



ANÁLISE DE METAIS EM AMOSTRAS COMERCIAIS DE ERVA-MATE DO SUL DO BRASIL

Ana Paula Fleig SAIDELLES*
Rosane Maria KIRCHNER**
Nara Rejane Zamberlan dos SANTOS*
Érico Marlon de Moraes FLORES***
Fabiane Regina BARTZ***

■ **RESUMO:** A cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis*, St. Hill.) ingerida como infusão a quente, chamada de “chimarrão”, tem grande valor comercial nos estados do sul do Brasil. Atualmente, muitos estudos tem sido desenvolvidos buscando estabelecer os benefícios terapêuticos e os efeitos colaterais à saúde humana da erva-mate, que podem estar relacionados à presença de metais. Neste trabalho foram determinadas as concentrações de metais essenciais e tóxicos na composição da erva-mate comercializada e consumida nos diferentes estados do sul do Brasil. Amostras provenientes do Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina foram analisadas para a determinação de alumínio, cálcio, cádmio, cobalto, cromo, cobre, ferro, potássio, magnésio, sódio, níquel, chumbo, estrôncio, vanádio, zinco por espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS) e espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). Observou-se que a concentração média de todos os metais analisados nas amostras estava dentro dos limites toleráveis. Por outro lado, foram observadas concentrações minerais diferenciadas entre as regiões estudadas, sugerindo estudo posterior e específico. Desta forma, a erva-mate pode ser recomendada na utilização diária, suprimindo, talvez, as necessidades básicas de ingestão desses metais essenciais sem o risco de problemas causados por elementos tóxicos.

■ **PALAVRAS-CHAVES:** Erva-mate; metais; região sul do Brasil.

INTRODUÇÃO

A cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis*, St. Hill.) tem grande valor comercial nos estados do sul do Brasil. É uma planta cujas folhas e ramos finos são beneficiados para posterior comercialização. Dos ramos, são preparadas bebidas tônicas e estimulantes feitas por infusão a quente, o “chimarrão”, ou a frio, o “tererê”; e das folhas tostadas, prepara-se o “chá mate”. O Estado do Rio Grande do Sul é considerado um dos maiores consumidores. No

entanto, essa cultura vem se expandindo aos outros estados do país.³⁶

O uso de plantas para o tratamento, cura e prevenção de doenças são relatos de práticas antigas da medicina popular. A utilização do mate, ou chimarrão, para o consumo humano, pode ser associado a fins alimentício, terapêutico e cosmético. Dentre as vantagens podemos citar o combate aos radicais livres, auxiliar na digestão, efeitos anti-reumático, diurético, estimulante e laxante.³³ Segundo Stagg & Millin, também foram detectadas na erva-mate a presença de muitas vitaminas e metais.

Atualmente estão sendo desenvolvidos estudos que buscam estabelecer os benefícios terapêuticos e efeitos colaterais relacionados à presença de metais.⁸ Esses metais podem fazer parte da composição mineral da planta ou por contaminação dos solos e águas pelo uso de fertilizantes, pesticidas, combustão de carvão e óleo, emissões veiculares, mineração, fundição, refinamento e incineração de resíduos urbanos e industriais.^{14, 35}

Independente da sua origem, os metais são acumulados em todos os tecidos das plantas, sendo desta forma introduzida na cadeia alimentar.²¹ Muitos metais são considerados essenciais ao desenvolvimento de plantas, animais e seres humanos. Deste modo, o consumo regular pode contribuir para suprir algumas necessidades essenciais. Diversos elementos possuem aplicações como nutrientes ou atuam no metabolismo humano.¹⁷ Entretanto, podem estar presentes também os metais pesados, que são potencialmente tóxicos em concentrações variáveis conforme as partes da planta, espécies e idade fisiológica da mesma, podendo ser absorvidos de modo diferente em cada planta.²⁴

Alguns metais são considerados exclusivamente tóxicos, como o chumbo (Pb), que é conhecido por induzir várias disfunções em animais de laboratório e humanos, alterando a atividade antioxidante por inibição do grupo funcional SH em muitas enzimas.¹⁶ Cabe ressaltar que todos os metais em altas concentrações podem trazer danos ao organismo, por interagirem diretamente com o DNA.²¹

* Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA – 97300-000 – São Gabriel – RS – Brasil. E-mail: anasaidelles@gmail.com.

