medicina convencional por não terem estudos científicos suficientes para comprovar sua eficácia (PETRONILHO et al., 2012).

Os chás de plantas medicinais são tradicionalmente utilizados pelas pessoas, por possuírem capacidade de aliviar os sintomas ou até de curar doenças. Muitas pessoas utilizam os chás como primeiro meio terapêutico no tratamento de doenças. As plantas medicinais apresentam menores preços e menores efeitos colaterais quando comparadas com drogas sintéticas (BALBINO; DIAS, 2010; PETRONILHO et al., 2012; DINIZ et

al., 2013; MALEKI; GHORBANPOUR; KARIMAN, 2017). Os diferentes chás geralmente apresentam antioxidantes e compostos terapêuticos que podem até prevenir doenças, aumentando assim, o consumo entre pessoas que buscam uma maior qualidade de vida, trazendo, portanto, efeitos positivos para a saúde. Sua utilização pode ser por infusão, cocção e até por extratos de óleo dessas plantas (YAMAN, 2020).

Vem crescendo o interesse em estudar e compreender a composição das ervas medicinais, pois elas são indicadas para tratamento de enfermidades. Mas há uma necessidade de cuidados com os constituintes presentes nessas plantas, porque como pode ajudar na recuperação da saúde, eles podem ser prejudiciais provocando intoxicação, dependendo da concentração, da bioacessibilidade, biodisponibilidade e se o composto é essencial para o organismo (DO AMARANTE et al., 2011; DINIZ et al., 2013).

### 3.1.1 Canela de velho (*Miconia albicans*)

*Miconia albicans* pertence à família Melastomataceae, sendo uma espécie nativa do Brasil, conhecida popularmente como Canela de Velho, flor branca ou folha branca, utilizada na medicina tradicional. O gênero *Miconia* apresenta mais de 1.000 espécies vegetais. Encontrada principalmente no cerrado brasileiro, o arbusto pode atingir até 3 m de altura e apresenta frutos pequenos de coloração rosada que se tornam verdes quando maduros (Figura 2) (ALLENSPACH; DIAS, 2012; OLIVEIRA, MOTA; AGNES, 2014; BRASIL et al., 2019, SILVA et al., 2021).

Canela de Velho é encontrada facilmente em comércios na forma bruta, caules e folhas secas, e em subprodutos como cápsulas, extratos líquidos e em pomadas. É utilizada popularmente para aliviar e tratar distúrbios digestivos, dor na coluna, artrite, artrose, dores e inflamações nas articulações por apresentar atividades analgésicas, anti-inflamatórias, antioxidantes, antitumorais e antimicrobianas. Essas atividades podem ser explicadas devido à presença de substâncias como flavonoides, ácido ursólico e ácido oleanólico (OLIVEIRA; MOTA; AGNES, 2014; BRASIL et al., 2019; SILVA et al., 2021; DA SILVA et al., 2022; IGLESIAS; FONSECA, 2022). O uso do seu caule também é indicado para tratamento de vitiligo e para aliviar a febre (DA SILVA et al., 2022).

**Figura 2** - Imagens das folhas, flores e frutos da Canela de Velho.



Fonte: (PENSE NATURAL, 2022; COISAS DA ROÇA, 2017).

Pasta et al. (2019) quantificaram B, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P e Zn no fruto da Canela de Velho e obtiveram as seguintes frações de massa: 2,80; 1140; 1,19; 5,11; 410; 120; 3,93; 240 e 7,59 mg 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente. A fração de massa para Al foi de 2,6 mg g<sup>-1</sup>. Teores de Ca, Fe, Mg e Zn presente no fruto o torna benéfico para o consumo. Porém, a Canela de Velho é uma planta que acumula alumínio, o que pode ser observado pela concentração encontrada no fruto. Portanto, deve-se ter cuidado ao consumir o fruto e estudos mais detalhados devem ser feitos.

### 3.1.2 Sene (*Senna alexandrina*)

*Senna alexandrina* pertence à família *Fabaceae*, que apresenta cerca de 350 espécies vegetais. Nativa da África e da Ásia, é um arbusto que apresenta folhas pinadas e flores amarelas (Figura 3), podendo atingir de 4 a 9 m de altura. Popularmente conhecida no Brasil como Sene. Tem sido utilizada na medicina popular por apresentar efeitos laxativos e purgativos, por conter em suas folhas e frutos, ativos da família dos glicosídeos hidroxiantracênicos (senósido A e B). Seu uso pode auxiliar até em processo de emagrecimento. É utilizado também como curativo de feridas, expectorante, combate

a flatulência e anti-inflamatório. É encontrada comercialmente em folhas secas para preparação de chá, em sachê e em cápsulas (SEVERO et al., 2013; MORRIS; TONNIS; WANG, 2019; KUMAR et al., 2022; FARID et al., 2020; ALSHEHRI et al., 2022).

**Figura 3** - Imagens de folhas e flores de Sene.



Fonte: (ZELLER, 2022).

Leal e colaboradores, (2013) determinaram teores de nutrientes em Sene utilizando a técnica de Análise de Ativação de Nêutrons. Os nutrientes que tiveram teores encontrados foram Al ( $198 \pm 7 \text{ mg kg}^{-1}$ ), Br ( $15,26 \pm 0,54 \text{ mg kg}^{-1}$ ), Cl ( $225 \pm 13 \text{ mg kg}^{-1}$ ), Co ( $0,4 \pm 0,1 \text{ mg kg}^{-1}$ ), Cr ( $5,3 \pm 0,2 \text{ mg kg}^{-1}$ ), K ( $3949 \pm 145 \text{ mg kg}^{-1}$ ), Mg ( $886 \pm 40 \text{ mg kg}^{-1}$ ), Mn ( $5,2 \pm 0,2 \text{ mg kg}^{-1}$ ), Na ( $763 \pm 27 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Resultados abaixo do limite de detecção foram observados para outros analitos avaliados, tais como As, Au, Ba, Ca, Ce, Cs, Fe, Hf, Hg, La, Rb, Sb, Sc, Se, Sm, Sr, Th, V e Zn.

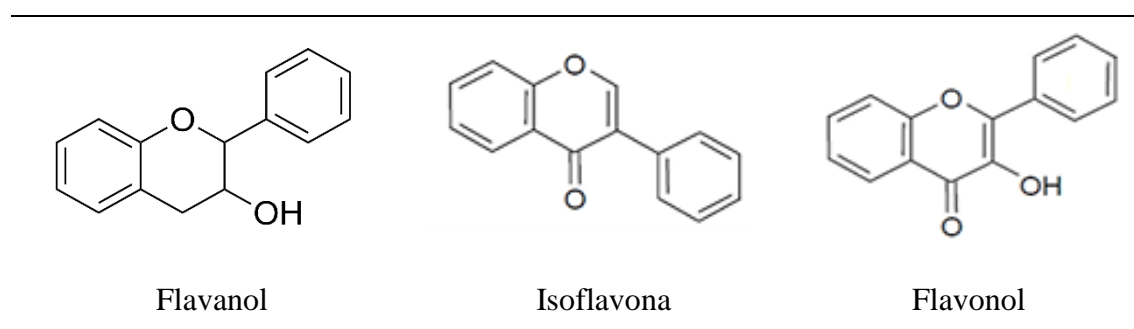
### 3.2 FENÓLICOS E FLAVONOIDES

Os compostos fenólicos se tornaram alvo de muito interesse científico por apresentarem propriedades benéficas à saúde, como antioxidantes, anti-inflamatórias e

antidepressivas que são utilizados para prevenção, tratamento de sintomas e doenças cardiovasculares, diabetes, colesterol, câncer, obesidade, infecções, auxilia na saúde do cérebro e na memória (PIERONI et al., 2011; FERRERA et al., 2016; YAMAN, 2020; ALBA; TESSARO; SOBOTTKA, 2022). Os compostos que apresentam atividades antioxidantes ajudam nas defesas do organismo, diminuindo os efeitos negativos dos radicais livres que estão ligados a muitas doenças (YAMAN, 2020).

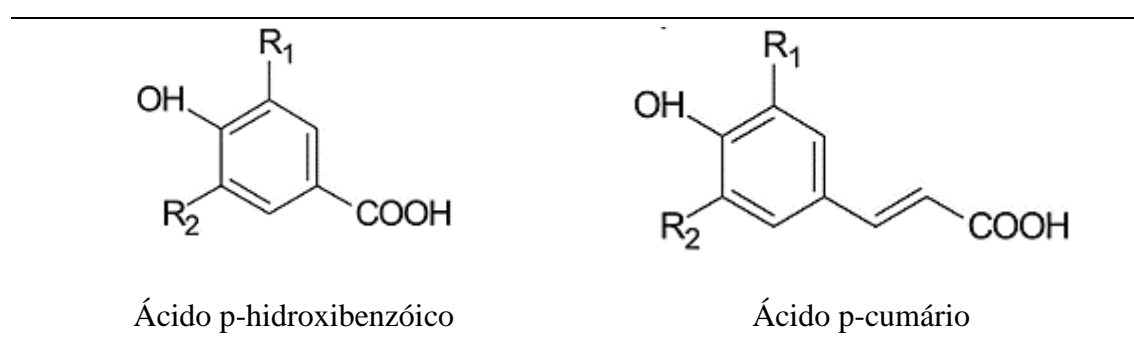
Os compostos fenólicos fazem parte de uma classe de substâncias químicas que podem ser desde estruturas simples até estruturas complexas, que apresentam pelo menos um anel aromático e uma ou mais hidroxilas (-OH) ligadas. São o principal grupo de substâncias antioxidantes de origem vegetal. Podem se dividir em dois grupos, os flavonoides (flavonóis, flavonas, flavanonas, isoflavonas, flavanóis e antocianinas) (Figura 4) e os não flavonoides (ácidos fenólicos) (Figura 5) (SILVA et al., 2010; PIERONI et al., 2011; FERRERA et al., 2016; PIRES et al., 2017).

**Figura 4** - Estrutura química de alguns flavonoides.



Fonte: BIRT; HENDRICH; WANG, 2001.

**Figura 5** - Estrutura química dos ácidos hidroxibenzoicos (a) e hidroxicinâmicos (b).



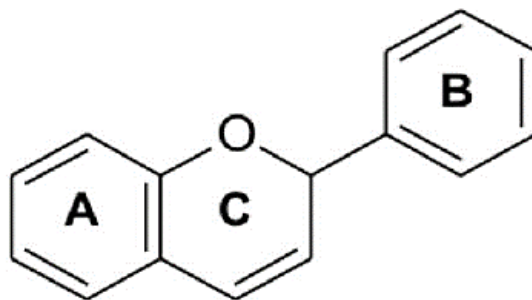
Fonte: ANGELO; JORGE, 2007.

Os flavonoides são componentes de baixo peso molecular, apresentam 15 átomos de carbono, consistindo em dois anéis aromáticos, unidos por um anel heterocíclico, como



mostra a Figura 6. Podem ser encontrados em todas as plantas, fazendo, portanto, parte da dieta humana, tendo papel importante para a saúde. Apresentam ação antioxidante, diminuindo o efeito dos radicais livres. Diminuem o risco de trombose, derrame e infarto do miocárdio nas pessoas que consomem frutas, verduras e chás (MARCUCCI et al., 2021).

**Figura 6** - Estrutura química dos flavonoides.



Fonte: ANGELO; JORGE, 2007.

Mesmo em pequenas quantidades os antioxidantes podem exercer papel de prevenir e tratar doenças causadas pelos radicais livres, os quais são associados a várias doenças como doença cardíaca, artrite, catarata, câncer, envelhecimento, disfunções cognitivas podendo ser a causa ou o fator que pode agravar a doença. Por esses motivos vem crescendo o interesse em estudar as substâncias antioxidantes como os flavonoides principalmente de origem vegetal (PIERONI et al., 2011).

A quantidade de fenólicos e outros compostos químicos presentes em cada planta depende das condições climáticas e ambientais do local de plantio, tipo de cultivo, estágio de crescimento e desenvolvimento da planta e condições de armazenamento (FERRERA et al., 2016; DIAS et al., 2020; ALBA; TESSARO; SOBOTTKA, 2022; LAZZAROTTO-FIGUEIRÓ et al., 2021).

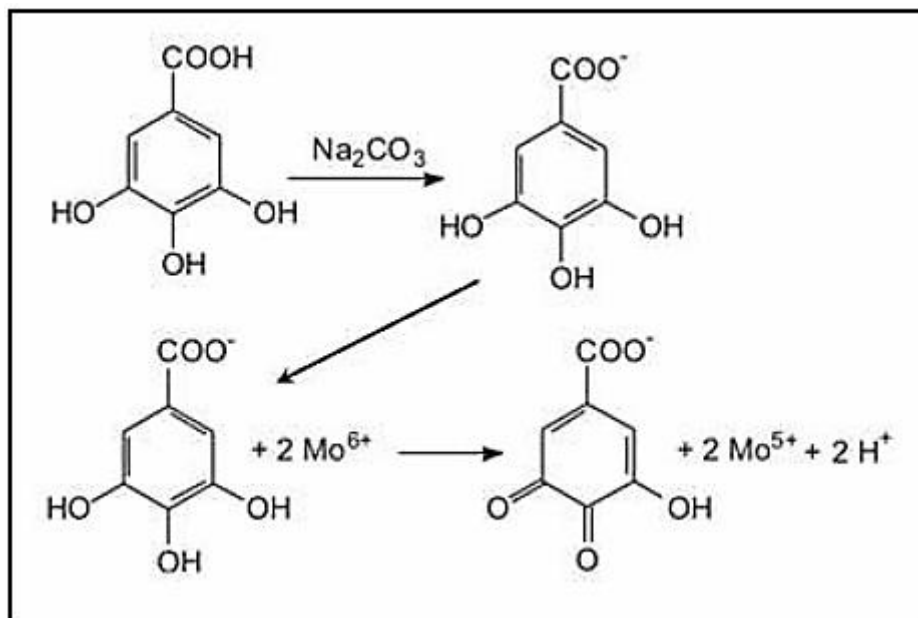
Plantas utilizadas medicinalmente ricas em polifenóis podem diminuir ou até prevenir efeitos negativos da exposição a elementos potencialmente tóxicos, por possuírem propriedades quelantes (WANG et al., 2019).

O método para quantificar os teores de fenólicos totais utilizando o reagente Folin-Ciocalteu é um método espectrofotométrico simples, mais antigo e mais utilizado. Esse reagente é formado por uma solução aquosa dos ácidos fosfomolibdico e fosfotúngstico. A reação que ocorre com o reagente Folin-Ciocalteu e as substâncias redutoras, nesse caso os compostos fenólicos, é uma reação de oxido-redução. Inicialmente o reagente tem



coloração amarela, após a reação a solução torna-se azul, sendo detectável na banda de absorção na região visível do espectrofotômetro na faixa de 760 nm (SOUSA et al., 2007; VEBER et al., 2015; PIRES et al., 2017). A reação é apresentada na Figura 7.

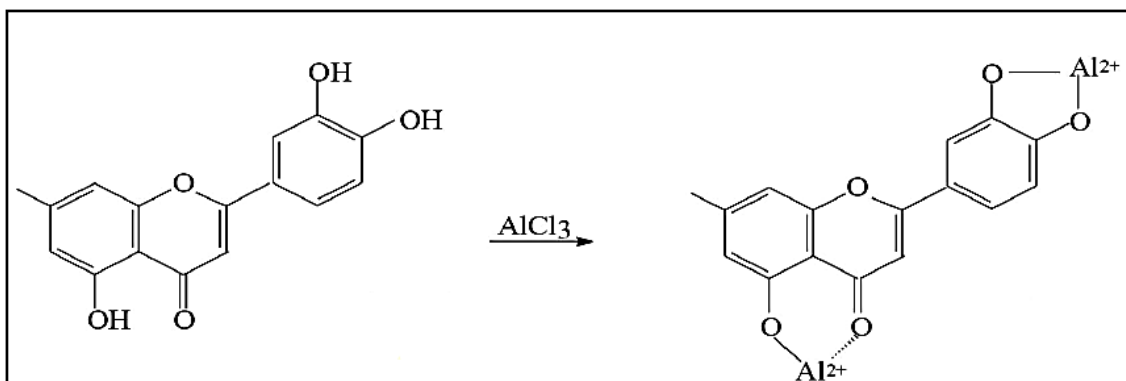
**Figura 7** - Reação do reagente Folin-Ciocalteu e os compostos fenólicos



Fonte: PIRES et al., 2017.

A técnica mais simples para a quantificação dos flavonoides totais utiliza espectrofotômetro e o reagente cloreto de alumínio ( $\text{AlCl}_3$ ). O cátion alumínio gera complexos estáveis quando entra em contato com os flavonoides, mudando a coloração da solução de amarelo claro para amarelo intenso, sendo assim possível a determinação da absorbância dos flavonoides no comprimento de onda de 425 nm (MARCUCCI et al., 2021). A reação é apresentada na Figura 8.

**Figura 8** - Reação de complexação do cloreto de alumínio e os flavonoides.



Fonte: MARCUCCI et al., 2021.

Neri et al. (2023) quantificaram flavonoides totais utilizando o reagente cloreto de alumínio na planta medicinal *Croton argyrophylloides* Muell. Arg. (Caatinga), sendo as amostras analisadas em espectrofotômetro com comprimento de onda de 420 nm. O método de extração foi em meio etanólico.

Dilkin e colaboradores (2022), determinaram as concentrações de fenólicos e flavonoides totais com os métodos de Folin-Ciocalteu e de cloreto de alumínio, respectivamente, utilizando espectrofotômetro em doze plantas consideradas daninhas para controle de fungos, utilizando o meio de extração etanólico.

Veber e colaboradores (2015), quantificaram os teores de fenólicos totais em extratos aquosos e etanólico na planta Jambolão (*Syzygium cumini* L.), utilizando um espectrofotômetro com comprimento de onda de 760 nm e o método de Folin-Ciocalteu.

Sousa et al. (2007) também determinaram os teores de fenólicos totais utilizando o método de Folin-Ciocalteu em cinco plantas medicinais (*Terminalia brasiliensis*, *Terminalia fagifolia*, *Cenostigma macrophyllum*, *Qualea grandiflora*, e *Copernicia prunifera*), no comprimento de onda de 750 nm. O método de extração foi em meio etanólico.

Um estudo realizado por Wang et al. (2019) quantificou os teores totais de fenólicos utilizando o método com Folin-Ciocalteu com comprimento de onda de 765 nm e de flavonoides com reagente cloreto de alumínio com comprimento de onda de 510 nm em Sene. Os valores foram de  $92,6 \pm 3,6$  e  $48,3 \pm 2,1$  mg g<sup>-1</sup>, respectivamente. Porém, nesse estudo o método de extração foi em meio metanólico.

Corrêa et al. (2021) determinaram os teores de fenólicos e flavonoides totais no fruto da Canela de Velho, utilizando o método com Folin-Ciocalteu com comprimento de onda de 740 nm e o reagente cloreto de alumínio com comprimento de onda de 415

nm. Os extratos utilizados para determinação dos teores foi em meio metanólico, e obtiveram  $43,68 \pm 0,50 \text{ mg g}^{-1}$  de fenólicos totais e  $111,78 \pm 3,0 \text{ mg g}^{-1}$  de flavonoides totais.

Bomfim et al. (2020) também determinaram os teores de fenólicos e flavonoides totais nas folhas de Canela de Velho, com os mesmos métodos citados anteriormente, utilizando com comprimento de onda de 620 nm e 492 nm, respectivamente. Os teores encontrados foram de  $172,19 \pm 1,95 \text{ mg g}^{-1}$  de fenólicos totais e  $72,69 \pm 0,90 \text{ mg g}^{-1}$  de flavonoides totais.

Estudos na literatura indicaram que os flavonoides e ácidos fenólicos estão presentes nas espécies de *Miconia*. Esses compostos, portanto, estão relacionados com as suas atividades farmacológicas (DA SILVA et al., 2022). As atividades antioxidantes do gênero *Senna* estão relacionadas com os compostos fenólicos e flavonoides (ALSHEHRI et al., 2022).

Fatores como a polaridade do solvente utilizado, o método de extração e o local de cultivo da planta podem também interferir no aumento ou na diminuição dos teores fenólicos e flavonoides encontrados nas plantas em diferentes estudos (BOMFIM et al., 2020; OLADEJI; ADELOWO; OLUYORI, 2021).

### 3.3 PRESENÇA DE NUTRIENTES NA ALIMENTAÇÃO

Durante o crescimento e desenvolvimento das plantas, elementos essenciais e não essenciais podem ser acumulados, provenientes do solo, pH do solo, capacidade de troca iônica, tipo, idade e variedade da planta, da atmosfera e da água. Os elementos têm funções importantes no processo metabólico das plantas e também para o corpo humano. Porém o acúmulo excessivo de elementos metálicos pode ser tóxico para a planta e posteriormente para o consumidor (LEAL et al., 2013; HAGOS; CHANDRAVANSI, 2016; LUENGO et al., 2018).

O estudo da composição dos elementos metálicos nas plantas medicinais é de grande importância, pois o consumo dos chás pode ser uma alternativa para consumo dos elementos necessários para o organismo. Os elementos essenciais estão envolvidos em várias funções no organismo humano, nas reações enzimáticas, composição óssea, estrutura de proteínas, entre outras (DINIZ et al., 2013).

Já na bioacessibilidade dos metais pode ocorrer competição entre eles, quanto maior a concentração de um determinado elemento menor poderá ser a bioacessibilidade de outro (BOSSU; MENEZES; NOGUEIRA, 2020).