** Centro de Educação Superior Norte – CESNORS – Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – 97105-900 – Santa Maria – RS – Brasil.

*** Departamento de Química – UFSM – 97105-900 – Santa Maria – RS – Brasil.

Os metais essenciais e os metais pesados estão presentes em plantas, como na erva-mate (*Ilex paraguayensis*). Logo, é de fundamental importância o controle de qualidade das plantas empregadas com fins medicinais, utilizando técnicas modernas para certificar-se de sua pureza, segurança e eficácia. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi determinar e comparar as concentrações de metais pesados e metais essenciais em amostras de erva-mate (*Ilex paraguayensis*, St. Hill.) comercializadas e consumidas nos diferentes estados do sul do Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras de erva-mate foram adquiridas comercialmente. Como critérios para escolha das mesmas foram selecionadas ervateiras da região sul do Brasil: Paraná (PR), Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS). Foram adquiridas em diferentes estabelecimentos comerciais, sendo observado, nas embalagens, o local de produção e origem do produto. Para maior segurança contactou-se com os fabricantes a origem da matéria bruta, selecionando as que eram exclusivamente dos estados em estudo.

As amostras foram secas em estufa a 60°C, moídas e armazenadas em recipientes apropriados. Para a etapa de decomposição foram utilizados ácido nítrico (HNO₃) e peróxido de hidrogênio (H₂O₂) em forno de microondas em sistema fechado de alta pressão, modelo Multiwave 3000 (Anton Paar, Graz, Áustria) e, após isso, a solução residual foi diluída e aferida a 25mL em frasco plástico.

Reagentes e Soluções

Todas as soluções foram preparadas com água desionizada de alta pureza, obtida pelo sistema de ultrapurificação de água Milli-Q (Millipore, Bedford, MA, USA). Com exceção de ácido nítrico que foi destilado em sistema de sub-ebulição, todos os demais reagentes foram de grau analítico (PA) e utilizado sem purificação prévia. As soluções analíticas de referência para os metais em meio de 0,1 % v/v de HNO₃ foram preparadas após sucessivas diluições das soluções estoques de 1000.mg.L⁻¹ (Titrisol, Merck).

Instrumentação

A determinação de cádmio (Cd), cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu), níquel (Ni), chumbo (Pb) e vanádio (V) foi feita por espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS) (PerkinElmer - SCIEX, modelo ELAN DRC II, EUA) equipado com nebulizador pneumático (Meinhard tipo A, <http://www.meinhard.com>, EUA), com câmara de nebulização ciclônica (Glass Expansion, Inc., <http://www.geicp.com>, Austrália) e tocha com tubo injetor de quartzo de 2mm de diâmetro interno. O plasma foi gerado a partir de argônio (99,998% de pureza, White Martins, <http://www.whitemartins.com.br>, Brasil). Vazão de Ar, principal 15L min⁻¹, intermediário 1,20L min⁻¹ e do nebulizador 1,15L min⁻¹, potência de radiofrequência

(RF) 1400W e cone de amostragem e *skimmer* de Pt. Para os metais alumínio (Al), sódio (Na), cálcio (Ca), ferro (Fe), potássio (K), magnésio (Mg), estrôncio (Sr) e zinco (Zn) foi utilizada a espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) (PerkinElmer, Optima TM 4300DV), cujo comprimento de onda selecionado para os metais foi: Al 396,153; Na 589,592; Ca 317,933; Fe 238,204; K 766,490; Mg 285,213; Sr 407,771; Zn 206,200). As leituras foram realizadas no modo axial de visualização do plasma, nos comprimentos de onda relacionados. As vazões otimizadas de argônio para as determinações foram de 0,65L min⁻¹ para o gás nebulizador, 0,2L min⁻¹ para o gás auxiliar e 16L min⁻¹ para o gás principal, com o emprego da potência de RF foi a 1450W.

A decomposição das amostras e a determinação dos metais foram realizadas no Laboratório de Análises Químicas Industriais e Ambientais (LAQIA) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Análise Estatística dos Dados

Para análise foram utilizadas técnicas da estatística descritiva (tabelas, média desvio padrão e coeficiente de variação), bem como os testes de comparação de médias (ANOVA, teste Tukey). Quando os resultados da ANOVA mostraram existir diferenças estatisticamente significativas dos metais entre as médias dos estados, estes foram comparados pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância (p<0,05). Os dados foram analisados com o software SPSS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Geralmente as plantas, como a erva-mate (*Ilex paraguayensis*, St. Hill.), apresentam grande quantidade de metais. Esses podem estar associados a vários fatores, como variedade, genética vegetal, idade, parte do tecido vegetal e o ambiente onde é cultivada.⁸ As plantas absorvem do solo, pelas raízes, elementos metálicos solúveis na forma de íon, sendo assim alguns fatores como condições geoclimáticas e atividades antropogênicas podem favorecer o aumento da concentração na mesma.²¹

Alguns metais estão presentes em baixas concentrações como Cu, Fe, Ni, V e Zn, e são avaliados nutricionalmente como essenciais para a saúde humana. Estes elementos em concentrações geralmente abaixo de 100mg/dia, são considerados como micronutrientes. Entretanto, podem ser tóxicos a altas concentrações no corpo humano. Alguns elementos, como Na, Ca, Mg e K, são macronutrientes¹¹ que são indispensáveis em altas concentrações (aproximadamente 100000µg/dia dependendo do metal).⁵

Na Tabela 1 são apresentadas às concentrações dos metais, obtidas com a decomposição das amostras de erva-mate estudadas, conforme método exposto no item Materiais e Métodos. A diferença de concentração para alguns metais entre as amostras pode estar associada às características químicas do solo³⁴ das regiões (RS, SC, PR) produto-

Tabela 1 – Valores médios de concentração ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) para os metais na erva mate das diferentes regiões.

Elemento	Rio Grande do Sul			Santa Catarina			Paraná		
	Média \pm Desvio padrão	CV(%)		Média \pm Desvio padrão	CV(%)		Média \pm Desvio padrão	CV(%)	
Alumínio	4606,69 \pm 1028,58	22,33		3249,41 \pm 328,63	10,11		5232,79 \pm 251,84	4,81	
Cádmio	0,43 \pm 0,07	17,29		1,21 \pm 0,15	12,06		0,35 \pm 0,04	10,52	
Cálcio	26368,77 \pm 2965,89	11,25		25372,95 \pm 653,14	2,57		29366,88 \pm 1762,10	6,00	
Chumbo*	< LD			< LD			< LD		
Cobalto*	< LD			< LD			< LD		
Cobre	9,28 \pm 0,29	3,15		8,38 \pm 0,27	3,23		12,72 \pm 0,44	3,48	
Cromo	1,37 \pm 0,13	9,26		1,29 \pm 0,13	10,35		1,63 \pm 0,17	10,15	
Estrôncio	273,88 \pm 31,54	11,51		404,65 \pm 15,74	3,89		274,12 \pm 18,91	6,90	
Ferro	2913,64 \pm 224,97	7,72		1789,27 \pm 204,87	11,45		4850,11 \pm 260,16	5,36	
Magnésio	33038,69 \pm 8588,62	26,00		28203,42 \pm 581,45	2,06		36429,82 \pm 3229,83	8,87	
Níquel	4,21 \pm 0,13	3,17		3,93 \pm 0,15	3,78		4,68 \pm 0,23	4,94	
Potássio	143325,60 \pm 38427,55	26,81		143036,70 \pm 3836,30	2,68		123425,10 \pm 7260,04	5,88	
Sódio	251,35 \pm 14,25	5,67		1712,03 \pm 53,81	3,14		397,88 \pm 32,88	8,27	
Vanádio	36,32 \pm 0,41	1,14		35,90 \pm 0,99	2,78		36,98 \pm 0,73	1,97	
Zinco	43,76 \pm 0,96	2,20		48,98 \pm 1,80	3,66		47,23 \pm 1,18	2,50	

CV = Coeficiente de variação; Limite de detecção (LD)* = $0,3\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$

ras da erva-mate, que fornece nutrientes (metais essenciais e metais pesados) em varias proporções para as plantas.