Os minerais têm efeitos positivos quando ingeridos em quantidades corretas para a saúde humana e sua fonte principal de obtenção é pela alimentação. Por exemplo, o potássio (K) é um importante elemento para os fluidos celulares e corporais, ajuda a controlar a pressão arterial e a frequência cardíaca. Já o Magnésio (Mg) atua como cofator para muitas enzimas (LUENGO et al., 2018; YAMAN, 2020).

O zinco (Zn) é um elemento essencial para o organismo humano. Desempenha papel importante no sistema imunológico, atua como cofator de mais de 200 enzimas (MUNOZ et al., 2007; ALEGRÍA-TORÁN; BARBERÁ-SÁEZ; CILLA-TATAY, 2015; HAQ et al., 2021). Tem papel importante durante a fase de crescimento de crianças e adolescentes (LUENGO et al., 2018). Sua deficiência na dieta humana pode causar lentidão na cicatrização, diminuir a fertilidade, causa perda do olfato, paladar, apetite e cabelos, diminuir a imunidade deixando o organismo suscetível a infecções (DINIZ et al., 2013; HAQ et al., 2021). A ingestão diária recomendada (IDR) para Zn é de 7 mg/dia para adultos (ANVISA, 2004).

O cálcio (Ca) é um elemento essencial para o organismo humano, presente majoritariamente nos ossos e nos dentes. É fundamental para a condução nervosa, contração muscular, frequência cardíaca, coagulação sanguínea, produção de energia e manutenção do sistema imunológico. A ingestão adequada previne doenças crônicas como osteoporose, câncer, hipertensão, colesterol e outros distúrbios (PERALES et al., 2006; DINIZ et al., 2013; ALEGRÍA-TORÁN; BARBERÁ-SÁEZ; CILLA-TATAY, 2015; LUENGO et al., 2018). A ingestão diária recomendada (IDR) para Ca é de 1000 mg/dia para adultos (ANVISA, 2004).

O cobre (Cu) é um elemento essencial para o organismo humano. Apresenta função importante na síntese de enzimas responsáveis pela produção de proteínas, é necessário na síntese do tecido conjuntivo e é essencial para o transporte do ferro (DINIZ et al., 2013; SÁ et al., 2019). Porém, a toxicidade do  $\text{Cu}^{2+}$  atua no desenvolvimento da doença de Alzheimer (SÁ et al., 2019). A ingestão diária recomendada (IDR) para Cu é de 900 mg/dia para adultos (ANVISA, 2004).

O alumínio (Al) não é considerado um elemento com função biológica e seu consumo tem sido associado com alguns distúrbios (HAYACIBARA et al., 2004). A exposição excessiva a esse elemento é associada à doença de Alzheimer e outros tipos de

escleroses, pois pode se concentrar em ossos, músculos e no cérebro (DANTAS et al., 2007; FERREIRA et al., 2008). Sua dose diária aceitável é de 2 mg kg<sup>-1</sup> por peso corporal (FAO/WHO, 2014).

O magnésio (Mg) é considerado um elemento essencial. Esse metal é importante para a fixação do cálcio no organismo (LUENGO et al., 2018). Está associado em importantes funções fisiológicas, como síntese de ácidos nucléicos e proteínas, atua como cofator de várias enzimas. Sua deficiência está associada a distúrbios endócrinos, principalmente Diabetes Mellitus (AGUIAR et al., 2022). A ingestão diária recomendada (IDR) para Mg é de 260 mg/dia para adultos (ANVISA, 2005).

O cromo (Cr) é considerado um elemento essencial. Participa do metabolismo dos carboidratos, melhora a tolerância à glicose, aumentando a sensibilidade à insulina. Porém, em altas concentrações pode ser prejudicial à saúde. O Cr (VI) é o mais tóxico podendo causar alergias na pele e câncer (GOMES; ROGERO; TIRAPEGUI, 2005; SOUZA et al., 2012; FALCÃO, 2016). A deficiência de cromo pode influenciar o metabolismo de proteínas e carboidratos (VAZ et al., 2009). A ingestão diária recomendada (IDR) para cromo é de 35 µg/dia para adultos (ANVISA, 2004).

Hayacibara et al. (2004) quantificaram os teores de F e Al em amostras de chás de ervas, chá preto e chás prontos para o consumo. As concentrações de flúor e alumínio nos chás de ervas foram muito baixas, mas foram altas em chás pretos e prontos para beber, considerando que são fontes significativas e sua ingestão pode causar riscos à saúde.

Leal et al. (2013), determinaram os teores de elementos essenciais e não essenciais em 10 plantas medicinais de grande utilização no Brasil, sendo elas, o Boldo, Castanha da Índia, Chá Verde, Erva Cidreira, Espinheira Santa, Guaraná, Maracujá, Mulungu, Sene e Valeriana. Os resultados apresentaram concentrações de elementos não essenciais para o organismo humano, como o As, Au, Ba, Ce, Co, Cr, Cs, Hf, La, Rb, Sb, Sm, Sr, Th e V, com concentrações que variaram de 0,02 (Sm) a 540 (Ba) (mg kg<sup>-1</sup>). Mesmo em baixas concentrações se torna potencialmente tóxico, o que mostra a importância de avaliar as boas práticas desde o seu plantio e comercialização. Avaliar e conhecer os compostos presentes nas plantas medicinais é importante, pois a utilização em longo prazo sem um controle de qualidade pode levar danos à saúde, o que não é a finalidade.

Do Amarante e colaboradores (2011), determinaram teores de Ca, Cu, Fe, Mg, Mn e Zn em chá e em matéria seca da folha de *Montrichardia linifera*, que é uma planta aquática conhecida como aninga. Os valores de Mn encontrados no chá ultrapassaram a

ingestão diária recomendada se o consumo for superior a 1,0 L por dia. Assim, o chá dessa planta é considerado uma bebida tóxica e seu consumo não é recomendado.

### 3.4 BIOACESSIBILIDADE DE ÍONS METÁLICOS

O consumo de alimentos e bebidas fornece ao organismo diversos compostos como proteínas, carboidratos, vitaminas e espécies metálicas. Esses compostos podem ser considerados essenciais ou não para o organismo. Porém, nem todos esses compostos ingeridos ficam disponíveis para o organismo humano. Isso acontece porque no processo de digestão os compostos passam por processos de biotransformação. Primeiramente, precisam ser liberados das suas matrizes, serem solúveis no trato gastrointestinal e depois serem absorvidos para então realizar a sua ação no organismo. Essa ação pode ser essencial ou tóxica (PEIXOTO; MAZONB; CADORE, 2013).

Portanto, o conceito da bioacessibilidade refere-se a quantidade de composto, liberado de sua matriz para o trato gastrointestinal e solubilizados nos fluidos corporais durante digestão (fração bioacessível) tornando-se assim potencialmente disponível para absorção no intestino delgado (PEIXOTO; MAZONB; CADORE, 2013; DE ANDRADE et al., 2020). Já a biodisponibilidade refere-se à fração de um composto que é absorvido pelo organismo humano a partir do trato gastrointestinal, chega à corrente sanguínea e é utilizada para funções biológicas (PEIXOTO; MAZONB; CADORE, 2013, BOSSU; MENEZES; NOGUEIRA, 2020).

Estudos sobre bioacessibilidade de íons metálicos e compostos fenólicos são importantes, pois apenas a fração bioacessível poderá ser absorvida pelo organismo e assim exercer a sua função biológica, e não a concentração total desses compostos encontrada na matriz alimentar. Além disso, outros componentes presentes na matriz alimentar podem interferir na absorção das espécies de interesse (BARROS et al., 2021; DIAS et al., 2020; NARITA et al., 2022).

Os alimentos como os chás, são fontes de nutrição importantes, porém também podem ser fontes de absorção de compostos tóxicos pelo organismo (NAKATSUBO; SARKIS, 2016). Os elementos essenciais e não essenciais e compostos fenólicos podem ser liberados das mais variadas matrizes de chá por suas infusões e cocções. Portanto, uma boa porcentagem de sua concentração pode ser bioacessíveis e biodisponíveis para o organismo (POHL et al., 2016). Assim sendo, torna-se muito importante o estudo da determinação das frações bioacessíveis e biodisponíveis de compostos em alimentos e

bebidas, pois pode apresentar dados nutricionais e toxicológicos relevantes. Ainda assim, muitos estudos apresentam somente dados de determinação de teores totais, o que não é suficiente para avaliar se o organismo estará ou não absorvendo determinado composto (PEIXOTO; MAZONB; CADORE, 2013).

As determinações das frações bioacessíveis e frações biodisponíveis em alimentos e bebidas podem ser realizadas com estudos *in vivo*, com animais ou humanos, ou estudos *in vitro*, simulando um processo de digestão humana. Os estudos *in vivo* são mais caros e mais burocráticos por questões éticas (BOSSU; MENEZES; NOGUEIRA, 2020; FIORAVANTI; MORGANO, 2021). Por isso, vários métodos para avaliar frações bioacessíveis e biodisponíveis utilizam o estudo *in vitro*, pois são mais baratos, seguros, rápidos e confiáveis (PEIXOTO; MAZONB; CADORE, 2013; BOSSU; MENEZES; NOGUEIRA, 2020; STELMACH; POHL; SZYMCZYCHA-MADEJA, 2014; DIAS et al., 2020, FIORAVANTI; MORGANO, 2021; NARITA et al., 2022).

As simulações *in vitro* pode incluir etapas de digestão oral, gástrica e intestinal, permitindo obter informações de bioacessibilidade e/ou biodisponibilidade dos compostos presentes na matriz estudada (PEIXOTO; MAZONB; CADORE, 2013; DIAS et al., 2020).

Algumas condições devem ser controladas no processo *in vitro*, para que seja o mais semelhante possível do método *in vivo*, como por exemplo, o pH, temperatura, agitação, tempo de residência, composição química da matriz e quantidade das enzimas utilizadas (PEIXOTO; MAZONB; CADORE, 2013).

Alguns trabalhos utilizaram o método *in vitro*, como Stelmach, Pohl e Szymczycha-Madeja (2014), que determinaram a bioacessibilidade de Ca, Mg, Mn e Fe em infusões de café em pó. Milani e colaboradores (2020), que investigaram a bioacessibilidade de elementos metálicos em amostras de chás gelados para consumo. De Andrade e colaboradores, (2019) que verificaram a bioacessibilidade de Zn em amostras de iogurte, utilizaram o processo mais comum que é realizado em duas etapas, digestão gástrica e digestão intestinal. A primeira é iniciada pela adição de uma solução de pepsina em meio ácido na amostra a ser analisada, seguida de incubação que varia de 1 a 2h, com temperatura aproximada de 37 °C com agitação suave, simulando a digestão gástrica. Em seguida, é realizada a segunda etapa, que é a elevação do pH para 7, com uma solução de bicarbonato e posteriormente com adição de pancreatina e sais biliares, e incubadas novamente, simulando a digestão intestinal (PEIXOTO; MAZONB; CADORE, 2013; STELMACH; POHL; SZYMCZYCHA-MADEJA, 2014; DE ANDRADE et al., 2019).

A fase oral não é necessária para procedimentos que utilizam amostras de bebidas, pois a permanência na boca é muito curta (MINEKUS et al., 2014).

Na literatura são encontrados diversos trabalhos de bioacessibilidade para elementos e compostos orgânicos utilizando processo *in vitro*, com variados tipos de alimentos e bebidas, como café (SZYMCZYCHA-MADEJA; WELNA; POHL, 2015), achocolatado em pó (PEIXOTO; MAZONB; CADORE, 2013), frutas (MINGRONI et al., 2019; FERREIRA; TARLEY, 2020; XAVIER et al., 2019), pão, frutas, legumes e queijo (KHOUZAMA; POHL; LOBINSKI, 2011), farinha (FERREIRA, TARLEY, 2020), pães franceses (REBELLATO et al., 2017), suco integral (DE LIMA et al., 2014), peixe e caranguejo (MAULVAULT et al., 2011), feijão (PEREIRA et al, 2020), iogurte (DE ANDRADE et al., 2019), diferentes tipos de chás (ERDEMIR; GUCER, 2018; MILANI et al., 2020), extrato de soja e leite (BOSSU; MENEZES; NOGUEIRA, 2020).

O conhecimento das concentrações totais dos nutrientes presentes nos alimentos não é suficiente para prever se o alimento suprirá as necessidades nutricionais, sendo assim, faz-se necessário o estudo das frações que podem ser bioacessíveis e biodisponíveis pelo organismo (FIORAVANTI; MORGANO, 2021).

Os compostos fenólicos encontrados na matriz alimentar podem alterar a absorção de elementos metálicos, tornando-os indisponíveis para absorção (STELMACH; POHL; SZYMCZYCHA-MADEJA, 2014). Por apresentarem propriedades quelantes, os compostos fenólicos, podem diminuir a biodisponibilidade dos elementos potencialmente tóxicos e aumentar a eliminação desses metais (WANG et al., 2019).

Por isso destaca-se a necessidade de conhecer os compostos presentes nas plantas medicinais e a sua capacidade de serem absorvidos pelo organismo utilizando a bioacessibilidade.

Pelos dados pesquisados até o momento, não há publicações sobre a bioacessibilidade dos elementos em chás de Canela de Velho e Sene.

### 3.5 DETERMINAÇÃO DE ELEMENTOS METÁLICOS

Uma variedade de técnicas analíticas, como Espectrometria de Absorção Atômica (AAS), Espectrometria de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS), Espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES) e Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC) têm sido empregadas na avaliação e estudos de plantas medicinais com ações terapêuticas (LEAL et al., 2013).



A escolha da técnica analítica vai depender da concentração dos elementos a serem determinados e da alta detectabilidade, pois elementos químicos podem ter baixas concentrações e conseqüentemente baixas frações bioacessíveis e/ou biodisponíveis. Porém, no geral, a maioria dos estudos de determinação de elementos químicos em alimentos utilizam as técnicas de espectrometria por apresentarem características como baixo custo, robustez e boa detectabilidade (PEIXOTO; MAZONB; CADORE, 2013).

A técnica de Espectrometria de Absorção Atômica em Chama (FAAS) é muito utilizada devido a seu baixo custo, sensibilidade, simplicidade, agilidade na operação, fácil manuseio e grande número de publicações que utilizam a mesma e detecta níveis de concentração de  $\text{mg L}^{-1}$  (SÁ et al., 2019; DOS SANTOS; TARLEY; CORAZZA, 2022).

A técnica de espectrometria atômica para a determinação de elementos metálicos se baseia na quantidade de radiação absorvida pelos átomos, os quais são produzidos no nebulizador (queimador) que são equivalentes a concentração da solução distribuída na chama (AMORIM et al., 2008; CIENFUEGOS; VAITSMAN, 2000). Para a aquisição desses átomos a amostra é aspirada, formando um fino aerossol, em seguida passa pela mistura de gases oxidante e combustível que formam a chama, a amostra é então aquecida formando um vapor que contém átomos do elemento a ser analisado. Fornecendo uma energia de comprimento de onda específico as moléculas se decompõem em átomos livres, determinando a quantidade de radiação absorvida (CIENFUEGOS; VAITSMAN, 2000; DE LEÃO et al., 2018).

A técnica de Espectrometria de Absorção Atômica em Forno de Grafite (GFAAS) também é utilizada para determinações de elementos inorgânicos e apresenta elevada sensibilidade e seletividade ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) e utiliza baixo volume de amostra (FROES; WINDMÖLLER; SILVA, 2006; DIONÍSIO; GONZALEZ; NÓBREGA, 2011).

Essa técnica apresenta um programa de temperatura do forno. Esse programa de temperatura permite que a eliminação da matriz e a atomização da amostra ocorram em etapas diferentes. Apresenta inicialmente a etapa de secagem (aproximadamente  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), onde ocorre a evaporação do solvente da amostra. Na etapa da pirólise ocorre a destruição da matriz. Em seguida ocorre a etapa de atomização, que é a formação da nuvem atômica do analito e a leitura da absorbância. Mesmo as etapas ocorrendo em fases diferentes pode acontecer perdas de analito, causando interferência na leitura, com isso a utilização de modificadores químicos é indicada (FROES; WINDMÖLLER; SILVA, 2006).

A utilização de modificadores químicos tem a finalidade de aumentar a volatilização da matriz na etapa da pirólise e/ou aumentar a estabilidade térmica do

analito, excluindo as interferências provenientes da matriz. Os modificadores químicos convencionais podem ser adicionados na solução junto com a amostra, e os modificadores químicos permanentes são adicionados na parede do tubo de grafite ou na superfície da plataforma (FROES; WINDMÖLLER; SILVA, 2006).

Para a determinação de elementos metálicos pela técnica analítica de Espectrometria de Absorção Atômica (AAS) é necessário que a amostra esteja em solução, e antes de ser introduzida no equipamento, precisa passar por um processo de tratamento para que a matéria orgânica presente na matriz seja decomposta para que não haja interferência, e o analito de interesse possa ser extraído e posteriormente quantificado (NOGUEIRA, 2003; DIMPE et al., 2014; DE LEÃO et al., 2018).

A etapa de preparo de amostra é de grande importância para a quantificação das espécies de interesse, pois visa eliminar efeitos de matriz, garantir exatidão, precisão, eficiência da análise e ser um método reproduzível. Deve-se levar também em consideração a estabilidade e a complexidade da matriz da amostra (DIMPE et al., 2014; DE LEÃO et al., 2018; BOSSU; MENEZES; NOGUEIRA, 2020).

Os métodos de preparo de amostras convencionais para determinação da composição elementar em alimentos são baseados na digestão por via seca (calcinação) e por via úmida (digestão ácida). Esses métodos utilizam ácidos e aquecimento para que ocorra a decomposição da matéria orgânica e a liberação dos elementos presentes na matriz (POHL et al., 2020; ALVES et al., 2021).

Na digestão por via seca a amostra é adicionada em cadinho de porcelana e colocada em forno mufla por algumas horas com uma rampa de aquecimento que pode chegar até 600 °C dependendo do elemento, pois pode ocorrer perda de analito (SOUZA; MADARI; SENA, 2012). Após a queima da amostra são obtidas cinzas, onde toda a matéria orgânica foi eliminada ficando somente os compostos inorgânicos (HOENIG; KERSABIEC, 1996). Essas cinzas são solubilizadas com uma solução de ácido apropriada para cada tipo de amostra (SOUZA; MADARI; SENA, 2012). É uma técnica que pode ser aplicada para determinações de vários elementos, com exceção em elementos voláteis como Hg, Se e As (NOGUEIRA, 2003). As vantagens da digestão por via seca é que não utiliza ácidos concentrados e conseqüentemente não libera vapores de ácidos, porém pode ocorrer perda de analito por volatilização se a temperatura utilizada for muito alta e também pode ocorrer a possibilidade de contaminação das amostras (NOGUEIRA, 2003; SOUZA; MADARI; SENA, 2012).

Na digestão ácida a amostra passa por um procedimento que utiliza ácidos como o ácido nítrico, sulfúrico e o perclórico e reagentes oxidantes, como o peróxido de hidrogênio, onde é aquecida para a completa destruição da matéria orgânica e que resulta em uma solução contendo os íons metálicos de interesse, que pode ser quantificado por espectrometria de absorção atômica. Para o aquecimento geralmente é utilizado chapa de aquecimento e béquer com ou sem vidro relógio, tubos de vidro em bloco digestor e forno micro-ondas (ROSSETE et al., 2011; DIMPE et al., 2015; DE SOUZA; COELHO; RODRIGUES, 2020; NASCIMENTO et al., 2020).

Diniz e colaboradores (2013) avaliaram a composição mineral de folhas e chás de 10 plantas medicinais (Pariri, Aroeira, Insulina, Unha de Gato, Graviola, Peão Branco, Malva Branca, Lacre, Perpétua Branca e Vinagreira Roxa). Para a digestão das folhas foi utilizado digestão ácida em bloco digestor. E os elementos quantificados foram Ca, Cu, Fe, Mg, Mn e Zn por espectrometria de absorção atômica com chama.

De Souza, Coelho e Rodrigues (2020), quantificaram Ca, Cu, Fe, Mg, Mn P e Zn em plantas (feijão preto, farelo de aveia, farelo de trigo, extrato e folha de soja) utilizando dois métodos de preparo de amostra, uma digestão com ácido nítrico, ácido perclórico e bloco digestor e outra digestão com ácido nítrico e peróxido de hidrogênio utilizando forno micro-ondas. A determinação dos metais foi por FAAS.

Do Amarante e colaboradores (2011), determinaram teores de Ca, Cu, Fe, Mg, Mn e Zn em chá e em matéria seca da folha de *Montrichardia linifera*. Para a digestão das folhas foi utilizado digestão ácida em bloco digestor. E os elementos foram quantificados por espectrometria de absorção atômica com chama.

Stelmach, Pohl e Szymczycha-Madeja (2014), determinaram as concentrações e as frações bioacessíveis de Ca, Mg, Mn e Fe em infusões de café em pó, utilizando espectrometria de absorção atômica em chama (FAAS).

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 INSTRUMENTOS E REAGENTES

A determinação dos elementos Al, Ca, Mg e Zn foi realizada utilizando um Espectrômetro de Absorção Atômica com Chama (FAAS) (Varian, modelo SpectraAA-220) equipado com lâmpadas de cátodo oco como fonte de radiação (Varian e Agilent). Para a atomização foi utilizada chama composta de ar/acetileno para Cu, Mg e Zn, com fluxo do ar de 13,50 L min<sup>-1</sup> e do acetileno de 2,00 L min<sup>-1</sup>. Para Al e Ca, a chama era composta de óxido nitroso/acetileno com fluxo de óxido nitroso de 10,00 L min<sup>-1</sup> para Al e de 11,00 L min<sup>-1</sup> para Ca, e de acetileno de 6,95 L min<sup>-1</sup> para Al e de 6,35 L min<sup>-1</sup> para Ca.