Nas amostras de erva-mate do estudo, observou-se, como esperado, concentrações relativamente altas de Ca entre 25000 a 30000 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, K entre 120000 a 143000 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ e Mg entre 28000 a 36000 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ conforme mostrado na Tabela 1. É importante ressaltar a relevância destes metais, sendo que os mesmos são considerados essenciais para a nutrição e funcionamento do organismo. Estes resultados estão em concordância com aqueles observados em outros trabalhos descritos para a determinação de metais em plantas.^{2, 3, 28, 29} O K é importante para pessoas hipertensas e quando associado ao sódio, regulariza o funcionamento do sistema muscular e os batimentos cardíacos.¹⁰ Magnésio e Ca atuam na formação de ossos, dentes e tecido auxiliando também para o crescimento, a manutenção de funções do organismo e a reprodução para os seres humanos.⁵

Para Co e Pb, os resultados encontrados foram inferiores ao limite de detecção ($0,3\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS),³⁸ o limite máximo de Pb permitido para alimentos é de $10\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, enquanto que a Portaria 685 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA)⁶ tolera limites entre $0,05$ a $2,0\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. O Pb é encontrado frequentemente em altas concentrações em plantas cultivadas perto de rodovias, fábricas de baterias, entre outras fontes.²⁷ Também foram identificados baixas concentrações destes elementos para amostras de Boldo (*Peumus boldus*).³⁰

Para o Al, o estudo apresentou aproximadamente valores de concentração entre 3000 a 5000 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ nos estados analisados. O Al, cuja absorção ocorre por meio de alimentos e água, é considerado um metal tóxico para os seres humanos, sendo que sua intoxicação parece estar relacionada com uma variedade de distúrbios neurológicos e comportamentais.^{20,23} A concentração de Al encontrado em

plantas medicinais (anador e cidreira) foi considerada elevada,³ considerando que a dose diária não deve ultrapassar 13000 μg .³⁸

Para Ni, as concentrações encontradas não ultrapassaram $5\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, o que não excede a recomendação diária de 5 a $15\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ deste metal.⁴ Em estudo realizado determinando metais em amostras de Boldo (*Peumus boldus*) foram encontrados valores entre $0,77$ e $4,31\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ para Ni.³⁰

Nas amostras de erva-mate estudadas, as concentrações de Fe foram de aproximadamente 1800 a 4900 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ para os diferentes estados. A dose diária recomendada de Fe é de 10mg para homens e 20mg para mulheres.³⁸ Esse elemento é considerado essencial, visto que atua como componente das moléculas de hemoglobina, mioglobina, citocromo e de alguns sistemas enzimáticos, desempenhando um papel essencial no transporte de oxigênio e respiração celular.⁷ Segundo trabalho realizado por Laing et al.¹⁸ em amostra de *Phragmites australis* foi encontrado concentrações, para Fe, que variaram de 121 a 147 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, utilizando diferentes métodos de decomposição.

Nas amostras de erva-mate foram encontrados concentrações, aproximadamente, entre 44 a 49 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ para Zn, sendo que a recomendação diária é de 10000 a 15000 μg .³⁸ O Zn é um elemento importante para a reprodução e o crescimento, pois atua como ativador essencial em uma série de reações metabólicas catalisadas por enzimas. A concentração de Zn em diferentes plantas (*Hibiscus sabdariffa* (roselle), *Ilex paraguariensis*, *Gynostemma pentaphyllum* e *Morus alba*) variou de 10 a 62 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, a decomposição foi realizada em micro-ondas comercial, semelhante ao utilizado neste estudo.²⁵

No estudo proposto a variação da concentração de Cr foi de 1,3 a 1,6 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, aproximadamente. Cromo é um metal considerado tóxico ao ser humano.¹⁴ Segundo a recomendação diária de Cr prescrita pela agência de alimentos

dos Estados Unidos (*Food and Drug Administration- FDA*) para alimentos é de $0,12\mu\text{g.g}^{-1}$.¹² Em diferentes frutas e plantas medicinais foram obtidos concentrações deste metal entre $0,17$ a $1,56\mu\text{g.g}^{-1}$.³⁷ Em estudo realizado com decomposição e infusão de plantas medicinais, incluindo a erva-mate, o valor médio encontrado para esse metal foi de $2,24\mu\text{g.g}^{-1}$.³⁹

Para Cu, nas amostras analisadas foram encontradas concentrações inferiores a $12,7\mu\text{g.g}^{-1}$. Conforme Portaria 685 da ANVISA⁶ os níveis toleráveis de Cu variam de $0,1$ a $10\mu\text{g.g}^{-1}$, em alimentos. O Cu é um metal considerado essencial em baixas concentrações, ou seja, um micronutriente. Entretanto, pode ser absorvido e acumulado pelas plantas, através da contaminação de solo.²⁷ Em pesquisa realizada em amostras de erva-mate, Wróbel & Wróbel³⁹ encontraram o valor médio para Cu de $11,1\mu\text{g.g}^{-1}$. Para amostras de boldo os níveis de Cu variaram de $3,04$ a $9,16\mu\text{g.g}^{-1}$.³⁰

Nas amostras de erva-mate estudadas a variação da concentração foi aproximadamente de $0,35$ a $1,21\mu\text{g.g}^{-1}$ para Cd. Os teores de Cd aceitos pelas Farmacopéias Alemã e Européia para vegetais: folhas, frutos e raízes é $0,1\mu\text{g.g}^{-1}$. Segundo a Portaria nº 685 da ANVISA⁶ o limite estabelecido para refrescos e refrigerantes é de $0,2\text{ppm}$ ou $0,2\text{mg.L}^{-1}$. Segundo pesquisa de Flores et al.⁹ realizado com plantas medicinais (*Casearia sylvestris*, *Pfaffia sp.* e *Phyllanthus niruri*) as concentrações de Cd foram inferiores (entre $0,10$ a $0,15\mu\text{g.g}^{-1}$) as encontradas para amostras de erva-mate do presente estudo. A contaminação por Cd pode ocorrer por irrigação do solo com águas contaminadas, pelo uso de fertilizantes e herbicidas durante o plantio, das espécies de plantas e das condições climáticas.¹

Quando verificado nas amostras de erva-mate em estudo a variação da concentração de Sr foi de, aproximadamente, 274 a $404\mu\text{g.g}^{-1}$. O Sr é um metal não essencial, entretanto como é encontrado normalmente nos ossos, acredita-se que compartilha com o cálcio suas propriedades químicas e fisiológicas.²² Esses resultados são similares em estudo¹⁵ realizado em diferentes tipos de chás (camomila, entre outros), onde foi encontrado uma variação na concentração de Sr de $6,23$ até $411\mu\text{g.g}^{-1}$, dependendo do tipo de chá.

Para V, no presente trabalho, foram encontradas variações de concentrações entre $35,90$ a $36,98\mu\text{g.g}^{-1}$ nas amostras de erva-mate. Algumas fontes vegetais são conhecidas de V como espinafre, salsa, endro, pimenta-do-reino, entre outras.²⁶ O elemento V não é encontrado em altas concentrações fisiológicas em tecidos de animais,³² entretanto pode ser liberado pela queima de combustíveis.¹⁹ No organismo, sua atuação provavelmente está relacionada com o seu crescimento e desenvolvimento.¹³

No estudo foram encontradas variações de concentrações entre 251 a $1712\mu\text{g.g}^{-1}$, para o elemento Na, nas diferentes regiões estudadas. O Na é considerado fundamental para os organismos vivos, animal ou vegetal, que necessitam deste para o seu metabolismo normal.³¹ Plantas de espécies diferentes terão variações nas concentrações de metais, considerando a diferença na fisiologia das mesmas, bem como a contribuição de fatores externos.¹⁵

Na Tabela 2 estão demonstrados a análise da diferença entre as médias das concentrações dos metais, obtidos com a decomposição das amostras erva-mate em relação aos diferentes estados. Destes pode-se concluir que somente V, Zn e K apresentam médias estatisticamente iguais ao

Tabela 2 – Análise da diferença entre os valores médios de concentração ($\mu\text{g.g}^{-1}$) para os metais na erva mate dos estados do sul do Brasil.

Elemento	Análise da diferença entre as médias			ANOVA ($p < 0,01$)
	Rio Grande do Sul	Santa Catarina	Paraná	
Alumínio	4606,688a	3249,412b	5232,791a	0,000
Cádmio	0,43a	1,206b	0,352a	0,000
Cálcio	26368,77ab	25372,95b	29366,88a	0,010
Cobre	9,276a	8,381b	12,715c	0,000
Cromo	1,365a	1,295a	1,634b	0,002
Estrôncio	273,875a	404,652b	274,123a	0,000
Ferro	2913,638a	1789,271b	4850,115c	0,000
Magnésio	33038,69a	28203,42b	36429,82c	0,000
Níquel	4,208a	3,93b	4,676c	0,000
Potássio	143325,6a	143036,7a	123425,1a	0,251
Sódio	251,353a	1712,029b	397,885c	0,000
Vanádio	36,324a	35,904a	36,982a	0,073
Zinco	43,766a	48,98a	47,229a	0,164

Em cada linha, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

nível de significância de 5% comparando as amostras dos diferentes estados.