A determinação de Cr e Cu foi realizada utilizando um Espectrômetro de Absorção Atômica (Varian, AA 240Z), com atomização eletrotérmica em Forno de Grafite (GF AAS, modelo GTA 120), equipado com corretor Zeeman transversal para correção de fundo, amostrador automático (modelo PSD 120), tubos de grafite pirolíticos (Varian) e sistema de aquisição de dados (SpectraA). Argônio foi empregado como gás inerte com vazão de 0,3 L min<sup>-1</sup>.

Para as determinações dos teores de flavonoides e fenólicos totais foi utilizado um espectrofotômetro UV-Vis (Spectrum). O comprimento de onda utilizado para a determinação de flavonoides totais foi de 425 nm e 760 nm para a determinação de fenólicos totais. Uma placa de aquecimento (Biomixer 220), balança analítica (Shimadzu, modelo AUW220D), micropipetas (Labmate-HTL), estufa (Odontobras), forno mufla (Spencer), pHmetro (Hanna, modelo pH.21), incubadora (Tecnal, modelo TE-420), centrífuga (Solab científica SL-701), moedor de café e grãos (Cuisinart, modelo DCG-20BKN) também foram utilizados no preparo das amostras de interesse. Um colorímetro (3nh, modelo NR60CP) foi utilizado para medir as cores das folhas das amostras dos chás.

Para efetuar as análises, foram utilizadas soluções padrão estoque de Al, Ca, Cu, Cr, Mg e Zn de 1000 mg L<sup>-1</sup> (Biotec) com grau de pureza de 99,9%. Todas as soluções foram preparadas utilizando-se água ultrapura obtida pelo sistema Milli-Q (Merck Millipore). Também foram utilizados ácido clorídrico (HCl) (Fmaia, 37% m/v), pepsina (Sigma-Aldrich), pancreatina (Sigma-Aldrich), sais biliares (Sigma-Aldrich), bicarbonato de sódio (NaHCO<sub>3</sub>) (Dinâmica), ácido gálico (Vetec), metanol (Reatec), carbonato de sódio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) (Meta química), tartarato de sódio (KNaC<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub>.2H<sub>2</sub>O)

(Synth), Folin-Ciocalteu (Dinâmica), quercetina (Sigma-Aldrich, 98%) e cloreto de alumínio ( $AlCl_3$ ) (Êxodo Científica).

Todos os frascos e vidrarias utilizados foram devidamente descontaminados em banho de ácido nítrico 5% (v/v), por no mínimo 24h e posteriormente enxaguados com água deionizada (U.S. EPA, 1996; BUTIK et al., 2018).

## 4.2 AMOSTRAGEM

As amostras de Canela de Velho e Sene foram adquiridas no comércio da cidade de Guarapuava – PR e foram mantidas embaladas em lugar seco até a realização das análises. No total foram adquiridas 10 amostras de Canela de Velho (CV1 a CV10), sendo que somente a amostra CV10 foi um extrato líquido de Canela de Velho, as demais foram amostras secas da planta (folhas e caules). E foram adquiridas 9 de Sene (S1 a S9), todas apresentavam folhas e caules em sua composição, apenas duas amostras (S8 e S9) foram adquiridas em sachê e em pó, respectivamente.

Na Tabela 1 estão apresentadas as informações da forma de comercialização (a granel, sachê ou embalagem original de fábrica) e os locais de origem de cada amostra de Canela de Velho e Sene.

**Tabela 1** - Informação do local de origem e a forma de comercialização de cada amostra de Canela de Velho (CV1 a CV10) e de Sene (S1 a S9) adquiridas no comércio de Guarapuava – PR.

<b>Amostra</b>	<b>Origem</b>	<b>Forma de comercialização</b>
CV1	Guarapuava – PR	Embalagem original de fábrica
CV2	Piraquara – PR	Embalagem original de fábrica
CV3	Maringá – PR	A granel
CV4	Planalto – PR	Embalagem original de fábrica
CV5	Guarapuava – PR	Embalagem original de fábrica
CV6	Paraná	A granel
CV7	São Paulo	A granel
CV8	São Paulo	A granel
CV9	Marechal Cândido Rondon – PR	Embalagem original de fábrica
CV10	Marataízes- ES	Extrato líquido
S1	Toledo – PR	Embalagem original de fábrica
S2	Santa Maria do Oeste – PR	Embalagem original de fábrica
S3	São Paulo	A granel
S4	Santa Catarina	A granel
S5	Paraná	A granel
S6	Jataí – GO	Embalagem original de fábrica
S7	Maringá – PR	A granel
S8	Campo Largo – PR	Sachê em pó
S9	Xanxerê – SC	Sachê em pó

Fonte: A autora (2022).

Na Figura 9 se encontram as imagens das amostras de Canela de Velho e Sene utilizadas no trabalho.

**Figura 9** - Imagens das amostras de Canela de Velho (CV1 a CV10) e de Sene (S1 a S9), utilizadas no trabalho.

Amostras	CV	S
1		
2		
3		
4		

(Continua)



(Continuação)

**Figura 9** - Imagens das amostras de Canela de Velho (CV1 a CV10) e de Sene (S1 a S9), utilizadas no trabalho.






Amostras	CV	S
5		
6		
7		

(Continua)



(Continuação)

**Figura 9** - Imagens das amostras de Canela de Velho (CV1 a CV10) e de Sene (S1 a S9), utilizadas no trabalho.

Amostras	CV	S
8		
9		
10		

Fonte: A autora (2022).

#### 4.3 UMIDADE

Para a determinação do teor percentual de umidade das plantas (%) foram pesados 1,0 g de amostra, em cadinho de porcelana, e as amostras foram aquecidas em estufa a 105 °C por 15 min. Após esse tempo, as amostras foram retiradas da estufa, resfriadas até

a temperatura ambiente em dessecador e pesadas novamente. Repetiu-se a operação de aquecimento em 3 ciclos de 15 minutos, até obter-se peso constante (método adaptado 012/IV) (IAL, 2008). As análises foram realizadas em duplicata.

#### 4.4 COLORIMETRIA

Os dados de Colorimetria (CIE L\*a\*b\*) foram obtidos a partir de um colorímetro portátil 3nh cuja área de medição foi de 8 mm. As amostras de Canela de Velho e de Sene foram analisadas na forma original (in natura), sem qualquer tratamento prévio.

#### 4.5 PREPARO DAS AMOSTRAS POR DIGESTÃO VIA SECA

Para o preparo das soluções por digestão por via seca (calcinação), para a quantificação dos íons metálicos de cada planta estudada, foi utilizado o método 393/IV dos Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos (IAL, 2008). As amostras foram previamente trituradas utilizando um moedor de grãos, sendo posteriormente pesada 1,0 g de cada amostra em uma cápsula de porcelana. Em seguida, as amostras foram aquecidas em chapa elétrica (aproximadamente 100 °C por 10 min), para secagem, e carbonizadas em bico de Bunsen. Finalmente, as amostras carbonizadas foram levadas para o forno mufla por 4 h com temperatura de 450 °C. Após as 4 h de calcinação, foi adicionado 1,0 mL de HNO<sub>3</sub> em cada amostra, sendo que elas foram novamente colocadas em mufla por mais 4 h, para incineração até a obtenção das cinzas claras. As cinzas foram solubilizadas com 1 mL de solução de HNO<sub>3</sub> 10% e o volume foi completado com água ultrapura para 25,0 mL. O procedimento foi realizado em triplicata.

As determinações dos elementos Al, Ca, Cu, Mg e Zn foram realizadas utilizando um Espectrômetro de Absorção Atômica com Chama e para a determinação de Cr foi utilizado um Espectrômetro de Absorção Atômica com Forno de Grafite.

#### 4.6 PREPARO DAS AMOSTRAS POR COCÇÃO

Para a realização da cocção, foi pesada diretamente 2,0 g de amostra em béquer e adicionado 100 mL de água ultrapura. Essa mistura, foi então aquecida em chapa de aquecimento, até a ebulição, sendo mantida nesta condição por 5 min. Após resfriamento,

as amostras foram armazenadas em frascos plásticos descontaminados, na geladeira, até o momento das análises (DE ANDRADE, 2018).

Um teste de cocção filtrada e não filtrada foi realizada para as duas plantas. Após o preparo da cocção, descrito no parágrafo anterior, a cocção foi filtrada em papel qualitativo e armazenado em geladeira, até o momento da análise.

#### 4.7 PREPARO DAS AMOSTRAS PARA DETERMINAÇÃO DA BIOACESSIBILIDADE *IN VITRO* DE Al, Ca, Cr, Cu, Mg E Zn EM AMOSTRAS DE CANELA DE VELHO E SENE

Para avaliar a bioacessibilidade dos elementos metálicos em chá, foram feitos ensaios *in vitro*, simulando a digestão gastrointestinal, conforme método descrito por De Andrade et al., (2017). As amostras para bioacessibilidade foram preparadas em quadruplicata, retirando-se 20,0 mL da cocção de Canela de Velho e Sene, preparadas conforme descrito no item 4.6. Após, foi adicionado 2,5 mL de suco gástrico (20 g L<sup>-1</sup> de pepsina em 0,10 mol L<sup>-1</sup> de HCl) e incubado por 2 h, com agitação de 150 rpm, à 37 °C. Após 2 h, as soluções foram retiradas da incubadora e colocadas em banho de gelo para cessar a digestão enzimática. Em seguida, o pH foi ajustado para 7,0 com NaHCO<sub>3</sub> (1,5 mol L<sup>-1</sup>). Posteriormente, à solução, foram adicionados 2,5 mL de suco intestinal (0,15 g L<sup>-1</sup> de pancreatina, 1,50 g L<sup>-1</sup> de sais biliares e 0,10 mol L<sup>-1</sup> de NaHCO<sub>3</sub>) e novamente foi incubado por 2 h, com agitação de 150 rpm, à 37 °C. Depois de 2 h, as soluções foram retiradas e colocadas em banho de gelo. Por fim, as amostras foram centrifugadas por 20 min, com rotação de 5000 rpm, à 4 °C.

#### 4.8 DETERMINAÇÃO DOS ELEMENTOS POR F AAS E GF AAS

Para a etapa de otimização do método, foram escolhidas, aleatoriamente, uma amostra de cada planta – Canela de Velho (CV1) e Sene (S1). Para a aplicação da metodologia otimizada foram adquiridas, no comércio de Guarapuava – PR, 10 amostras de Canela de Velho e 9 de Sene.

As faixas utilizadas para a curva analítica, para a determinação dos elementos de interesse, e as condições de atomização, são mostradas na Tabela 2 a seguir.

**Tabela 2** - Faixas de concentração e condições de atomização para cada metal analisado na cocção de Canela de Velho e Sene.

Equipamento	Metal	Curva analítica*	Chama	T <sub>Pirólise</sub> (°C)	T <sub>Atomização</sub> (°C)	I (mA)	λ (nm)
FAAS	Al**	0,5-3,0	Acetileno/Óxido Nitroso	-	-	10,0	309,3
	Ca	0,5-3,0	Acetileno/Óxido Nitroso	-	-	10,0	422,7
	Mg	0,2-0,8	Ar/Acetileno	-	-	4,0	285,2
	Zn	0,1-0,4	Ar/Acetileno	-	-	5,0	213,9
GFAAS	Cr	2,0-10,0	-	1000	2600	7,0	357,9
	Cu***	3,0-15,0	-	800	2300	4,0	324,8

\*As unidades de concentração de Al, Ca, Mn e Zn estão em mg L<sup>-1</sup>, e para Cr e Cu estão em µg L<sup>-1</sup>

\*\*Para Al foi utilizado 10% v/v de KCl na concentração 3,35 mol L<sup>-1</sup> para construção da curva analítica e análise das amostras de chá, devido ao caráter refratário do metal.

\*\*\*Para Cu a curva analítica e as amostras foram preparadas na presença de 0,1 mol L<sup>-1</sup> de HNO<sub>3</sub>.

Fonte: A autora (2021).

As curvas analíticas foram avaliadas por padronização externa (PE) e em meio enzimático (ME) (suco gástrico e suco intestinal) para verificar possíveis interferências durante as determinações. As curvas analíticas de PE e ME foram realizadas em duplicata na faixa de concentração mostrada na Tabela 2.

Para avaliar a linearidade das curvas analíticas de PE e ME, realizou-se a análise da regressão linear e teste de falta de ajuste no nível de confiança de 95 %, utilizando software Minitab for Windows versão 16.2.2.

Para estimar os limites de detecção (LD) e quantificação (LQ), foram realizadas medidas de 10 brancos da cocção e do procedimento de bioacessibilidade, para cada elemento e calculados através das equações  $3,3 \times SD/m$  e  $10 \times SD/m$ , respectivamente, onde  $m$  a inclinação da curva de calibração e  $SD$  o desvio padrão do sinal analítico de 10 medidas de branco (ICH, 2005; RIBANI et al., 2004).

A precisão do método foi avaliada por estimativas de repetitividade e de precisão intermediária. Para a repetitividade, foram preparadas as cocções dos chás em triplicata e realizadas as medidas no GFAAS e FAAS no mesmo dia e para precisão intermediária em 3 dias consecutivos. Somente para o elemento Al, o chá de Sene foi enriquecido com 1,5 mg L<sup>-1</sup>, para melhorar o sinal analítico, pois o chá de Sene não apresentava concentração de Al significativa. Para os demais elementos avaliados os experimentos foram realizados nas amostras originais.

Os resultados para o teste de precisão foram calculados pelo desvio padrão relativo (%RSD) (AOAC, 2012).

O RSD foi calculado através da equação:

$$RSD\% = \frac{s}{\bar{x}} \times 100 \quad \text{Equação (1)}$$

sendo  $s$  o desvio padrão da média das amostras e  $\bar{x}$  a média das amostras.

#### 4.9 QUANTIFICAÇÃO DO TEOR DE FENÓLICOS TOTAIS

Para a quantificação dos teores totais dos compostos fenólicos foi utilizado o método colorimétrico de Folin-Ciocalteu (SCHMIDT et al., 2014; SOARES et al., 2015).

Para a construção da curva analítica, inicialmente foi preparada uma solução estoque de 1000 mg L<sup>-1</sup> de ácido gálico em metanol. Em seguida, foram preparadas as soluções padrão, na faixa de 40,0 a 340 mg L<sup>-1</sup>. Também foi preparada uma solução tampão, supersaturada, de carbonato de sódio e tartarato de sódio.

Em um balão volumétrico de 5 mL foram adicionados 500 µL de solução tampão, 300 µL de cada solução padrão, 500 µL de Folin-Ciocalteu e aferido o volume com água ultrapura. Esperou-se 30 minutos, e em seguida, foi realizada a leitura da absorbância, no comprimento de onda de 760 nm. Para cada amostra foi repetido o procedimento, substituindo o padrão de ácido gálico por amostras provenientes da cocção e do estudo de bioacessibilidade. As medidas foram realizadas em quadruplicata.

#### 4.10 QUANTIFICAÇÃO DO TEOR DE FLAVONOIDES TOTAIS

A quantificação dos teores de flavonoides foi realizada por complexação com cloreto de alumínio a 5% m v<sup>-1</sup> em metanol (BURIOL et al., 2009; SCHMIDT et al., 2014; SOARES et al., 2015).

Para a construção da curva analítica, foi preparada uma solução estoque de 1000 mg L<sup>-1</sup> de quercetina em metanol. Em seguida, foram preparadas as soluções padrão, com concentrações que variaram de 10,0 a 125,0 mg L<sup>-1</sup>. Também foi preparada uma solução de 5% de AlCl<sub>3</sub> em metanol.

Em um balão volumétrico de 5 mL foram adicionados 500 µL de cada solução padrão de quercetina, 250 µL de AlCl<sub>3</sub> e aferido o volume com metanol. Após 30 min,

foi realizada a medida da absorvância no comprimento de onda de 425 nm. Para cada amostra, foi repetido o mesmo procedimento, substituindo o padrão de quercetina por amostras provenientes da cocção e do estudo de bioacessibilidade. As medidas foram realizadas em quadruplicata.

#### 4.11 ANÁLISE ESTATÍSTICA

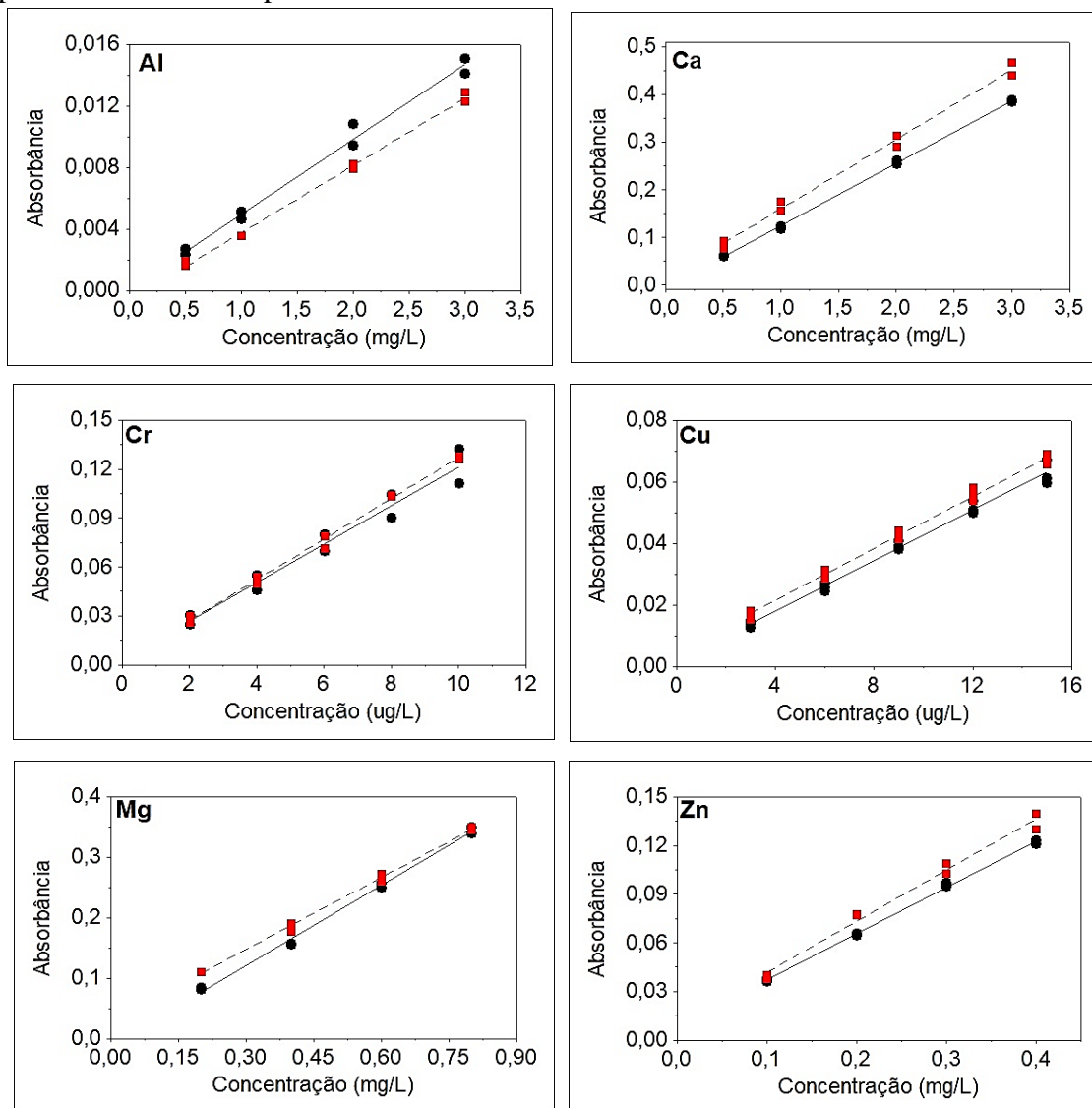
Neste trabalho toda a análise estatística aplicada como *teste-t* e linearidade foram realizadas no nível de 95 % de confiança utilizando o software estatístico Minitab versão 16.2.2. A partir dos dados obtidos, foi realizada uma Análise de Componentes Principais (ACP), utilizando o software Statistica 8.0.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 VALIDAÇÃO DO PROCEDIMENTO ANALÍTICO

Na avaliação da fração de massa dos teores totais e bioacessíveis dos nutrientes presentes nas cocções de Canela de Velho e Sene. As curvas analíticas para Al, Ca, Cr, Cu, Mg e Zn foram preparadas por padronização externa (PE) e em meio enzimático (ME), para verificar se as enzimas interferiam na quantificação dos elementos de interesse. As curvas analíticas de PE para determinação de Al, Ca, Cr, Cu, Mg e Zn em meio aquoso e em ME estão representadas na Figura 10.

**Figura 10** - Curvas analíticas obtidas para a determinação de Al, Ca, Mg e Zn realizadas por FAAS e Cr e Cu por GFAAS.



Legenda: ● PE ■ ME Fonte: A autora (2021).

Pode-se verificar na Figura 10, que as curvas analíticas de PE e ME apresentaram similaridades, para as faixas de concentrações estudadas, e para todos os elementos avaliados. Para comprovar essa semelhança, foram realizados testes estatísticos. Os resultados obtidos para regressão linear das curvas estão apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3** - Resultados da regressão linear para as curvas analíticas de PE e ME para Al, Ca, Cr, Cu, Mg e Zn.

Metal	Calibração	Equação da Retra	$F_{regressão}$	$p$	$F_{faj}$	$p$	$R^2$
Al	PE	Abs: $0,000072 + 0,00489xC$	563,91	0,000	0,22	0,809	98,9
	ME	Abs: $-0,000658 + 0,00439xC$	1725,33	0,000	1,66	0,298	99,7
Ca	PE	Abs: $-0,00722 + 0,131xC$	8244,90	0,000	1,33	0,361	99,9
	ME	Abs: $0,0138 + 0,146xC$	869,24	0,000	0,26	0,780	99,3
Cr	PE	Abs: $0,00345 + 0,0118xC$	201,71	0,000	0,00	0,999	96,2
	ME	Abs: $0,00196 + 0,0125xC$	1643,47	0,000	0,58	0,653	99,5
Cu	PE	Abs: $0,00133 + 0,00413xC$	1086,48	0,000	0,32	0,809	98,8
	ME	Abs: $0,00451 + 0,00423xC$	2143,53	0,000	0,31	0,815	99,4
Mg	PE	Abs: $-0,0118 + 0,442xC$	1434,73	0,000	5,81	0,066	99,6
	ME	Abs: $0,0278 + 0,398xC$	1787,72	0,000	0,53	0,624	99,7
Zn	PE	Abs: $0,00825 + 0,286xC$	3694,62	0,000	1,65	0,300	99,8
	ME	Abs: $0,00988 + 0,317xC$	500,36	0,000	1,55	0,318	98,8

Cr (2,0 – 10,0 ug L<sup>-1</sup>)  $F_{crítico} (0,05; 1,8) = 5,32$ ;  $F_{crítico faj} (0,05; 3,5) = 5,41$

Cu (3,0 – 15,0 ug L<sup>-1</sup>)  $F_{crítico} (0,05; 1, 13) = 4,75$ ;  $F_{crítico faj} (0,05; 3, 10) = 3,71$

Al ( 0,5 – 3,0 mg L<sup>-1</sup>); Ca ( 0,5 – 3,0 mg L<sup>-1</sup>); Mg ( 0,2 – 0,8 mg L<sup>-1</sup>); Zn ( 0,1 – 0,4 mg L<sup>-1</sup>)  $F_{crítico} (0,05; 1,6) = 5,99$ ;  $F_{crítico faj} (0,05; 2,4) = 6,94$

Fonte: A autora (2021).

Pode-se verificar na Tabela 3 que as inclinações das curvas analíticas de PE e ME para os elementos estudados foram similares. Isso indica que a curva analítica de PE pode ser utilizada na determinação das frações bioacessíveis de Al, Ca, Cr, Cu, Mg e Zn. Com isso, o método se torna mais rápido e simples, reduzindo a utilização de reagentes com custo mais elevado.

Na Tabela 3 são mostrados, também, os resultados da regressão linear, teste  $F$ , teste de falta de ajuste e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Avaliando os resultados verificou-se que os modelos da regressão linear foram significativos para a faixa de concentração estudada, pois os valores observados de  $F_{reg}$  foram maiores que o  $F_{crítico}$  ( $p < 0,05$ ) no nível de confiança de 95%. No mesmo nível de confiança, o modelo linear para as curvas analíticas não apresentou falta de ajuste, pois os valores observados de  $F_{faj}$  foram menores que os valores de  $F_{crítico}$  ( $p > 0,05$ ). As curvas apresentaram valores de



coeficiente de determinação ( $R^2$ ) que variaram entre 96,2 a 99,9, ou seja, para os coeficientes de correlação ( $r$ ) os valores variaram de 0,98 a 0,99, indicando uma relação linear entre o sinal da absorbância e as concentrações dos elementos estudados (ARAÚJO, 2009).

Também, com a finalidade de verificar as semelhanças das curvas analíticas, foram calculados os intervalos de confiança para os coeficientes angulares de cada curva, em um nível de confiança de 95%, de acordo com a equação  $b_1 \pm t(n-2)*EP$ , onde  $b_1$  é o coeficiente angular,  $t$  da distribuição- $t$  com  $n-2$  graus de liberdade e  $EP$  é o erro padrão do coeficiente angular (NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2010).

Os resultados obtidos dos coeficientes angulares e seus intervalos de confiança para as curvas analíticas são mostrados na Tabela 4.

**Tabela 4** - Intervalo de confiança para os coeficientes angulares das curvas analíticas avaliadas para Al, Ca, Cr, Cu, Mg e Zn.

Metal	Padrão Externo (PE)		Meio Enzimático (ME)	
	Coefficiente angular	Intervalo de confiança	Coefficiente angular	Intervalo de confiança
Al	$0,00489 \pm 0,00051$	0,00439 a 0,00539	$0,00439 \pm 0,00025$	0,00413 a 0,00465
Ca	$0,131 \pm 0,004$	0,128 a 0,135	$0,146 \pm 0,012$	0,134 a 0,158
Cr	$0,0118 \pm 0,0019$	0,0099 a 0,0137	$0,0125 \pm 0,0007$	0,0118 a 0,0132
Cu	$0,00413 \pm 0,00027$	0,00386 a 0,00440	$0,00423 \pm 0,00020$	0,00403 a 0,00443
Mg	$0,442 \pm 0,029$	0,414 a 0,471	$0,398 \pm 0,023$	0,375 a 0,421
Zn	$0,286 \pm 0,012$	0,275 a 0,298	$0,317 \pm 0,035$	0,282 a 0,352

Fonte: A autora (2021).

Como pode ser observado na Tabela 4, os resultados dos intervalos de confiança para cada elemento, indicam que as inclinações das curvas analíticas com PE e em ME, podem ser consideradas similares, pois os seus intervalos de confiança se sobrepõem. Portanto, foi escolhida a forma de calibração das curvas analíticas por PE, também por ser um procedimento mais rápido e que utilize menos reagentes.

Os limites de detecção (LD) e quantificação (LQ) foram calculados a partir dos brancos do preparo das cocções das plantas estudadas, e dos brancos do procedimento de bioacessibilidade. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5** - Resultados dos valores de LD e LQ ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) para o procedimento de determinação total e bioacessíveis de Al, Ca, Cr, Cu, Mg e Zn em chá de Canela de Velho e Sene.

<b>Metal</b>	<b>Concentração</b>		<b>Concentração</b>	
	<b>Total</b>		<b>Bioacessível</b>	
	<b>LD</b>	<b>LQ</b>	<b>LD</b>	<b>LQ</b>
<b>Al</b>	3,49	11,63	2,49	8,29
<b>Ca</b>	0,18	0,60	5,57	18,57
<b>Cr</b>	0,02	0,08	0,04	0,10
<b>Cu</b>	0,02	0,06	0,08	0,27
<b>Mg</b>	0,09	0,29	0,83	2,78
<b>Zn</b>	0,30	0,99	0,54	1,81

Fonte: A autora (2021).

Pode-se observar na Tabela 5, que os valores encontrados de LD e LQ para todos os elementos são considerados adequados para o método, pois os valores ficaram muito próximos ou abaixo do primeiro ponto da curva analítica, demonstrando que os limites são baixos.

Também foi avaliada a precisão do método, pela repetitividade e precisão intermediária, utilizando uma amostra de cada planta estudada - Canela de Velho e Sene. Os resultados são expressos em termos de desvio padrão relativo (RSD %), na Tabela 6.

**Tabela 6** - Resultados de precisão para determinação de Al, Ca, Cr, Cu, Mg e Zn na cocção de Canela de Velho e Sene.

Elemento	Canela de		RSD%	Sene		RSD%
	Velho		Recomendado			Recomendado
	<i>R</i>	<i>PI</i>	(AOAC)	<i>R</i>	<i>PI</i>	(AOAC)
	RSD %			RSD %		
<b>Al*</b>	3,4	2,7	≤ 3,7	3,1	4,4	≤ 5,3
<b>Ca</b>	3,9	4,3	≤ 5,3	2,8	3,2	≤ 3,7
<b>Cr</b>	10,5	14,2	≤ 21	9,4	15,2	≤ 21
<b>Cu</b>	8,2	9,6	≤ 11	7,5	8,4	≤ 11
<b>Mg</b>	0,9	4,7	≤ 5,3	2,8	3,2	≤ 3,7
<b>Zn</b>	3,5	9,4	≤ 11	5,3	5,8	≤ 11

\*Al para Sene foi dopado com 1,5 mg L<sup>-1</sup>; *R*: repetitividade; *PI*: precisão intermediária.

Fonte: A autora (2021).


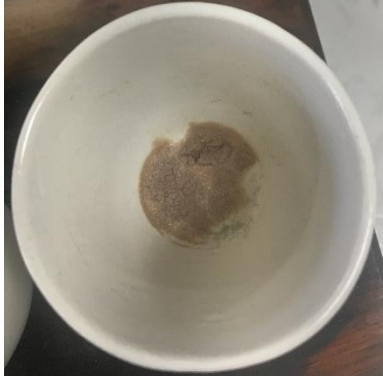

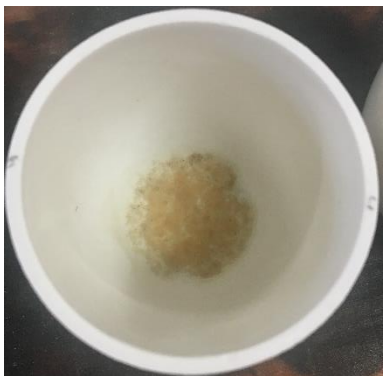
Observando os resultados apresentados na Tabela 6, os valores de RSD encontrados para os elementos avaliados variaram de 2,7 a 14,2 % para Canela de Velho e de 3,2 a 15,2 % para Sene na precisão intermediária. Já para a repetitividade, os valores de RSD encontrados variaram de 0,9 a 10,5 % para a Canela de Velho e de 2,8 a 9,4 % para Sene. Os valores de RSD foram inferiores ao valor recomendado pela AOAC (2012) na faixa de concentração avaliada.

Desta forma, pode-se concluir que o método de preparo de amostra apresenta precisão adequada para a determinação de Al, Ca, Cr, Cu, Mg e Zn em cocção de chá de Canela de Velho e Sene, apresentando baixa variabilidade entre as medidas realizadas no mesmo dia e em dias diferentes.

## 5.2 DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE NUTRIENTES EM FOLHAS SENE E CANELA DE VELHO POR DIGESTÃO VIA SECA

Antes de iniciar a análise de digestão por via seca, foi realizado um teste com 2,0 g e 1,0 g de amostra para as duas plantas estudadas. Na Tabela 7 estão as imagens dos procedimentos de digestão via seca de 1,0 g e de 2,0 g para a amostra de Canela de Velho e de Sene.

**Tabela 7** - Imagens dos testes de 1,0 g e de 2,0 g da digestão via seca da amostra de Canela de Velho e de Sene.

Amostra	Procedimento 2,0 g	Procedimento 1,0 g
Canela de Velho		
Sene		

Fonte: A autora (2022).

O procedimento que utilizou 1,0 g de amostra, apresentou melhores resultados quando comparado com o procedimento que empregou 2,0 g de amostra. Isso pode estar relacionado com o fato de que a queima de uma menor quantidade de amostra foi mais uniforme, eliminando praticamente toda a matéria orgânica, e consequentemente liberando mais facilmente os elementos avaliados. Quando usado 2 g no processo de calcinação, praticamente obteve-se concentrações próximas às obtidas com 1g, sugerindo que a amostra com maior massa não foi completamente calcinada e pode ter ocorrido projeções de massas para fora do cadinho e resultando em menores massas finais de cinzas.

Após, foram determinados os teores de Al, Ca, Cr, Cu, Mg e Zn por digestão via seca em 9 amostras de Canela de Velho e 9 amostras de Sene, por técnicas de espectrometria atômica de acordo com o procedimento apresentado no item 4.5. Os resultados são apresentados na Tabela 8.

**Tabela 8** - Teores totais e desvio padrão de Al, Ca, Cr, Cu, Mg e Zn presentes nas amostras de Canela de Velho e Sene por digestão via seca (n=3).

Amostras	Al	Ca	Cr	Cu	Mg	Zn
	$\mu\text{g g}^{-1}$					
CV1	2353 ± 358	4250 ± 212	0,481 ± 0,001	2,6 ± 0,8	1373 ± 20	16,7 ± 0,3
CV2	3010 ± 498	3795 ± 316	0,32 ± 0,05	2,6 ± 0,2	1787 ± 117	18 ± 1
CV3	2674 ± 281	3563 ± 178	0,68 ± 0,07	3,0 ± 0,4	1847 ± 162	22 ± 1
CV4	3024 ± 127	3608 ± 233	0,47 ± 0,06	3,3 ± 0,2	2095 ± 65	26,4 ± 0,7
CV5	2178 ± 8	3054 ± 156	1,7 ± 0,1	3,4 ± 0,3	2151 ± 122	25 ± 1
CV6	2542 ± 88	5089 ± 209	1,5 ± 0,2	3,8 ± 0,2	2352 ± 68	30,0 ± 0,4
CV7	1282 ± 207	2632 ± 23	0,45 ± 0,04	2,3 ± 0,4	1297 ± 10	20 ± 1
CV8	2470 ± 201	2652 ± 284	0,59 ± 0,05	3,6 ± 0,3	2051 ± 165	21 ± 1
CV9	6025 ± 235	3973 ± 225	0,22 ± 0,05	2,2 ± 0,5	1867 ± 81	10,3 ± 0,9
<b>Mínimo</b>	1282	2632	0,22	2,2	1297	10,3
<b>Máximo</b>	6025	5089	1,7	3,8	2352	30,0
S1	33 ± 13	23372 ± 1429	1,5 ± 0,2	2,1 ± 0,3	3297 ± 152	12 ± 1
S2	476 ± 106	15333 ± 1344	2,0 ± 0,3	1,6 ± 0,4	3208 ± 255	8 ± 1
S3	112 ± 44	22920 ± 3614	1,1 ± 0,1	2,2 ± 0,5	3360 ± 430	13 ± 1
S4	110 ± 15	23089 ± 518	1,8 ± 0,3	2,25 ± 0,03	5329 ± 132	14 ± 1
S5	155 ± 9	25426 ± 1526	1,30 ± 0,07	3,29 ± 0,04	3761 ± 129	11,5 ± 0,5
S6	77 ± 22	23642 ± 2230	13 ± 1	2,4 ± 0,2	3343 ± 117	11,9 ± 0,2
S7	413 ± 102	21226 ± 197	2,3 ± 0,2	3,3 ± 0,1	3531 ± 335	10 ± 1
S8	595 ± 26	23477 ± 544	0,85 ± 0,03	2,2 ± 0,1	3119 ± 123	10,6 ± 0,3
S9	653 ± 117	19643 ± 1100	1,6 ± 0,2	2,5 ± 0,5	3795 ± 69	20 ± 2
<b>Mínimo</b>	33	15333	0,85	1,6	3119	8
<b>Máximo</b>	653	25426	2,0	3,3	5329	20

Fonte: A autora (2022).

Como observado na Tabela 8 as frações de massa de Al encontradas por digestão via seca das amostras de Canela de Velho foram elevadas, variando entre  $1282 \pm 207 \mu\text{g g}^{-1}$  (CV7) e  $6025 \pm 235 \mu\text{g g}^{-1}$  (CV9), a qual se destacou em relação às outras amostras. Estudos na literatura indicam que a Canela de Velho é uma planta que acumula Al (PASTA et al., 2019), fato observado neste estudo que indicou elevadas frações de massa de Al nas amostras avaliadas.

Já nas amostras de Sene, as frações de massa de Al variaram de  $33 \pm 13$  a  $653 \pm 117 \mu\text{g g}^{-1}$ , teores inferiores aos observados nas amostras de Canela de Velho.

Para Ca, as frações de massa das amostras de Canela de Velho variaram de  $2632 \pm 23$  a  $4250 \pm 212 \mu\text{g g}^{-1}$ .

Para as amostras de Sene as frações de massa de Ca variaram de  $15333 \pm 1344$  a  $25426 \pm 1526 \mu\text{g g}^{-1}$ , apresentando valores superiores a 10 vezes aos obtidos nas amostras de Canela de Velho avaliadas. Os elevados teores de Ca podem estar relacionados aos disponibilizados no solo a partir de correções com calcário (HAGOS; CHANDRAVANSI, 2016).

Nas amostras de Canela de Velho a fração de massa de Cr variou de  $0,22 \pm 0,05$  a  $1,7 \pm 0,1 \mu\text{g g}^{-1}$ . Já para as amostras de Sene a menor fração de massa de Cr foi na amostra S8 com  $0,85 \pm 0,03 \mu\text{g g}^{-1}$  e a maior foi na amostra S6 com  $13 \pm 1 \mu\text{g g}^{-1}$ , a qual se destacou em relação às outras amostras avaliadas. Essa diferença pode ser devido a algum processo de moagem da planta ou por ser a única planta do estado de Goiás.

A fração de massa de Cu para as amostras de Canela de Velho variou de  $2,2 \pm 0,5$  a  $3,8 \pm 0,2 \mu\text{g g}^{-1}$ . Já para as amostras de Sene os teores de Cu variaram de  $1,6 \pm 0,4$  a  $3,3 \pm 0,1 \mu\text{g g}^{-1}$ . As concentrações de Cu ficaram próximas das duas plantas estudadas.

Nas amostras de Canela de Velho a concentração de Mg variou de  $1297 \pm 10$  a  $2352 \pm 68 \mu\text{g g}^{-1}$ . A amostra de Sene que obteve menor concentração de Mg foi a S8 com  $3119 \pm 123 \mu\text{g g}^{-1}$  e a amostra que se destacou com maior concentração foi S4 com  $5329 \pm 132 \mu\text{g g}^{-1}$ .

A concentração de Zn nas amostras de Canela de Velho variou de  $10,3 \pm 0,9$  a  $30,0 \pm 0,4 \mu\text{g g}^{-1}$ . Para as amostras de Sene a concentração de Zn variou de  $8 \pm 1$  a  $20 \pm 2 \mu\text{g g}^{-1}$ .

As plantas têm capacidade de acumular nutrientes durante seu crescimento e desenvolvimento a partir do solo, da água e da atmosfera. Fatores como condições climáticas, local de origem, solo e época de colheita podem alterar os teores de compostos presentes nas plantas (LEAL et al., 2013). As amostras de Canela de Velho e de Sene, para esse trabalho, foram adquiridas de diferentes fabricantes e locais de cultivo. Isso pode justificar a variabilidade nos teores observados dos nutrientes nas amostras avaliadas.

### 5.3 DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO TOTAL E FRAÇÃO BIOACESSÍVEL NA COCÇÃO DE CHÁS DE CANELA DE VELHO E SENE

Para este trabalho foi utilizado a cocção como procedimento de preparo das amostras de chás, devido a maior estabilidade no preparo, quando comparado com as infusões. Com uma temperatura e tempo maior de extração dos compostos, comparado

com a infusão, a cocção garante uma maior confiabilidade e controle analítico dos resultados (DE ANDRADE, 2018).

Antes de iniciar a determinação dos analitos, foi realizada uma análise utilizando cocções filtradas e não filtradas das duas plantas, para verificar se algum resíduo do chá poderia interferir nos resultados. Foi aplicada nessa análise um *teste-t* no nível de 95% de confiança. Na amostra de Sene não foi detectado Al, portanto, não foi possível realizar o *teste-t*.

Na Tabela 9 são apresentados os valores do *teste-t* comparando os resultados obtidos da cocção filtrada e não filtrada para as duas plantas.

**Tabela 9** - Resultados do *teste-t* no nível de 95 % de confiança para cocções filtradas e não filtradas.

Metal	Canela de Velho		Sene	
	<i>t</i> calculado	<i>p</i> -valor	<i>t</i> calculado	<i>p</i> -valor
Al	1,00*	0,423	NA	NA
Ca	4,00*	0,057	2,42**	0,072
Cr	0,42**	0,696	0,77**	0,482
Cu	2,45**	0,070	1,55*	0,262
Mg	2,45**	0,070	2,45**	0,070
Zn	0,61**	0,573	0,55**	0,613

NA- Não Avaliado;  $t_{crítico}(0,05,2) = 4,303^*$   $t_{crítico}(0,05,4) = 2,776^{**}$ .

Fonte: A autora (2022).

Como observado na Tabela 9, os valores de *t*calculado foram inferiores aos valores de *t*crítico e  $p > 0,05$ , indicando que não há diferenças significativas, entre as médias dos elementos quantificados no procedimento de cocção filtrada e não filtrada, das duas plantas. Portanto, foi escolhido utilizar neste trabalho cocções não filtradas, pelo menor tempo no preparo e manipulação da amostra.

Para as quantificações de Al, Ca, Cr, Cu, Mg e Zn nas cocções, foram avaliadas 9 amostras de Sene e 10 amostras de Canela de Velho, sendo que a amostra CV10 foi um extrato líquido de Canela de Velho, o qual foi analisado diretamente. Todos os chás foram preparados e analisados em quadruplicata.

É importante conhecer a composição das plantas medicinais, pois elas são utilizadas para fins terapêuticos. Mas, dependendo dos compostos presentes e da sua

concentração nestas plantas, pode haver o aparecimento de um potencial tóxico associado a estes componentes, o que pode prejudicar o organismo dos seres vivos.

A quantificação das frações bioacessíveis, já descritas anteriormente, foi aplicada nas 9 amostras de Sene e nas 10 amostras de Canela de Velho, utilizando suas cocções. Somente para a amostra CV10 foi utilizado o extrato líquido. O intuito dessa quantificação foi verificar se os elementos estudados nessas amostras poderiam ser disponíveis na absorção intestinal.

Na Tabela 10 são apresentados os dados de umidade, as frações de massa totais dos analitos avaliados na cocção e as frações bioacessíveis, obtidas a partir das cocções dos chás de Canela de Velho (CV) e Sene (S).



**Tabela 10** - Valores médios de umidade, as frações de massa totais dos analitos e frações bioacessíveis determinados por AAS, em chás de Canela de Velho e Sene.

Amostra	Umidade (%)	Al ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Al%	Ca ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Ca%	Cr ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Cr%	Cu ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Cu%	Mg ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Mg%	Zn ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Zn%
CV1	6,7 ± 0,1	804 ± 43	62 ± 4	147 ± 11	104,9 ± 0,1	0,109 ± 0,003	30,0 ± 1,0	0,69 ± 0,07	90 ± 3	405 ± 34	108,2 ± 0,1	2,8 ± 0,4	102 ± 4
CV2	9,5 ± 0,3	1163 ± 36	84 ± 7	232 ± 26	118 ± 1	< LQ	ND	0,30 ± 0,05	70 ± 2	327 ± 14	96 ± 3	1,3 ± 0,3	ND
CV3	10,1 ± 0,2	882 ± 23	62 ± 7	102 ± 23	122 ± 1	< LQ	ND	0,47 ± 0,05	78 ± 3	338 ± 33	103 ± 2	< LQ	ND
CV4	8,8 ± 0,8	445 ± 6	80 ± 4	218 ± 16	99 ± 5	< LQ	ND	0,70 ± 0,02	89 ± 4	371 ± 23	103 ± 1	2,3 ± 0,2	101 ± 2
CV5	7,5 ± 0,3	744 ± 15	70 ± 7	271 ± 11	120 ± 3	< LQ	ND	0,7 ± 0,1	90 ± 2	633 ± 53	98 ± 2	2,8 ± 0,5	76 ± 5
CV6	7,5 ± 0,3	629 ± 13	74 ± 9	335 ± 43	110 ± 5	< LQ	ND	0,63 ± 0,01	71 ± 5	464 ± 32	99 ± 5	3,1 ± 0,4	101 ± 7
CV7	7,7 ± 0,1	343 ± 18	82 ± 10	230 ± 32	108 ± 4	< LQ	ND	0,7 ± 0,1	62 ± 2	264 ± 27	111 ± 8	1,3 ± 0,4	114,0 ± 0,2
CV8	8,12 ± 0,01	493 ± 41	98 ± 3	347 ± 13	107 ± 3	0,093 ± 0,009	62 ± 8	0,9 ± 0,2	74 ± 3	577 ± 29	103 ± 2	1,7 ± 0,1	109 ± 5
CV9	8,1 ± 0,5	635 ± 32	67 ± 6	238 ± 46	26 ± 6	< LQ	ND	0,6 ± 0,1	78 ± 4	429 ± 81	79 ± 8	ND	ND
CV10*	*	4294 ± 130	132 ± 17	10700 ± 495	82 ± 13	6,6 ± 0,1	127 ± 5	37 ± 1	77 ± 2	7893 ± 654	93 ± 7	4 ± 1	ND
S1	7,0 ± 0,1	ND	ND	13530 ± 168	113,6 ± 0,1	0,129 ± 0,002	37,9 ± 1,5	1,1 ± 0,1	84 ± 1	2873 ± 69	108,4 ± 0,1	4,7 ± 0,3	112,7 ± 0,7
S2	9,7 ± 0,3	ND	ND	13385 ± 939	112,3 ± 0,1	< LQ	ND	1,1 ± 0,2	70,4 ± 0,3	3301 ± 83	76 ± 2	3,9 ± 0,2	96 ± 3
S3	10,7 ± 0,1	ND	ND	10927 ± 315	107,4 ± 0,1	< LQ	ND	1,62 ± 0,04	66 ± 2	3630 ± 127	82 ± 2	6,4 ± 0,4	102 ± 4
S4	10,4 ± 0,1	ND	ND	10945 ± 899	99,1 ± 0,1	< LQ	ND	1,1 ± 0,1	63 ± 4	3863 ± 207	80 ± 2	5,6 ± 0,6	101 ± 3
S5	10,4 ± 0,3	ND	ND	9964 ± 773	107,1 ± 0,1	< LQ	ND	0,70 ± 0,07	67 ± 2	5322 ± 225	75 ± 1	6,4 ± 0,7	95 ± 3
S6	10,2 ± 0,2	ND	ND	10113 ± 732	106 ± 4	< LQ	ND	1,3 ± 0,1	70 ± 1	3311 ± 48	85 ± 2	4,3 ± 0,6	23 ± 3
S7	10,1 ± 0,3	ND	ND	7084 ± 439	102 ± 3	< LQ	ND	1,20 ± 0,02	91 ± 5	3174 ± 17	103 ± 2	3,8 ± 0,5	25 ± 2
S8	12,3 ± 0,1	ND	ND	2500 ± 49	88 ± 2	< LQ	ND	0,35 ± 0,04	89 ± 6	672 ± 55	72,3 ± 0,9	< LQ	ND
S9	12,0 ± 0,1	ND	ND	10076 ± 565	119 ± 9	< LQ	ND	0,8 ± 0,1	79 ± 8	3437 ± 130	102 ± 5	7,3 ± 0,3	24 ± 2

CV10\* amostra do extrato pronto de Canela de Velho. Valores estão expressos em  $\mu\text{g L}^{-1}$  e não tem valor de umidade.

< LQ concentrações menores que o limite de quantificação.

ND não detectado

Fonte: A autora (2022).

Em relação aos valores de umidade das amostras apresentados na Tabela 10 pode-se observar que nas amostras de Canela de Velho os teores de umidade variaram de  $6,7 \pm 0,1$  a  $10,1 \pm 0,2\%$ , sendo que o menor teor é de uma amostra (CV1) comercializada embalada e o maior teor de umidade é de uma amostra (CV3) comercializada a granel, podendo esse, ser o motivo de apresentar o maior teor de umidade. Já nas amostras de Sene os teores de umidade variaram de  $7,0 \pm 0,1$  a  $12,3 \pm 0,1\%$ , o menor teor é de uma amostra (S1) comercializada embalada e o maior teor de umidade é de uma amostra (S8) comercializada em sachê. Não existe uma legislação específica de umidade para chás de Canela de Velho e Sene, mas considerando o valor estabelecido pela Anvisa, que é de 12% para chá misto, os valores encontram-se dentro do estabelecido (BRASIL, 1998). Teores de umidade acima do permitido podem favorecer proliferação de micro-organismos (HAMANN et al., 2020).

Hamann et al. (2020) determinaram o teor de umidade em cinco amostras de Canela de Velho e os resultados variaram de 4,44 a 6,65 %.

Para Al, apenas as amostras de Canela de Velho apresentaram teores acima do LQ, que variou de  $343 \pm 18$  a  $1163 \pm 36 \mu\text{g g}^{-1}$ , sendo as amostras CV7 e CV2, respectivamente. A amostra CV7 foi comprada a granel e tem como origem o estado de São Paulo, já a amostra CV2 foi comprada com embalagem original de fábrica e tem como origem o estado do Paraná. Essa diferença nos valores de concentração, pode estar relacionada com o local de plantio da planta, e o tipo do solo da região (geralmente o estado do Paraná possui solos que são ricos em alumínio).

Estudos feitos com os frutos da Canela de Velho (PASTA et al, 2019) apresentaram concentração de Al de  $2600,00 \pm 0,03 \mu\text{g g}^{-1}$ . Porém, não foram encontrados até o momento, estudos que utilizassem as folhas da planta.

A maior concentração encontrada de Al ( $1163 \mu\text{g g}^{-1}$ ) nas amostras de CV corresponde à 2,326 mg de Al, essa será a quantidade ingerida se uma pessoa adulta consumir uma xícara de chá (2 g/100 mL) de CV por dia. A ingestão diária aceitável é de  $2 \text{ mg kg}^{-1}$  por peso corporal (FAO/WHO, 2014), considerando uma pessoa adulta de 70 kg, a ingestão de uma xícara de chá de CV não ultrapassa a ingestão aceitável.

As frações bioacessíveis para Al foram obtidas apenas nas amostras de Canela de Velho que variaram de  $62 \pm 4$  a  $98 \pm 3\%$ . O Al é um elemento que normalmente está complexado a compostos fenólicos (melanoidinas), portanto, isso pode influenciar na disponibilidade do metal durante o processo de absorção pelo organismo (DE CAMPOS et al., 2014).

O alumínio quando absorvido pelo organismo pode ser distribuído para o cérebro, ossos, rins e fígado, mesmo em baixas concentrações pode causar riscos ao ser humano (DANTAS et al., 2007; LEAL et al., 2013).

Para as amostras de Sene, Al não foi detectado na cocção e nem nas frações bioacessíveis, apenas sendo detectado nas digestões das amostras (Tabela 8).

A concentração de Ca variou de  $102 \pm 23$  a  $347 \pm 13 \mu\text{g g}^{-1}$  para as amostras de Canela de Velho. O estudo feito por Pasta e colaboradores (2019) indicou uma concentração de  $11400 \mu\text{g g}^{-1}$  no fruto da Canela de Velho. Para as amostras de Sene a concentração de Ca variou de  $2500 \pm 49$  a  $13530 \pm 168 \mu\text{g g}^{-1}$ .

Para Ca, pode-se observar que as frações bioacessíveis variaram de  $26 \pm 6$  a  $122 \pm 1\%$  nas amostras de Canela de Velho. E para as amostras de Sene variou de  $88 \pm 2$  a  $119 \pm 9$ . Assim, a possibilidade de absorção intestinal do Ca a partir dos chás de Canela de Velho e de Sene, com exceção da amostra CV9 ( $26 \pm 6\%$ ), pode ser considerada total, indicando que o Ca é extraído na digestão enzimática.

Considerando a maior concentração de Ca encontrada nas amostras de CV ( $347 \mu\text{g g}^{-1}$ ), a ingestão diária de uma pessoa que consuma uma xícara de chá de CV por dia ( $2 \text{ g}/100 \text{ mL}$ ) seria de  $0,694 \text{ mg}$  de Ca. Já para as amostras de Sene a maior concentração obtida ( $13530 \mu\text{g g}^{-1}$ ), equivale a  $27,06 \text{ mg}$  de Ca em uma xícara de chá ( $2 \text{ g}/100 \text{ mL}$ ). A IDR de Ca para adultos é de  $1000 \text{ mg}/\text{dia}$  (ANVISA, 2004), portanto, as amostras de CV e de Sene não ultrapassam esse valor.

O elemento Cr, pode ser quantificado apenas nas amostras de Canela de Velho CV1 e CV8, com as concentrações  $0,109 \pm 0,003$  e  $0,093 \pm 0,009 \mu\text{g g}^{-1}$ , respectivamente. As demais amostras ficaram com valores abaixo do LQ da técnica. Foi possível detectar as frações bioacessíveis nestas amostras, sendo  $30,0 \pm 1,0$  para CV1 e  $62 \pm 8\%$  para CV8.

Para as amostras de Sene, foi possível detectar Cr apenas na amostra S1 com  $0,129 \pm 0,002 \mu\text{g g}^{-1}$  e fração bioacessível de  $37,9 \pm 1,5\%$ . As demais amostras tiveram valores menores que o LQ e não foram detectadas frações bioacessíveis.

Considerando as concentrações das amostras de CV e Sene que foram possíveis quantificar Cr, essas concentrações ficaram abaixo da IDR de Cr que é de  $35 \mu\text{g}/\text{dia}$  (ANVISA, 2004), considerando o consumo de uma xícara de chá por dia dessas plantas.

As concentrações de Cu, nas amostras de Canela de Velho, variaram de  $0,30 \pm 0,05$  a  $0,9 \pm 0,2 \mu\text{g g}^{-1}$ . E foram obtidas frações bioacessíveis que variaram de  $62 \pm 2$  a  $90 \pm 3\%$ .

Para as amostras de Sene as concentrações de Cu variaram de  $0,35 \pm 0,04$  a  $1,62 \pm 0,04 \mu\text{g g}^{-1}$ . E as frações bioacessíveis variaram de  $63 \pm 4$  a  $91 \pm 5\%$ .

Considerando a maior concentração de Cu encontrada nas amostras de CV ( $0,9 \mu\text{g g}^{-1}$ ), a ingestão diária de uma xícara de chá de CV por dia ( $2\text{g}/100 \text{ mL}$ ) seria de  $0,0018 \text{ mg}$  de Cu. Já para as amostras de Sene a maior concentração obtida ( $1,62\mu\text{g g}^{-1}$ ), equivale a  $0,00324 \text{ mg}$  de Cu em uma xícara de chá ( $2\text{g}/100 \text{ mL}$ ). A IDR de Cu para um adulto é de  $900\text{mg}/\text{dia}$  (ANVISA, 2004), portanto, as amostras de CV e de Sene não ultrapassam esse valor.

Para Mg, as concentrações obtidas variaram de  $264 \pm 27$  a  $633 \pm 53 \mu\text{g g}^{-1}$  para as amostras de Canela de Velho. E as frações bioacessíveis variaram de  $79 \pm 8$  a  $111 \pm 8\%$ . Pode-se observar que as frações bioacessíveis ficaram próximas a 100%, indicando a possibilidade de o Mg ser totalmente extraído na digestão enzimática. Esses dados ajudam a comprovar a eficácia de um dos usos da Canela do Velho: tratamento de dores causadas pela artrite e artrose. O chá, extratos e pomadas da Canela do Velho são muito usados, principalmente por idosos, para esse fim. O Mg, é um mineral muito importante na reposição de colágeno e no alívio das dores causadas por problemas ósseos. Neste sentido, uma alta bioacessibilidade deste metal, pelo consumo da Canela do Velho, mostra que o Mg pode vir a ser metabolizado pelo organismo e assim, atuar em diversos processos do nosso corpo.

Para as amostras de Sene as concentrações de Mg variaram de  $672 \pm 55$  a  $5322 \pm 225 \mu\text{g g}^{-1}$  e com frações bioacessíveis que variaram de  $72,3 \pm 0,9$  a  $108,4 \pm 0,1\%$ . Pode-se observar que as concentrações de Mg nas amostras de Canela de Velho foram menores quando comparadas com as amostras de Sene. Porém, as frações bioacessíveis foram maiores nas amostras de Canela de Velho.

A maior concentração de Mg encontrada nas amostras de CV ( $633 \mu\text{g g}^{-1}$ ), corresponde a uma ingestão diária de  $1,266 \text{ mg}$  de Mg, em uma xícara ( $2\text{g}/100 \text{ mL}$ ). A IDR de Mg para adultos é de  $260 \text{ mg}/\text{dia}$  (ANVISA, 2005). Isso indica que o consumo de uma xícara de chá de CV não ultrapassa esse valor.

Já para as amostras de Sene, a maior concentração de Mg ( $5322 \mu\text{g g}^{-1}$ ) corresponde a uma ingestão de  $10,644 \text{ mg}$  por xícara de chá. A IDR de Mg para adultos é de  $260 \text{ mg}/\text{dia}$  (ANVISA, 2005). Isso indica que o consumo de uma xícara de chá de Sene não ultrapassa a IDR.

As frações de massa encontradas para Zn nas amostras de Canela de Velho variaram de  $1,3 \pm 0,3$  a  $3,1 \pm 0,4 \mu\text{g g}^{-1}$ , sendo que para a amostra CV9 não foi detectado

Zn e para a amostra CV3 o valor ficou abaixo do LQ. E as frações bioacessíveis de Zn variaram de  $76 \pm 5$  a  $114,0 \pm 0,2\%$ , com exceção das amostras CV2, CV3 e CV9 nas quais não foram detectadas. Portanto, as frações bioacessíveis de Zn para Canela de Velho, indicam que o metal pode ser totalmente absorvido pelo intestino.

Já para as amostras de Sene a concentração de Zn variou de  $3,8 \pm 0,5$  a  $7,3 \pm 0,3 \mu\text{g g}^{-1}$ . E as frações bioacessíveis variaram de  $23 \pm 3$  a  $112,7 \pm 0,7\%$ . Os baixos valores para a fração bioacessível de Zn em algumas amostras pode estar relacionado com o fato de que o Zn complexa facilmente com alguns compostos. Dependendo da concentração de compostos orgânicos presentes no Sene, pode ocorrer essa complexação e o Zn não fica disponível na digestão enzimática do chá. Para a amostra S8 a concentração de Zn ficou abaixo do LQ e também não foi detectado na fração bioacessível.

A maior fração de massa de Zn nas amostras de CV ( $3,1 \mu\text{g g}^{-1}$ ), a ingestão diária de Zn nessa amostra corresponde a  $0,0062 \text{ mg}$  por xícara de chá ingerida ( $2 \text{ g}/100 \text{ mL}$ ). E na maior concentração de Zn encontrada nas amostras de Sene ( $7,3 \mu\text{g g}^{-1}$ ), a ingestão diária corresponde a  $0,0146 \text{ mg}$  por xícara consumida ( $2\text{g}/100\text{mL}$ ). A IDR de Zn para adultos é de  $7 \text{ mg}/\text{dia}$  (ANVISA, 2004), então todas as amostras de CV e de Sene não ultrapassaram esse valor.

A amostra CV10 é um extrato concentrado de Canela de Velho. Para ela, foram detectadas concentrações de todos os metais estudados. Em relação às frações bioacessíveis, com exceção de Zn, todos os elementos avaliados foram detectados com altas porcentagens.

A quantidade de consumo do extrato líquido indicada na embalagem é de no máximo  $60 \text{ mL}$  por dia. Considerando as concentrações obtidas, todos os elementos avaliados ficaram dentro dos valores das recomendações de ingestão diária (ANVISA, 2004; FAO/WHO, 2014), que foram de  $0,2576 \text{ mg}$ ,  $0,6420 \text{ mg}$ ,  $0,0004 \text{ mg}$ ,  $0,0022 \text{ mg}$ ,  $0,4736 \text{ mg}$ ,  $0,0002 \text{ mg}$  para Al, Ca, Cr, Cu, Mg e Zn, respectivamente.

Comparando as duas plantas, as amostras de Canela de Velho apresentaram os menores teores de todos os elementos avaliados, com exceção do Al.

Não foram encontrados na literatura, até o momento, trabalhos semelhantes (em relação ao perfil mineral) com essas plantas.

Pelos resultados obtidos nas frações bioacessíveis do chá de Canela de Velho e Sene, com exceção das amostras CV1 e S1 de Cr, CV9 de Ca, S6, S7 e S9 de Zn, nos demais elementos a porcentagem foi maior que  $60 \%$ , indicando um alto potencial de absorção intestinal destes metais, com o consumo dos chás.

#### 5.4 COLORIMETRIA DAS AMOSTRAS DE CANELA DE VELHO E SENE

A colorimetria é uma técnica que estuda as cores e as caracteriza através de números. A cor das amostras foi avaliada de acordo com a Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) através das coordenadas  $L^*$   $a^*$   $b^*$ . A medição incluiu a determinação da luminosidade ( $L^*$ ) e dos valores de  $a^*$  e  $b^*$ .  $L^*$  é a indicação de preto (0) ao branco (100),  $+a^*$  é tonalidade do vermelho e  $-a^*$  do verde e o  $+b^*$  indica tonalidade do amarelo e  $-b^*$  do azul.

Todas as amostras de Canela de Velho e de Sene foram analisadas. Os valores das coordenadas  $L^*$   $a^*$   $b^*$  das amostras são apresentadas na Tabela 11.

**Tabela 11** – Valores colorimétricos das amostras de Canela de Velho e Sene.

<b>Amostras</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>Amostras</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>
<b>CV1</b>	32,88	8,05	7,48	<b>S1</b>	56,30	1,25	22,52
<b>CV2</b>	38,05	11,67	9,89	<b>S2</b>	53,03	0,76	19,94
<b>CV3</b>	34,48	5,19	9,99	<b>S3</b>	53,06	2,45	22,26
<b>CV4</b>	34,90	5,38	11,97	<b>S4</b>	53,10	0,92	22,37
<b>CV5</b>	34,37	3,10	12,13	<b>S5</b>	45,53	1,22	25,00
<b>CV6</b>	31,04	3,83	8,07	<b>S6</b>	49,31	0,79	14,04
<b>CV7</b>	38,69	10,05	11,66	<b>S7</b>	49,78	0,65	17,89
<b>CV8</b>	45,55	4,85	15,98	<b>S8</b>	43,11	2,94	24,73
<b>CV9</b>	34,18	6,63	5,72	<b>S9</b>	41,87	7,28	22,93

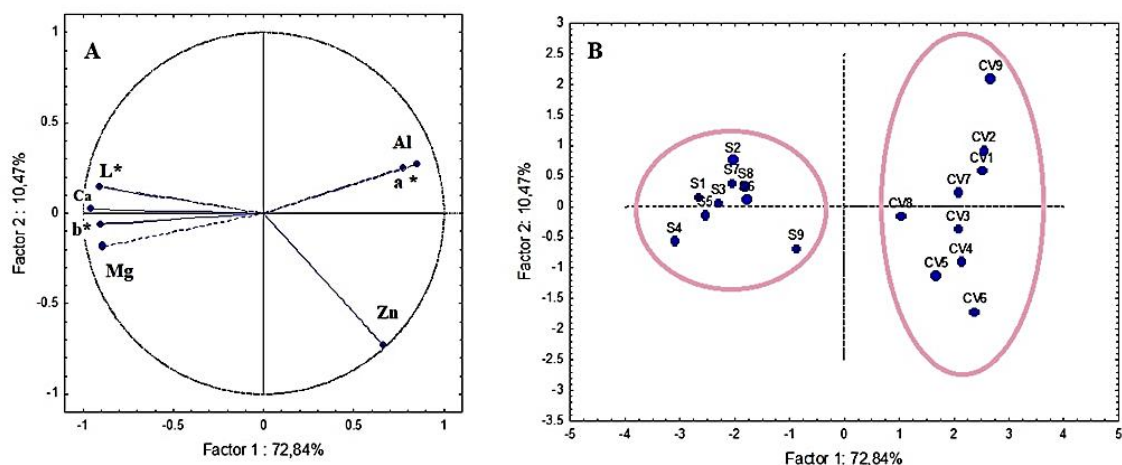
Fonte: A autora (2022).

Observando dados colorimétricos da Tabela 11, todas as amostras de Canela de Velho e de Sene apresentaram coloração  $+a^*$  (vermelho) e  $+b^*$  (amarelo). Em comparação das duas plantas, pode-se notar que a maioria das amostras de Canela de Velho tiveram valores de  $L^*$  mais baixos e  $+a^*$  mais altos, ou seja, são mais escuros e com tonalidade mais avermelhada do que as amostras de Sene, porém as amostras de Sene tiveram  $+b^*$  mais altos que as amostras de Canela de Velho, tornando-as mais amarelas.

Os compostos fenólicos contribuem para a cor do vegetal, portanto os maiores valores de  $L^*$  das amostras de Sene podem estar relacionados a uma maior concentração destes compostos na planta (D'ABADIA et al., 2020).

Foram avaliadas correlações entre alguns elementos inorgânicos e as cores nas amostras através da análise de componentes principais. A Figura 11 apresenta os gráficos das variáveis mais significativas e das amostras CV e Sene, somando 83,24 % de explicação dos dados pelos fatores 1 e 2. As amostras de Sene foram separadas das amostras de CV pelo fator 1 como esperado, pois, são plantas diferentes. No entanto, os fatores de cores L\* e b\* apresentaram correlação forte com Ca e Mg nas folhas de Sene, enquanto o fator a\* apresentou forte correlação com Zn e Al nas folhas de CV. Essas correlações indicam que a presença dos elementos inorgânicos também pode influenciar nas cores das plantas. Os outros elementos avaliados, presentes em menores concentrações nessas plantas, como Cr e Cu, não apresentaram influência significativa com as cores de Sene e CV.

**Figura 11** - (A) Componentes principais mostrando as variáveis estudadas nas amostras de CV e Sene. (B) Componentes principais das amostras de CV e de Sene agrupadas pelas semelhanças entre os metais e atividade redutora.



Fonte: A autora (2022).

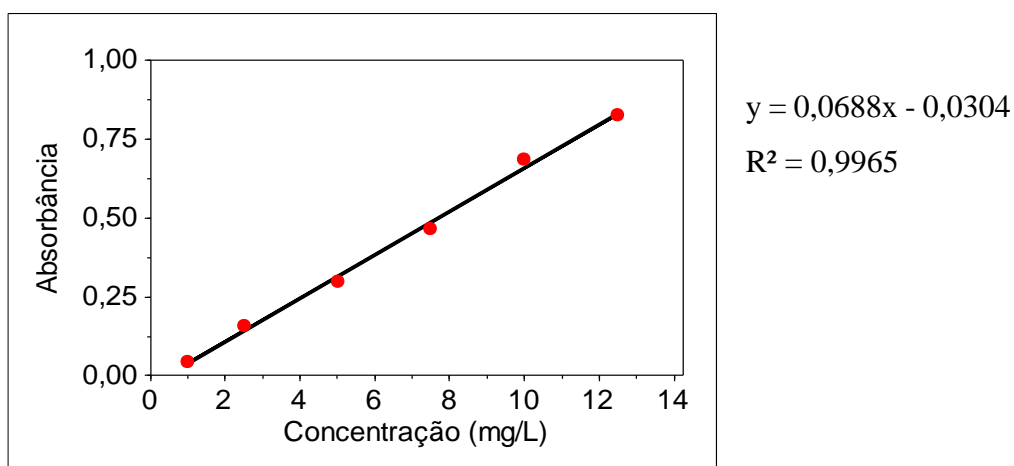
## 5.5 DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO TOTAL E BIOACESSÍVEL DE FENÓLICOS E FLAVONOIDES TOTAIS NA COCÇÃO DE CANELA DE VELHO E SENE

Após os estudos da quantificação dos nutrientes nas cocções e nas frações bioacessíveis, foi realizado um estudo para quantificar os compostos fenólicos totais e flavonoides em Canela de Velho e Sene. Os compostos fenólicos vêm sendo amplamente estudados, pois estudos indicam que seu uso causa diversos benefícios à saúde, como na

forma de antioxidantes e na prevenção de doenças inflamatórias (ACOSTA-ESTRADA; GUTIÉRREZ-URIBE; SERNA-SALDÍVAR, 2014).

Para a determinação do teor de flavonoides nas cocções de Canela de Velho e Sene e nas suas respectivas frações bioacessíveis, foi construído uma curva analítica (Figura 12) com as soluções de diferentes concentrações de quercetina, tendo como resposta as respectivas absorbâncias.

**Figura 12** - Curva analítica para quantificação de flavonoides em amostras de Canela de Velho e Sene.



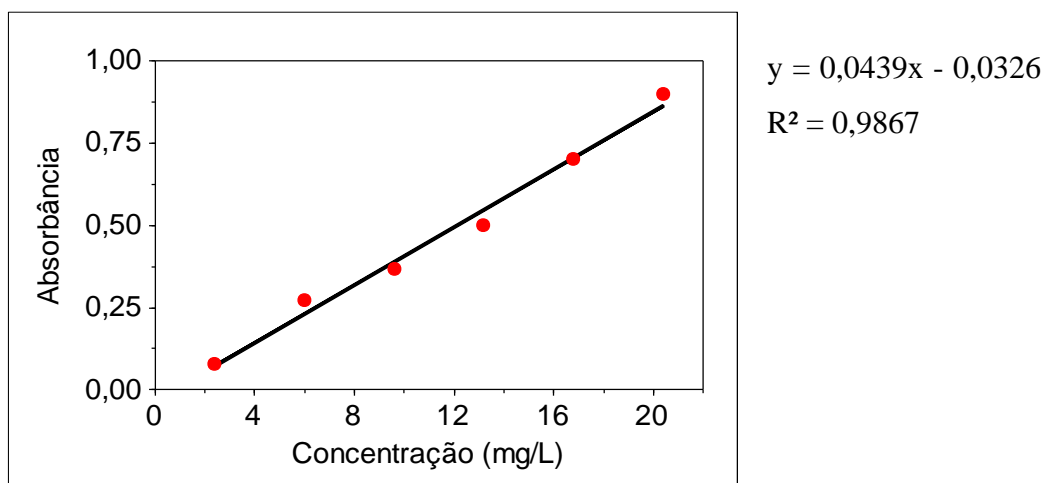
Fonte: A autora (2021).

O coeficiente de determinação para a curva analítica foi maior que 0,99, o que indica uma relação adequada entre os dados avaliados.

Para determinar o teor de fenólicos totais nas cocções das plantas e nas suas frações bioacessíveis, construiu-se uma curva analítica (Figura 13), tendo como resposta as absorbâncias para as soluções de diferentes concentrações de ácido gálico.



**Figura 13** - Curva analítica para quantificação de fenólicos totais em amostras de Canela de Velho e Sene.



Fonte: A autora (2021).

O coeficiente de determinação para a curva analítica foi próximo a 0,99, o que indica uma relação adequada entre os dados avaliados.

Após a construção das curvas analíticas, foi realizado o procedimento para determinação de flavonoides e fenólicos nas amostras, como já foi descrito anteriormente. As leituras das absorbâncias foram feitas nas cocções e frações bioacessíveis das amostras de Canela de Velho e Sene. Os resultados estão apresentados na Tabela 12.

**Tabela 12** - Teor de flavonoides e fenólicos totais em cocções de Canela de Velho e Sene e nas frações bioacessíveis.

<b>Amostra</b>	<b>Flavonoides totais (mg g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Fração bioacessível (%)</b>	<b>Fenólicos totais (mg g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Fração bioacessível (%)</b>
CV1	0,90 ± 0,06	40 ± 8	24 ± 4	94 ± 1
CV2	0,6 ± 0,2	54 ± 2	24 ± 5	81 ± 5
CV3	0,8 ± 0,2	57 ± 3	28 ± 3	94 ± 6
CV4	0,8 ± 0,1	72 ± 3	17 ± 3	83 ± 4
CV5	1,0 ± 0,1	50 ± 4	35 ± 5	70 ± 4
CV6	0,9 ± 0,1	42 ± 2	28 ± 3	76 ± 10
CV7	0,6 ± 0,1	67 ± 1	26 ± 5	79 ± 3
CV8	1,42 ± 0,05	20 ± 4	55 ± 5	82 ± 1
CV9	1,0 ± 0,3	92 ± 2	62 ± 1	99 ± 3
CV10*	149 ± 8	90 ± 1	588 ± 17	99 ± 11
S1	8,40 ± 0,05	83 ± 2	25 ± 2	81 ± 3
S2	9,9 ± 0,7	98,0 ± 0,5	22 ± 1	100 ± 4
S3	12,6 ± 0,5	89 ± 3	28 ± 1	89 ± 4
S4	13 ± 1	85 ± 5	29 ± 3	89 ± 5
S5	10,9 ± 0,7	89 ± 2	27 ± 2	83 ± 3
S6	7,5 ± 0,7	87 ± 5	23 ± 4	70 ± 4
S7	10,1 ± 0,3	77 ± 3	29 ± 2	76 ± 5
S8	2,7 ± 0,9	98 ± 3	11 ± 3	100 ± 6
S9	7 ± 1	90 ± 2	32 ± 1	97 ± 5

CV10\* amostra do extrato pronto de Canela de Velho. Valores estão expressos em mg L<sup>-1</sup>.

Fonte: A autora (2022).

Observando a Tabela 12, pode-se verificar que na determinação de flavonoides totais para Sene, as concentrações variaram de 2,7 ± 0,9 a 13 ± 1 mg g<sup>-1</sup>, e suas frações bioacessíveis variaram de 77 ± 3 a 98,0 ± 0,5%. Já para as amostras de Canela de Velho analisadas, a concentração variou de 0,6 ± 0,1 a 1,42 ± 0,05 mg g<sup>-1</sup>, com frações bioacessíveis de 20 ± 4 a 92 ± 2%. As maiores concentrações e frações bioacessíveis de flavonoides totais foram nas amostras de Sene. Uma baixa fração bioacessível de flavonoides totais, mostra que estes podem estar interagindo com as enzimas do processo

gastrointestinal. Isso pode também influenciar a bioacessibilidade dos elementos metálicos.

Pode-se destacar que a Canela de Velho apresentou menores concentrações dos elementos nos chás e nos flavonoides, comparada com as amostras de Sene. Na literatura, é descrito que as plantas costumam ter maiores concentrações de elementos essenciais e compostos orgânicos nas suas partes aéreas, como por exemplo, as folhas (SOARES, 2015). As amostras de Sene utilizadas neste trabalho apresentavam na sua composição mais folhas e pouquíssimas partes de caules. Já na amostra de Canela de Velho, além das folhas, estavam presentes partes do caule, como pode ser observado nas imagens da Figura 9. Isso, possivelmente, explique a diferença nos resultados, quando são comparadas as duas plantas. A menor bioacessibilidade também pode ser justificada pela interação com a matriz, que pode o tornar menos solúvel nos fluidos gastrointestinais (BARROS et al, 2021).

Para a determinação de fenólicos os teores encontrados para Sene e Canela de Velho ficaram mais próximos. Para a Canela de Velho o teor variou de  $17 \pm 3$  a  $62 \pm 1$  mg g<sup>-1</sup> com frações bioacessíveis de  $70 \pm 4$  a  $99 \pm 3\%$ . Para Sene os teores variaram de  $11 \pm 3$  a  $32 \pm 1$  mg g<sup>-1</sup> e suas frações bioacessíveis de  $70 \pm 4$  a  $100 \pm 6\%$ . Neste caso, a bioacessibilidade para os fenólicos totais foi quase total, o que pode representar a baixa interação destes compostos com as enzimas do processo, e até mesmo com os avaliados.

Já para a amostra CV10 a concentração de flavonoides totais foi de  $149 \pm 8$  mg L<sup>-1</sup> e para os fenólicos totais foi de  $588 \pm 17$  mg L<sup>-1</sup>. As frações bioacessíveis para flavonoides e fenólicos ficaram próximas, sendo de  $90 \pm 1\%$  e  $99 \pm 11\%$ , respectivamente. A bioacessibilidade dos compostos orgânicos encontrados nessa amostra pode ser considerada total, indicando que são extraídos na digestão enzimática.

Na literatura, estudos com Sene apresentam concentrações de fenólicos totais de  $92,6 \pm 3,6$  mg g<sup>-1</sup>, e de flavonoides de  $48,3 \pm 2,1$  mg g<sup>-1</sup> (WANG et al., 2019). Porém, o método de preparo das amostras, no trabalho citado, foi com extração metanólica, diferente do procedimento que foi utilizado no presente estudo que empregou a cocção com água.

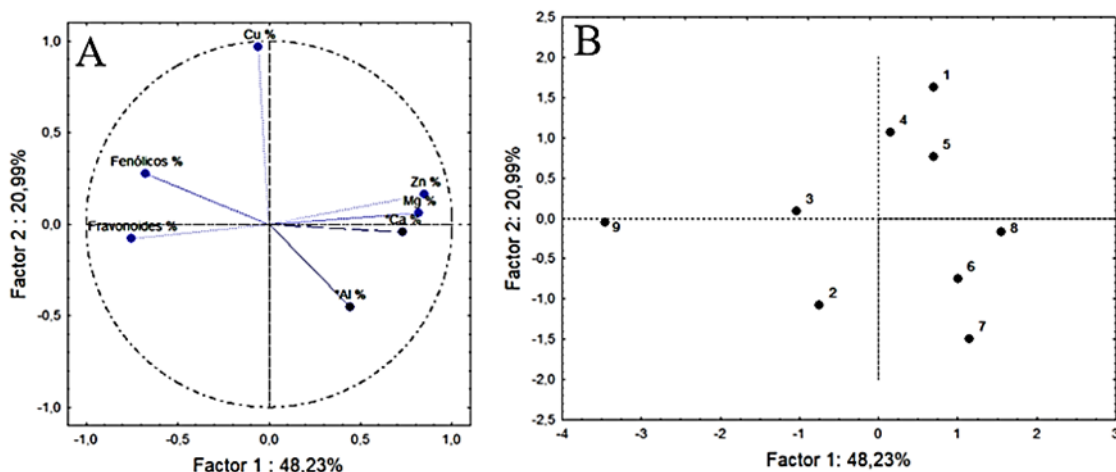
Para Canela de Velho, a literatura apresenta estudos com quantificações de fenólicos e flavonoides na mesma. Nestes estudos, a concentração de fenólicos totais foi de  $551,3 \pm 3,7$  mg g<sup>-1</sup> e de flavonoide de  $367,2 \pm 10,5$  mg g<sup>-1</sup> (LIMA et al. 2020) e de  $70,04 \pm 0,12$  mg g<sup>-1</sup> para fenólicos totais (PIERONI, et al., 2011). Porém, os métodos de preparo das amostras por LIMA et al., (2020) e PEIRONI et al., (2011) foram por meio

de extração etanólica e metanólica, respectivamente, os quais não foram empregados no presente trabalho.

Os compostos fenólicos por ter propriedades quelantes podem prevenir ou diminuir os efeitos provocados pelos metais pesados, portanto, plantas medicinais ricas em compostos fenólicos podem diminuir a biodisponibilidade dos elementos potencialmente tóxicos e aumentar a sua excreção (WANG et al., 2019).

Foi avaliada uma possível correlação entre as variáveis elementos e fenólicos e flavonoides totais das amostras de chás através da análise de componentes principais (ACP). Usou-se apenas os resultados da fração bioacessível (Tabelas 10 e 12). Nas Figuras 14 e 15 são apresentadas as ACP das amostras de Canela de Velho e de Sene, respectivamente.

**Figura 14** - (A) Componentes principais entre as variáveis estudadas nas amostras de CV. (B) Componentes principais das amostras de chás de CV agrupadas pelas semelhanças entre os elementos avaliados e atividade redutora.

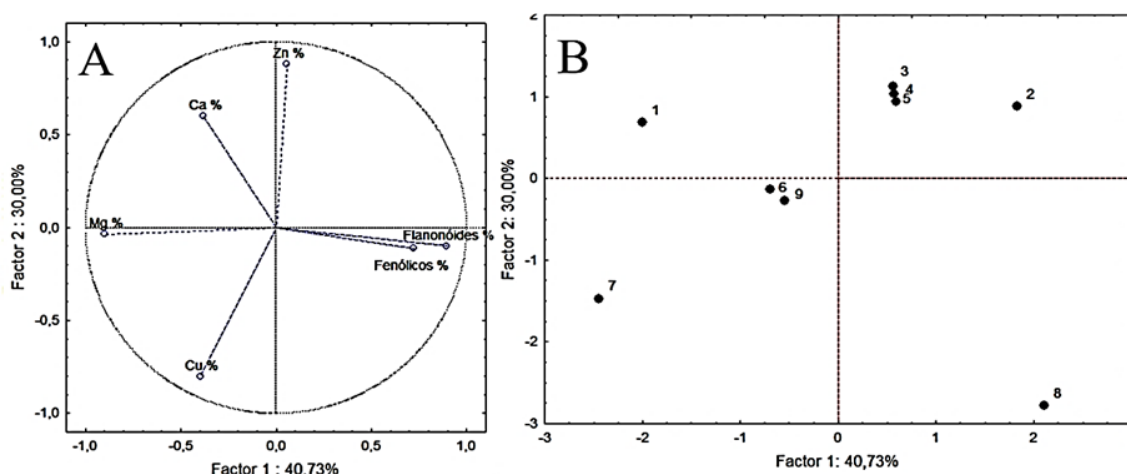


Fonte: A autora (2022).

A primeira componente foi responsável por explicar 48,23 % da variabilidade dos dados e a segunda componente de 20,99 %, totalizando 69,22 % dos dados avaliados. Pode-se observar que na primeira componente, as amostras CV2, CV3 e CV9 foram inversamente proporcionais aos metais, com exceção do Cu, isto é, quanto maior a fração bioacessível de compostos orgânicos bioacessíveis, menor a fração dos metais. Pela segunda componente principal, observa-se que os flavonoides apresentaram correlação com o Al para as amostras CV2, CV6, CV7, CV8 e CV9, enquanto as amostras CV1, CV3, CV4 e CV5 apresentaram correlação com fenólicos, Cu, Mg, Ca e Zn. Esta

variabilidade de resultados nas amostras da mesma espécie mostra que não há um padrão definido para as amostras de chás na mesma espécie. As frações bioacessíveis de Cr não foram utilizadas na ACP, pois na maioria das amostras não foram detectadas frações bioacessíveis de Cr.

**Figura 15** - (A) Componentes principais entre as variáveis estudadas nas amostras de Sene. (B) Componentes principais das amostras de chás de Sene agrupadas pelas semelhanças entre os elementos avaliados e atividade redutora.



Fonte: A autora (2022).

Os fatores 1 e 2 da ACP (Fig. 15) responderam por 70,73 % dos dados avaliados, sendo que a primeira componente foi responsável por explicar 40,73 % da variabilidade dos dados e a segunda componente por 30,00 %. Pode-se observar que pela primeira componente, as amostras S1, S6, S7 e S9 estão correlacionadas com os metais Ca, Cu e Mg. As demais amostras estão correlacionadas com Zn, fenólicos e flavonoides. Já para a segunda componente, pode-se observar que os compostos orgânicos, Cu e Mg apresentaram maior correlação com as amostras S6, S7, S8 e S9, que foram inversamente proporcionais com as amostras que apresentaram maiores porcentagens das frações bioacessíveis dos metais Ca e Zn. Esta variabilidade de resultados nas amostras da mesma espécie mostra que não há um padrão definido para as amostras de chás na mesma espécie. As frações bioacessíveis de Al e Cr não foram utilizadas na PCA, por não serem detectadas frações bioacessíveis para as amostras.

Em relação a bioacessibilidade, nenhum trabalho foi encontrado, até o momento, contemplando as plantas medicinais que são objetos de estudo desta tese.

## 6. CONCLUSÕES

Com a realização deste estudo, foi possível avaliar que o procedimento de preparo dos chás, empregando a cocção, é adequado e pode ser utilizado nas determinações das concentrações de elementos inorgânicos por AAS.

Em relação a validação da metodologia realizada, os parâmetros avaliados (linearidade, limites de detecção e quantificação e precisão) para o método, apresentaram resultados adequados, estando dentro dos critérios recomendados.

Foi possível verificar que apenas Ca, Cu e Mg tiveram concentrações totais e bioacessíveis quantificadas em todas as amostras estudadas de Canela de Velho e Sene. Cr, por sua vez, foi detectado em apenas três amostras de Canela de Velho e uma amostra de Sene, indicando uma possível relação da concentração dos mesmos com o local de cultivo. Para o Al, foi apenas o chá de Canela de Velho que apresentou concentração total e bioacessível quantificável em todas as amostras.

Para os teores de fenólicos, a porcentagem bioacessível foi próximo a 90 % para as duas espécies de plantas estudadas. Com relação aos flavonoides, porcentagens próximas a 88 % foram obtidas para Sene, sendo que na Canela de Velho, a fração foi próxima a 55 %. Esse menor valor na bioacessibilidade de flavonoides na Canela de Velho pode ter relação com os menores valores encontrados para a bioacessibilidade de Cr e Zn, na mesma planta. Uma interação destes metais com flavonoides, pode explicar esse comportamento.

Na análise de componentes principais entre as variáveis metais e compostos orgânicos nas amostras de chás de Canela de Velho, pode-se observar que para algumas amostras, quanto maior a fração bioacessível dos compostos orgânicos, menor a fração dos metais. Observou-se também, que os flavonoides apresentam correlação com o Al para algumas amostras, sendo que para outras amostras os fenólicos apresentam correlação com Cu, Mg, Ca e Zn. Não houve um padrão distinto entre as amostras de chás da mesma espécie.

A análise de componentes principais nas amostras de Sene apresenta correlação dos compostos orgânicos, Cu e Mg para algumas amostras, as quais são inversamente proporcionais com as amostras que apresentaram maiores porcentagens de frações bioacessíveis dos metais Ca e Zn. Não houve um padrão distinto entre as amostras de chás de Sene.

O consumo de chás de CV e Sene não ultrapassaram a IDR dos elementos estudados. Indicando que o consumo adequado desses chás não causa intoxicação. Portanto, a sua utilização pode ser benéfica para o consumidor.

Os resultados obtidos neste trabalho indicam a importância de se avaliar as concentrações totais e as frações bioacessíveis dos íons metálicos e dos compostos orgânicos em chás de plantas medicinais, que são tão consumidas, e que por muitas vezes não se tem conhecimento das concentrações ingeridas, podendo levar danos à saúde.

## 7. REFERÊNCIAS

- ACOSTA-ESTRADA, B. A.; GUTIÉRREZ-URIBE, J. A.; SERNA-SALDÍVAR, S. O. Bound phenolics in foods, a review. **Food Chemistry**, v.152, p. 46-55, 2014.
- AGUIAR, J. I. S.; SILVA, M. T. S.; FERREIRA, H. A. G.; PINTO, E. C. B.; VASCONCELOS, M. W.; RANGEL, A. O. S. S.; MESQUITA, R. B. R. Development of a microfluidic paper-based analytical device for magnesium determination in saliva samples. **Talanta Open**, v. 6, p. 1-8, 2022.
- AHMADI, H.; RAHIMMALEK, M.; ZEINALI, H. Assessment of the genetic variation of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) populations using phytochemical, morphological and ISSR markers. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 54, p. 190-197, 2014.
- ALBA, T. M.; TESSARO, E.; SOBOTTKA, A. M. Seasonal effect on phenolic content and antioxidant activity of young, mature and senescent leaves from *Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis (Basellaceae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, p. 1-8, 2022.
- ALEGRÍA-TORÁN, A.; BARBERÁ-SÁEZ, R.; CILLA-TATAY, A. Bioavailability of minerals in foods. 1° Edition. John Wiley & Sons, Ltd., 2015, p. 41-67.
- ALLENSPACH, N.; DIAS, M. M. Frugivory by birds on *Miconia albicans* (MELASTOMATACEAE), in a fragment of cerrado in São Carlos, southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, n. 2, p. 407-413, 2012.
- ALSHEHRI, M. M.; QUISPE, C.; HERRERA-BRAVO, J.; SHARIFI-RAD, J.; TUTUNCU, S.; AYDAR, E. F.; TOPKAYA, C.; MERTDINC, Z.; OZCELIK, B.; AITAL, M.; KUMAR, N. V. A.; LAPAVA, N.; RAJKOVIC, J.; ERTANI, A.; NICOLA, S.; SEMWAL, P.; PAINULI, S.; GONZÁLEZ-CONTRERAS, C.; MARTORELL, M.; BUTNARIU, M.; BAGIU, I. C.; BAGIU, R. V.; BARBHAI, M. D.; KUMAR, M.; DASTAN, S. D.; CALINA, D.; CHO, W. C. A Review of Recent Studies on the Antioxidant and AntiInfectious Properties of *Senna* Plants. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, p. 1-38, 2022.
- ALVES, J. P. S.; CERQUEIRA, U. M. F. M.; NOVAES, C. G.; DOS SANTOS, W. N. L.; ARAÚJO, S. A.; BEZERRA, M. A. Multivariate optimization of a goat meat alkaline solubilization procedure using tetramethylammonium hydroxide for metals determination using FAAS. **Food Chemistry**, v. 362, p. 1-7, 2021.
- AMARAL, W.; DESCHAMPS, C.; MACHADO, M. P.; KOELER, H. S.; SCHEER, A. P.; CÔCCO, L. C. Desenvolvimento da camomila, rendimento e qualidade do óleo essencial em diferentes idades de colheita. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 2, p. 237-242, 2014.
- AMORIM, F.A.C.; LOBO, I.P.; SANTOS, V.L.C.S.; FERREIRA, S.L.C. Espectrometria de absorção atômica: o caminho para determinações multielementares. **Química Nova**, v.31, p.1784-1790, 2008.



ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, n. 1, p. 1-9, 2007.

ANVISA. **Regulamento técnico sobre Ingestão Diária Recomendada (IDR) para proteína, vitaminas e minerais**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Consulta Pública nº80. 2004.

ANVISA. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Resolução – RE nº 269, de 22 de setembro de 2005.

ANVISA. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Resolução – RE nº 10, de 09 de março de 2010.

ANVISA. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Guia de orientação para registro de medicamentos fitoterápicos e registro e notificação de produtos tradicionais fitoterápicos. Brasília, agosto de 2013.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC INTERNATIONAL**, 19th Edition. 2012. APÊNDICE F.

ARAÚJO, P. Key aspects of analytical method validation and linearity evaluation. **Journal of Chromatography B**, v. 277, p. 2224-2234. 2009.

BALBINO, E. E.; DIAS, M. F. Farmacovigilância: um passo em direção ao uso racional de plantas medicinais e fitoterápicos. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, p. 992–1000, 2010.

BARROS, N. V. A.; DE ABREU, B. B.; ROCHA, M. M.; ARAÚJO, M. A. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. In vitro bioaccessibility of phenolic compounds and antioxidant activity in biofortified cowpea cultivars. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 52, n. 1, p. 1-9, 2021.

BASTOS, D. H. M.; ROGERO, M. M.; ARÊAS, J. A. G. Mecanismos de ação de compostos bioativos dos alimentos no contexto de processos inflamatórios relacionados à obesidade. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 53, n. 5, p. 646-656, 2009.

BIRT, D. F.; HENDRICH, S.; WANG, W. Dietary agents in cancer prevention: flavonoids and isoflavonoids. **Pharmacology & Therapeutics**, v. 90, p. 157-177, 2001.

BOMFIM, E. M. S.; SANTOS, T. G. de; CARNEIRO, A. S. O.; SILVA, M. C.; MARQUES, E. J.; VALE, V. L. C. Antimicrobial, antioxidant and cytotoxic activities and chemical profile of species of *Miconia* Ruiz & Pav., *Clidemia* D. Don and *Tibouchina* Aubl. (Melastomataceae). **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 14, p. 1-6, 2020.

BOSSU, C. M., MENEZES, E. A., NOGUEIRA, A. R. A. Bioacessibilidade de zinco, cálcio e fósforo em extrato de soja e amostras de leite bovino, caprino e ovino. **Química Nova**, v. 43, n. 6, p. 718-722, 2020.

BRASIL. Portaria n°. 519 de 26 de Junho de 1998 (ANVISA). Regulamento Técnico para fixação de Identidade e Qualidade de “Chás-Plantas destinadas à preparação de infusões ou decocções”. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 29 de jun.1998.

BRASIL, E. M.; ARAÚJO, R. S.; CAVALCANTI JUNIOR, G. B.; NUNES, A. R. D.; KRAMER, D. G. Atividade biológica de *Miconia albicans*: uma breve revisão biological activities of *Miconia albicans*: A short review. **Revista Ciência da Saúde**, v. 21, n. 1, p. 32-35, 2019.

BURIOL, L.; FINGER, D.; SCHMIDT, E. M.; DOS SANTOS, J. M. T.; DA ROSA, M. R.; QUINÁIA, S. P.; TORRES, Y. R.; SANTA, H. S. D.; PESSOA, C.; DE MORAES, M. O.; COSTA-LOTUFO, L. V.; FERREIRA, P. M. P.; SAWAYA, A. C. H. F.; EBERLIN, M. N. Composição química e atividade biológica de extrato oleoso de própolis: uma alternativa ao extrato etanólico. **Química Nova**, v. 32, n. 2, p. 296-302, 2009.

BUTIK, M.; KELTE FILHO, I.; PERES, J. A.; QUINÁIA, S. P. Comparação entre métodos de solubilização alcalina e digestão ácida de tecido animal para determinação de metais usando Espectrometria de Absorção Atômica em Chama. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 4, 1039-1055, 2018.

CIENFUEGOS, F., VAITSMAN, D. **Análise Instrumental**. Rio de Janeiro: Interciência, 2000, p 145-175, 209-219.

COISAS DA ROÇA. **Canela de Velho: desde a antiguidade aliviando dores**. Disponível em: <<https://www.coisasdaroca.com/plantas-medicinais/canela-de-velho.html>>. Acesso em: 20 de set. 2022.

CORRÊA, J. G. S.; BIANCHIN, M.; LOPES, A. P.; SILVA, E.; AMES, F. Q.; POMINI, A. M.; CARPES, S. T.; RINALDI, J. C.; MELO, R. C.; KIOSHIMA, E. S.; BERSANI-AMADO, C. A.; PILAU, E. J.; CARVALHO, J. E.; RUIZ, A. L. T. G.; VISENTAINER, J. V.; SANTIN, S. M. O. Chemical profile, antioxidant and anti-inflammatory properties of *Miconia albicans* (Sw.) Triana (Melastomataceae) fruits extract. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 273, p. 1-14, 2021.

D'ABADIA, A. C. A.; COSTA, A. M.; FALEIRO, F. G.; RINALDI, M. M.; DE OLIVEIRA, L. L.; MALAQUIAS, J. V. Determination of the maturation stage and characteristics of the fruits of two populations of *Passiflora cincinnata* Mast. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 2, p. 349-360, 2020.

DANTAS, S. T.; SARON, E. S.; DANTAS, F. B. H.; YAMASHITA, D. M.; KIYATAKA, P. H. M. Determinação da dissolução de alumínio durante cozimento de alimentos em panelas de alumínio. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 27, p. 291-297, 2007.

DA SILVA, V. B.; ALMEIRA-BEZERRA, J. W.; COSTA, A. R.; MORAIS-BRAGA, M. F. B.; DE OLIVEIRA, M. G.; PINHEIRO, A. A. V.; SAMPAIO, R. S. L.; CASTRO, J. W. G.; DOS SANTOS, M. A. F.; ULISSES, V. R. A.; PEREIRA, M. E. S. S.; DE SOUZA, M. A. F.; ALCÂNTARA, B. M.; GENERINO, M. E. M.; SILVA, J. T. C.; MAIA FILHO, A.; DA SILVA, S. B.; MOON, M.; KIM, B.; DA COSTA, J. G. M. The

Genus *Miconia* Ruiz & Pav. (Melastomataceae): Ethnomedicinal Uses, Pharmacology, and Phytochemistry. **Molecules**, v. 27, p. 1-12, 2022.

DE ANDRADE, C. K.; DE ANDRADE, J. K.; DOS ANJOS, V. E.; QUINÁIA, S. P. Bioaccessibility of Zinc from Yogurt and Determination of Total Concentration Using Slurry Sampling and Flame Atomic Absorption Spectrometry. **J. Braz. Chem. Soc.**, v. 30, n. 12, p. 2721-2730, 2019.

DE ANDRADE, C. K.; DE ANDRADE, J. K.; DOS ANJOS, V. E.; QUINÁIA, S. P. Avaliação da Bioacessibilidade de Pb, Cd, Cr, Cu, Al e Zn em Cocções de Chá-mate (*Ilex Paraguariensis*). 5º Encontro brasileiro de especiação Química. Águas de Lindóia, SP, 10 a 13 de dezembro, 2017. Publicado em meio digital.

DE ANDRADE, C. K. **Determinação das concentrações totais e bioacessíveis de íons metálicos em matrizes alimentares empregando espectrometria de absorção atômica**. 2018. 176p. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, Pr.

DE ANDRADE, A. M.; GALAZZI, R. M.; MIRÓ, M.; ARRUDA, M. A. Z. *In vitro* bioaccessibility of metals from tape tea – A low-cost emerging drug. **Journal of trace elements in medicine and biology**, v. 62, p. 1-6, 2020.

DE CAMPOS, B. K.; DOS PRAZERES, J. P.; TORRES, Y. R.; DOS ANJOS, V. E.; QUINÁIA, S. P. Avaliação da labilidade de alumínio em infusões de erva-mate empregando voltametria adsortiva de redissolução catódica. **Química Nova**, v. 37, n. 9, p. 1479-1486, 2014.

DE LEÃO, P. R. P.; MEDINA, A. L.; VIEIRA, M. A.; RIBEIRO, A. S. Decomposição de amostras de cerveja com sistema de refluxo para determinação monoelementar por F AAS/AES e determinação multielementar por MIP OES. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, p. 1-11, 2018.

DE LIMA, A. C. S.; SOARES, D. J.; DA SILVA, L. M. R.; DE FIGUEIREDO, R. W.; DE SOUSA, P. H. M.; MENEZES, E. A. *In vitro* bioaccessibility of copper, iron, zinc and antioxidant compounds of whole cashew apple juice and cashew apple fibre (*Anacardium occidentale* L.) following simulated gastro-intestinal digestion. **Food Chemistry**, v. 161, p. 142-147, 2014.

DE SOUZA, R. M.; COELHO, M. S.; RODRIGUES, B. J. Desenvolvimento de um método para preparar amostras de material de planta para a determinação de Ca, Cu, Mg, Mn, Fe e Zn por FAAS. **Brazilian Applied Science Review**, v. 4, n. 3, p. 1811-1821, 2020.

DIAS, F. G. B.; FERREIRA, M. J. G.; DA SILVA, L. M. R.; MENEZES, R. C. S.; DE FIGUEIREDO, E. A. T. Bioaccessibility of the bioactive compounds and antimicrobial activity of aqueous extracts of *Physalis angulata* L. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 3, p. 1-9, 2020.

DILKIN, E. R. S.; MATIAS, R.; OLIVEIRA, A. K. M.; CORRÊA, B. O. Fungitoxic effect and phytochemical characteristics of Brazilian Cerrado weeds against *hizoctonia solani* and *Macrophomina phaseolina* fungi. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, 2022.

DIMPE, K. M.; NGILA, J. C.; MABUBA, N.; NOMNGONGO, P. N. Evaluation of sample preparation methods for the detection of total metal content using inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES) in wastewater and sludge. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 76, p. 42-48, 2015.

DINIZ, V. W. B.; DANTAS FILHO, H. A.; MULLER, R. C. S.; FERNANDES, K. G.; PALHETA, D. C. Classificação multivariada de ervas medicinais da região amazônica e suas infusões de acordo com sua composição mineral. **Química Nova**, v. 36, n. 2, p. 257-261, 2013.

DIONÍSIO, A. G. G.; GONZALEZ, M. H.; NÓBREGA, J. A.; Determinação de arsênio em amostras da cadeia produtiva de frangos de corte por espectrometria de absorção atômica com forno de grafite. **Química Nova**, v.34, n.1, p. 49-52, 2011.

DO AMARANTE, C. B.; DA SILVA, J. C. F.; MULLER, R. C. S.; MULLER, A. H. Avaliação da composição mineral do chá da folha senescente de *Montrichardia linifera* (Arruda) Schott (Araceae) por espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS). **Química Nova**, v. 34, n. 3, p. 419-423, 2011.

DOS SANTOS, P. M.; TARLEY, C. R. T.; CORAZZA, M. Z. Dispersive Solid-Phase Extraction Using 3-Mercaptopropyltrimethoxysilane Functionalized Magnetic MWCNT-Based Nanocomposite for Selective and Efficient Preconcentration of  $Pb^{2+}$  with FAAS Determination. **J. Braz. Chem. Soc.**, v. 33, n. 1, p. 37-47, 2022.

EGERT, S.; RIMBACH, G. Which Sources of Flavonoids: Complex Diets or Dietary Supplements? **Advances in Nutrition: An International Review Journal**, v. 2, p. 8-14, 2011.

ERDEMIR, U. S.; GUCER, S. Correlation of Lithium Bioaccessibility from Tea (*Camellia sinensis* L.) with Tea Type and Consumption Habits. **Food Chemistry**, v. 244, p. 364-370, 2018.

FALÇÃO, L. E. M. Suplementação de cromo associado ao exercício físico. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 10, n. 57, p. 343-340, 2016.

FAO/WHO- Food and Agriculture Organization/World Health Organization. Joint FAO/WHO food standards program: Codex committee on contaminants in foods. **Working document for information and use in discussions related to contaminants and toxins in the GSCTFF**. Eighth session, The Hague, Netherlands, 31 March-4 April. 2014.

FARID, A.; KAMEL, D.; MONTASER, S. A.; AHMED, M. M.; AMIR, M. E.; AMIR, A. E. Synergetic role of senna and fennel extracts as antioxidant, anti-inflammatory and anti-mutagenic agents in irradiated human blood lymphocyte cultures. **Journal of Radiation Research and Applied Sciences**, v. 13, n. 1, p. 191-199, 2020.

FERREIRA, P. C.; PIAI, K. A.; TAKAYANAGUI, A. M. M.; SEGURA-MUNÕZ, S. I. Aluminum as a risk factor for alzheimer's disease. **Rev. Latino-am Enfermagem**, v. 16, p. 151-157, 2008.

FERREIRA, M. P.; TARLEY, C. R. T. Assessment of *in vitro* bioaccessibility of macrominerals and trace elements in green banana flour. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 92, p. 1-9, 2020.

FERRERA, T. S.; HELDWEIN, A. B.; DOS SANTOS, C. O.; SOMAVILLA, J. C.; SAUTTER, C. K. Substâncias fenólicas, flavonoides e capacidade antioxidante em erva-mate sob diferentes coberturas do solo e sombreamentos. **Rev. Bras. Pl. Med.**, v. 18, n. 2, p. 588-596, 2016.

FIORAVANTI, M. I. A.; MORGANO, M. A. Uma abordagem dos ensaios *in vitro* para estimar a absorção dos minerais em fórmulas infantis. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 24, 2021.

FLATEN, T. P. Aluminium in tea-concentrations, speciation and bioavailability. **Coordination Chemistry Reviews**, v. 228, p. 385-395, 2002.

FROES, R. E. S.; WINDMOLLER, C. C.; DA SILVA, J. B. B. Emprego da Modificação Química Permanente para a determinação de metais em matrizes diversas por Espectrometria de Absorção Atômica em Forno de Grafite. **Revista Analytica**, n. 23, p. 32-43, 2006.

GOMES, M. R.; ROGERO, M. M.; TIRAPEGUI, J. Considerations about chromium, insulin and physical exercise. **Rev. Bras. Med. Esporte**, v. 11, n. 5, p. 246-250, 2005.

HAGOS, M.; CHANDRAVANSI, B. S. Levels of essential and toxic metals in fenugreek seeds (*Trigonella Foenum-Graecum* L.) cultivated in different parts of Ethiopia. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 19, p. 1-12, 2016.

HAQ, H. U.; BALAL, M.; CASTRO-MUNÕZ, R.; HUSSAIN, Z.; SAFI, F.; ULLAH, S.; BOCZKAJ, G. Deep eutectic solvents based assay for extraction and determination of zinc in fish and eel samples using FAAS. **Journal of Molecular Liquids**, v. 333, p. 1-5, 2021.

HAMANN, B.; WINTER, E. M. S.; SILBERT, D. A.; MICKE, G. A.; VITALI, L.; TENFEN, A.; ZIMMERMANN, L. A. Caracterização dos compostos fenólicos, avaliação da toxicidade e análise da qualidade de amostras de chá de *Miconia albicans*. **Revista Fitos**, v. 14, p. 450-461, 2020.

HAYACIBARA, M. F.; QUEIROZ, C. S.; TABCHOURY, C. P. M.; CURY, J. A. Fluoride and aluminum in teas and tea-based beverages. **Rev. Saúde Pública**, v. 38, p. 100-105, 2004.

HOENIG, M.; KERSABIEC, A. M. Sample preparation steps for analysis by atomic spectroscopy methods: present status. **Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy**, v. 51, p. 1297-1307, 1996.

IAL. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. **Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo. IV ed. 2º ed. digital. 2008.

ICH – **International Conference on Harmonisation. Validation of Analytical Procedures: Text and Methodology**, Q2(R1) 2005.

IGLESIAS, D.T.; FONSECA, R.S. *Miconia albicans* (Sw.) Triana (canela-de-velho), the new trend plant from the Brazilian Cerrado: contribution to species identification and pharmacological aspects. **Cad. Ciênc. Agrá.**, v. 14, p. 01–09, 2022.

KHOUZAM, R. B.; POHL, P.; LOBINSKI, R. Bioaccessibility of essential elements from white cheese, bread, fruit and vegetables. **Talanta**, v. 86, p. 425-428, 2011.

KUMAR, A.; GUPTA, A. K.; SIDDIQUI, S.; SIDDIQUI, M. H.; JNASNESH, A. C.; LAL, R. K. An assessment, prospects, and obstacles of industrially important medicinal crop Indian Senna (*Cassia angustifolia* Vahl.): A review. **Industrial Crops & Products**, v. 187, p. 1-9, 2022.

LAZZAROTTO-FIGUEIRÓ, J.; CAPELEZZO, A. P.; SCHINDLER, M. S. Z.; FOSSÁ, J. F. C.; ALBENY-SIMÕES, D.; ZANATTA, L.; OLIVEIRA, J. V.; DAL MAGRO, J. Antioxidant activity, antibacterial and inhibitory effect of intestinal disaccharidases of extracts obtained from *Eugenia uniflora* L. Seeds. **Brazilian Journal of Biology**, v. 81, n. 2, p. 291-300, 2021.

LEAL, A.S.; PRADO, G.; GOMES, T.C.B.; SEPE, F.P.; DALMÁZIO, I. Determination of metals in medicinal plants highly consumed in Brazil. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 49, n. 3, p. 599-607, 2013.

LIMA, T. C.; MATOS, S. S.; CARVALHO, T. F.; SILVEIRA-FILHO, A. J.; COUTO, L. P. S. M.; QUINTANS-JÚNIOR, L. J.; QUINTANS, J. S. S.; SILVA, A. M. O.; HEIMFARTH, L.; PASSOS, F. R. S.; GANDHI, S. R.; LIMA, B. S.; SILVA, F. A. Evidence for the involvement of IL-1 $\beta$  and TNF- $\alpha$  in anti-inflammatory effect and antioxidative stress profile of the standardized dried extract from *Miconia albicans* Sw. (Triana) Leaves (Melastomataceae). **Jornal of Ethnopharmacology**, v. 259, p. 1-14, 2020.

LUENGO, R. F. A.; BUTRUILLE, N. S.; MELO, R. A. C.; DA SILVA, J.; MALDONADE, I. R.; COSTA JÚNIOR, A. D. Determinação de minerais no solo e análise de folhas de couve produzida em Brasília. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, p. 1-9, 2018.

LUZ, J. M. Q.; SILVA, S. M.; HABBER, L. L.; MARQUEZ, M. O. M. Produção de óleo essencial de *Melissa officinalis* L. em diferentes épocas, sistemas de cultivo e adubações. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 3, p. 552-560, 2014.

MA, Q.; KIM, E.; HAN, O. Bioactive Dietary Polyphenols Decrease Heme Iron Absorption by Decreasing Basolateral Iron Release in Human Intestinal Caco-2 Cells. **The Journal of Nutrition**, v. 140, p. 1117-1121, 2010.

MALEKI, M.; GHORBANPOUR, M.; KARIMAN, K. Physiological and antioxidative responses of medicinal plants exposed to heavy metals stress. **Plant Gene**, v. 11, p. 247-254, 2017.

MARCUCCI, M. C.; SALATINO, A.; OLIVEIRA, L. F. A. M.; GONÇALVES, C. P. Metodologias Acessíveis para a Quantificação de Flavonoides e Fenóis Totais em Própolis. **Revista Virtual de Química**, v. 13, n. 1, p. 1-13, 2021.

MARINHO, T. A.; OLIVEIRA, M. G.; MENEZES-FILHO, A. C. P.; CASTRO, C. F. S.; OLIVEIRA, I. M. M.; BORGES, L. L.; MELO-REIS, P. R.; SILVA-JR, N. J. Phytochemical characterization, and antioxidant and antibacterial activities of the hydroethanolic extract of *Anadenanthera peregrina* stem bark. **Brazilian Journal of Biology**, v. 82, 2022.

MAULVAULT, A. L.; MACHADO, R.; AFONSO, C.; LOURENÇO, H. M.; NUNES, M. L.; COELHO, I.; LANGERHOLC, T.; MARQUES, A. Bioaccessibility of Hg, Cd and As in cooked black scabbard fish and edible crab. **Food and Chemical Toxicology**, v. 49, p. 2808-2815, 2011.

MELO, A.; FARIA, M. A.; PINTO, E.; MANSILHA, C.; FERREIRA, I. M. P. L. V. O. *In vitro* bioaccessibility and transport across Caco-2 monolayers of haloacetic acids in drinking water. **Chemosphere**, v. 161, p. 19-26, 2016.

MILANI, R. F.; SANCHES, V. L.; MORGANO, M. A.; CADORE, S. Trace elements in ready-to-drink ice tea: Total content, *in vitro* bioaccessibility and risk assessment. **Food Research International**, v. 137, p. 1-8, 2020.

MINEKUS, M.; ALMINGER, M.; ALVITO, P.; BALANCE, S.; BOHN, T.; BOURLIEU, C.; CARRIERE, F.; BOUTROU, R.; CORREDIG, M.; DUPONT, D.; DUFOUR, C.; EGGER, L.; GOLDING, M.; KARAKAYA, S.; KIRKHUS, B.; LE FEUNTEUN, S.; LESMES, U.; MACIERZANKA, A.; MACKIE, A.; MARZE, S.; MCCLEMENTS, D. J.; MENARD, O.; RECIO, I.; SANTOS, C. N.; SINGH, R. P.; VEGARUD, G. E.; WICKHAM, M. S. J.; WEITSCHIES, W.; BRODKORB, A. A standardised static *in vitro* digestion method suitable for food – an international consensus. **Food & Function**, v. 5, p. 1113-1124, 2014.

MINGRONI, T. T.; HAMADA, J.; XAVIER, A. D. S.; CAVALCANTE, C.; DO NASCIMENTO, A. N. *In vitro* Evaluation of Ca, Cu, and Mg Bioaccessibility in Fresh and Dried Fruits. **J. Braz. Chem. Soc.**, v. 30, n. 1, p. 108-115, 2019.

MORRIS, J. B.; TONNIS, B. D.; WANG, M. L. Variability for Sennoside A and B concentrations in eight *Senna* species. **Industrial Crops & Products**, v. 139, p. 1-4, 2019.

MUNOZ, R. A. A.; KOLBE, M.; SILOTO, R. C.; OLIVEIRA, P. V.; ANGNES, L. Ultrasound-Assisted Treatment of Coconut Water Samples for Potentiometric Stripping Determination of Zinc. **J. Braz. Chem. Soc.**, v. 18, n. 2, p. 410-415, 2007.

NAKATSUBO, M. A. S.; SARKIS, J. E. S. Bioaccessibilidade *in vitro* como ferramenta para avaliar e quantificar metais potencialmente tóxicos nos pescados. XIV Congresso

Brasileiro de Ecotoxicologia. Curitiba, PR, 07 a 10 de Setembro, 2016. Publicado em meio digital.

NARITA, I. M. P.; FIBIFO, G. S.; FERREIRA, B. A.; PINHEIRO, A. P. O.; SILVA, D. C.; NASCIMENTO, E.; VILLA, R. D.; DE OLIVEIRA, A. P. Bioacessibilidade *in vitro* de carotenoides e compostos fenólicos e capacidade antioxidante de farinhas do fruto pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 25, p. 1-12, 2022.

NASCIMENTO, P. A.; SCHULTZ, J.; GONZALEZ, M. H.; OLIVEIRA, A. Simple GFAAS Method for Determination of Pb, As, and Cd in Cannabidiol Extracts Used for Therapeutic Purposes. **J. Braz. Chem. Soc.**, v. 31, n. 5, p. 894-903, 2020.

NERI, T. S.; SILVA, K. W. L.; MAIOR, L. P. S.; OLIVEIRA-SILVA, S. K.; AZEVEDO, P. V. M.; GOMES, D. C. S.; SOUZA, M. A.; PAVÃO, J. M. S. J.; COSTA, J. G.; CUNHA, A. L.; FERREIRA-JÚNIOR, G. C.; MATOS-ROCHA, T. J.; SANTOS, A. F.; FONSECA, S. A. Phytochemical characterization, antioxidant potential and antibacterial activity of the *Croton argyrophylloides* Muell. Arg. (Euphorbiaceae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, p. 1-9, 2023.

NETO, B.B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. **Como fazer experimentos**. 4<sup>o</sup> Edição. Editora Bookman, 2010.

NEVES, A. M.; COSTA, P. S.; COUTINHO, M. G. S.; SOUZA, E. B.; SANTOS, H. S.; SILVA, M. G. V.; FONTENELLE, R. O. S. Caracterização Química e o Potencial Antimicrobiano de Espécies do Gênero *Senna* Mill. (Fabaceae). **Revista virtual de química**, v. 9, n. 6, p. 2056-2538, 2017.

NISHIYAMA, M. F.; COSTA, M. A. F.; DA COSTA, A. M.; DE SOUZA, C. G. M.; BOER, C. G.; BRACHT, C. K.; PERALTA, R. M. Chá verde brasileiro (*Camellia sinensis* var *assamica*): efeitos do tempo de infusão, acondicionamento da erva e forma de preparo sobre a eficiência de extração dos bioativos e sobre a estabilidade da bebida. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, p. 191-196, 2010.

NOGUEIRA, A.R.A. Novas perspectivas para os laboratórios da Embrapa: sistema da qualidade e certificação pela ISO 9001-2000. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE MÉTODOS DOS LABORATÓRIOS DA EMBRAPA, VIII. Jaguariúna, São Paulo, 2003. s.d. p.1-20.

OLADEJI, O. S.; ADELOWO, F. E.; OLUYORI, A. P. The genus *Senna* (Fabaceae): A review on its traditional uses, botany, phytochemistry, pharmacology and toxicology. **South African Journal of Botany**, v. 138, p. 1-32, 2021.

OLIVEIRA, A. K. M.; MOTA, C. M. G.; AGNES, D. C. Efeito de diferentes temperaturas na germinação de sementes e no crescimento inicial de plântulas de *Miconia albicans* (Melastomataceae). **Rev. Bras. Pl. Med., Campinas**, v.16, n.3, p.755-759, 2014.

PASTA, P. C.; DURIGAN, G.; MORAES, I. C. F.; RIBEIRO, L. F.; HAMINIUK, C. W. I.; BRANCO, I. G. Physicochemical properties, antioxidant potential and mineral content



of *Miconia albicans* (Sw.) Triana: a fruit with high aluminium content. **Brazilian Journal of Botany**, v. 42, p. 209-216, 2019.

PEIXOTO, R. R. A.; MAZON, E. A. M.; CADORE, S. Estimation of the Bioaccessibility of Metallic Elements in Chocolate Drink Powder using an *in vitro* Digestion Method and Spectrometric Techniques. **J. Braz. Chem. Soc.**, v. 24, n. 5, 884-890, 2013.

PELVAN E.; OZILGEN, M. Assessment of energy and exergy efficiencies and renewability of black tea, instant tea and ice tea production and waste valorization processes. **Sustainable Production and Consumption**, v. 12, p. 56-77, 2017.

PENSE NATURAL, **Canela-de-velho: a planta que combate dores e o envelhecimento precoce**. Disponível em: <<https://www.pensenatural.com.br/canela-de-velho/>>. Acesso em: 20 de set. 2022.

PERALES, S.; BARBERÁ, R.; LAGARDA, M. J.; FARRÉ, R. Fortification of Milk with Calcium: Effect on Calcium Bioavailability and Interactions with Iron and Zinc. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 4901-4906, 2006.

PEREIRA, A. M.; BONEMANN, D. H.; SCHERDIEN, S. H.; ÁVILA, B. P.; ANTUNES, I. F.; RIBEIRO, A. S.; GULARTE, M. A. Evaluation of total and bioaccessible concentration of minerals in creole beans. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 94, 2020.

PETRONILHO, S.; MARASCHIN, M.; COIMBRA, M. A.; ROCHA, S. M. *In vitro* and *in vivo* studies of natural products: A challenge for their valuation. The case study of chamomile (*Matricaria recutita* L.). **Industrial Crops and Products**, v. 40, p. 1-12, 2012.

PIERONI, L. G.; DE REZENDE, F. M.; XIMENES, V. F.; DOKKEDAL, A. L. Antioxidant Activity and Total Phenols from the Methanolic Extract of *Miconia albicans* (Sw.) Triana Leaves. **Molecules**, v. 16, p. 9439-9450, 2011.

PIRES, J. S.; TORRES, P. B.; DOS SANTOS, D. Y. A. C.; CHOW, F. Ensaio em microplaca de substâncias redutoras pelo Método do Folin-Ciocalteu para Extratos de Algas. **Instituto de Biociências**, p. 1-5, 2017.

POHL, P.; SZYMCZYCHA-MADEJA, A.; STELMACH, E.; WELNA, M. Multivariate data reduction and discrimination of black and green teas due to the physical fractionation pattern of selected metals determined in their infusions. **Talanta**, v. 160, p. 314-324, 2016.

POHL, P.; DZIMITROWICZ, A.; LESNIEWICZ, A.; WELNA, M.; SZYMCZYCHA-MADEJA, A.; CYGANOWSKI, P.; JAMROZ, P. Room temperature solvent extraction for simple and fast determination of total concentration of Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, and Zn in bee pollen by FAAS along with assessment of the bioaccessible fraction of these elements using *in vitro* gastrointestinal digestion. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 60, p. 1-9, 2020.

QUINTANS-JÚNIOR, L. J.; GANDHI, S. R.; PASSOS, F. R. S.; HEIMFARTH, L.; PEREIRA, E. W. M.; MONTEIRO, B. S.; DOS SANTOS, K. S.; DUARTE, M. C.; ABREU, L. S.; NASCIMENTO, Y. M.; TAVARES, J. F.; SILVA, M. S.; MENEZES, I. R. A.; COUTINHO, H. D. M.; LIMA, A. A. N.; ZENGIN, G.; QUINTANS, J. S. S. Dereplication and quantification of the ethanol extract of *Miconia albicans* (Melastomaceae) by HPLC-DAD-ESI/MS/MS, and assessment of its antihyperalgesic and anti-inflammatory profiles in a mice arthritis-like model: Evidence for involvement of TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$  and IL-6. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 258, p. 1-10, 2020.

REBELLATO, A. P.; LIMA, J. C.; SILVA, J. G. S.; STEEL, C. J.; PALLONE, J. A. L. Mineral bioaccessibility in French breads fortified with different forms iron and its effects on rheological and technological parameters. **Journal of Cereal Science**, v. 74, p. 56-63, 2017.

RIBANI, M.; BOTTOLI, C. B. G.; COLLINS, C. H.; JARDIM, I. C. S. F.; MELO, L. F. C. Validação em métodos cromatográficos e eletroforéticos. **Química Nova**, v. 27, n. 5. p. 771-780, 2004.

ROOSTA, R. A.; MOGHADDASI, R.; HOSSEINI, S. S. Export target markets of medicinal and aromatic plants. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 7, p. 84-88, 2017.

ROSSETE, A. L. R. M.; CARNEIRO, J. M. T.; BATAGELLO, H. H.; OLIVEIRA, J. G. G.; BENDASSOLLI, J. A. Determinação de enxofre em amostras vegetais por oxidação via seca em meio alcalino com detecção espectrofométrica. **Química Nova**, v. 34, n. 2, p. 341-343, 2011.

SÁ, I. P.; SANTOS, L. N.; DA SILVA, E. G. P.; LIMA, D. C.; AMORIM, F. A. C. Pré-concentração baseada na coprecipitação usando cromato de prata como Carreador para determinação de cobre por FAAS. **Química Nova**, v. 42, n. 1, p. 10-16, 2019.

SCHMIDT, E. M.; STOCK, D.; CHADA, F. J. G.; FINGER, D.; SAWAYA, A. C. H. F.; EBERLIN, M. N.; FELSNER, M. L.; QUINÁIA, S. P.; MONTEIRO, M. C.; TORRES, Y. R. Comparison between characterization and biological properties of brazilian fresh and aged própolis. **BioMed Res Int**. p. 1-10, 2014.

SEVERO, A. A. L.; DE SOUZA, T. P.; ROLIM, L. A.; SOBRINHO, J. L. S.; DE MEDEIROS, F. P. M.; ROLIM NETO, P. J. Otimização das condições de extração de senosídeos por soluções hidroetanólicas das folhas de *Senna alexandrina* MILL empregando planejamento fatorial. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 34, p. 604-609, 2013.

SILVA, M. L. C.; COSTA, R. S.; SANTANA, A. S.; KOBLITZ, M. G. B. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 3, p. 669-682, 2010.

SILVA, A. A. O.; FIGUEREDO, A. T. F. B.; DOS SANTOS, P. A.; BELO, E. S.; DE SOUZA, M. J. M. F. Análise fitoquímica e doseamento de metabólitos secundários das Folhas de *Miconia albicans* (sw) triana coletadas de duas regiões do estado de Goiás. **Revista Eletrônica da Faculdade Evangélica de Ceres**, v. 10, n. 1, p. 71-91, 2021.

SILVETTI, M.; CASTALDI, P.; HOLM, P. E.; DEIANA, S.; LOMBI, E. Leachability, bioaccessibility and plant availability of trace elements in contaminated soils treated with industrial by-products and subjected to oxidative/reductive conditions. **Geoderma**, v. 214, p. 204-212, 2014.

SOARES, K. C. N. **Estudo químico e farmacológico da *Verbena minutiflora* (VERBENACEAE)**. 2015. 160p. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, Pr.

SOARES, K. C. N.; PIANOSKI, K. E.; MOKOCHINSKI, J. B.; FINGER, D.; SAWAYA, A. C. H. F.; DA ROSA, E. A.; QUINÁIA, S. P.; TORRES, Y. R. Variability and chemical composition of aerials Parts of *verbena minutiflora*. **Journal of Food Processing and Preservation**, p. 1-10, 2015.

SOUSA, C. M. M.; SILVA, H. R.; VIEIRA-JR, G. M.; AYRES, M. C. C.; DA COSTA, C. L. S.; ARAÚJO, D. S.; CAVALCANTE, L. C. D.; BARROS, E. D. S.; ARAÚJO, P. B. M.; BRANDÃO, M. S.; CHAVES, M. H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 351-355, 2007.

SOUZA, D. M.; MADARI, B. E.; SENA, M. M. Aplicação de métodos quimiométricos na otimização da extração de Ca, Mg, K, Fe, Zn, Cu e Mn em folhas de braquiária. **Química Nova**, v. 35, n. 1, p. 175-179, 2012.

SOUZA, J. V. T. M.; MASSOCATTO, C. L.; DINIZ, K. M.; TARLEY, C. R. T.; CAETANO, J.; DRAGUNSKI, D. C. Adsorção de cromo (III) por resíduos de laranja in natura e quimicamente modificados. **Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 33, n. 1, p. 03-16, 2012.

STELMACH, E.; POHL, P.; SZYMCZYCHA-MADEJA, A. Evaluation of the Bioaccessability of Ca, Fe, Mg and Mn in Ground Coffee Infusions by *in vitro* Gastrointestinal Digestion. **J. Braz. Chem. Soc.**, v. 25, n. 11, p. 1993-1999, 2014.

SZYMCZYCHA-MADEJA, A.; WELNA, M.; POHL, P. Solubility and Bioaccessibility of Ba, Ca, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, P, Sr and Zn in Slim Coffee Infusions by *in vitro* Gastrointestinal Digestion. **J. Braz. Chem. Soc.**, v. 26, n. 9, p. 1781-1789, 2015.

U.S. EPA - Method 1669 – Sampling ambient water for determination of trace metals at EPA water quality criteria level. DC: Office of Science and Technology Eng. and Analysis Division. Washington, 1996.

VAZ, R. G. M. V.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; ALBINO, L. F. T.; OLIVEIRA, W. P.; SILVA, B. A. N. Níveis de cromo orgânico em rações para frangos de corte mantidos sob estresse por calor no período de um a 42 dias de idade. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 61, n. 2, p. 484-490, 2009.

VEBER, J.; PETRINI, L. A.; ANDRADE, L. B.; SIVIERO, J. Determinação dos compostos fenólicos e da capacidade antioxidante de extratos aquosos e etanólicos de Jambolão (*Syzygium cumini* L.). **Rev. Bras. Pl. Med.**, v. 17, n. 2, p. 267-273, 2015.

WANG, X.; WANG, T.; PAN, T.; HUANG, M.; REN, W.; XU, G.; AMIN, H. K.; KASSAB, R. B.; MONEIM, A. E. A. *Senna alexandrina* extract supplementation reverses hepatic oxidative, inflammatory, and apoptotic effects of cadmium chloride administration in rats. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, p. 5981-5992, 2019.

XAVIER, A. D. S.; FURTADO, D. Z. S.; ASSUNÇÃO, N. A.; NASCIMENTO, A. N. Bioaccessibility of Fe and Zn (associated to proteins) in cashew nut. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 83, p. 1-7, 2019.

YAMAN, C. Lemon balm and sage herbal teas: Quantity and infusion time on the benefit of the content. **Ciência e Agrotecnologia**, v.44, p. 1-11, 2020.

ZELLER. **SENNA ALEXANDRINA**. Disponível em: <<https://zellerag.ch/en/phytotherapy/dictionary-of-medicinal-plants/senna/>>. Acesso em: 20 de set. 2022.