Os resultados indicam uma semelhança significativa entre as médias das concentrações dos metais, Al, Cd, Ca e Sr para as amostras de erva-mate dos estados de RS e PR. Para Ca e Cr apresentaram médias estatisticamente iguais quando comparados as amostras dos estados RS e SC. Para SC e PR não foi observado semelhança significativa entre as médias das concentrações dos metais investigados. Prevalecendo uma semelhança maior (mais de 50%) na concentração de metais entre os estados do RS e PR.

Comparativamente, considerando valor $p < 0,05$ (ANOVA e teste de Tukey - Tabela 2), observou-se diferença significativa entre as médias das concentrações entre Cu, Ni, Na, Fe e Mg para todos os estados. No caso de Al, Sr e Cd, existem diferenças significativas na amostra de SC com a do RS e PR, também nestes mesmos metais observou-se que existe semelhança significativa entre as amostras RS e PR.

A comparação entre as concentrações das médias dos metais, nos diferentes estados, mostrou-se uma ferramenta estatística complementar, pois, pode-se verificar que a composição de metais na erva-mate variam de região para região, dependendo da influência de fatores externos, isto é, onde a mesma é cultivada (tipo de solo, ³⁴ poluição em que está exposta, etc.) e como e onde é processada (equipamento, higiene, etc.). Cabe ressaltar que esta temática é merecedora de estudos posteriores e específicos, tais como o tipo de solo onde é cultivada nos diferentes estados.

CONCLUSÃO

A erva-mate é uma das plantas mais empregadas por consumidores do Rio Grande do Sul. Sendo assim, é fundamental o controle de qualidade deste produto observando a concentração de metais.

Para as amostras de erva-mate estudadas foram verificadas concentrações dentro dos limites toleráveis para todos os metais. Dentre estes, somente V, Zn e K apresentam médias estatisticamente iguais ao nível de significância de 5%, para todos os estados. Analisando Cd, Cr, Cu, Al, Na, Ni, Mg, Sr e Fe foi observado diferença estatisticamente significativa entre as médias ao nível de significância de 5%, para, pelo menos, dois estados. Entretanto, para os metais Al, Cd, Ca, Sr e Cr os resultados indicam uma semelhança significativa entre as médias das concentrações ($p < 0,05$), para pelo menos entre dois estados. A igualdade estatisticamente significativa entre as médias das concentrações de metais ficou entre RS e PR, isto é, sete metais apresentaram concentrações semelhantes.

Desta forma, pode-se concluir que as amostras analisadas apresentam concentrações minerais diferenciadas, mas dentro do limite recomendado, logo, podem ser consumidas. Portanto, é recomendada a utilização em chás e/ou chimarrão de forma moderada, isto é, de acordo com as necessidades básicas de ingestão desses metais.

Os resultados desta investigação nos instigam a novas pesquisas, ou seja, estudar a influência de diferentes solos, onde são cultivadas as plantas nos estados do Sul do Brasil, bem como explorar esta diferença dentro dos próprios estados, mapeando os tipos de solos e verificando os teores de metais na erva-mate.

SAIDELLES, A. P. F.; KIRCHNER, R. M.; SANTOS, N. R. Z.; FLORES, E. M. M.; BARTZ, F. R. Analysis of metals in commercial samples of erva-mate from South of Brazil. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 21, n. 2, p. 259-265, abr./jun. 2010.

■ **ABSTRACT:** The “erva-mate” (*Ilex paraguariensis*, St. Hill.) ingested as a hot infusion, also known as “chimarrão”, is part of a culture with great commercial value for Southern states of Brazil. Nowadays, many studies are ongoing in order to establish the therapeutic benefits and collateral effects of erva-mate to human health, which may be related to the presence of metals. The aim of this study is to establish and compare essential metals concentration in decomposition of the erva-mate commercialized and consumed in different states of Southern Brazil. Samples from Rio Grande do Sul, Paraná and Santa Catarina States were used for determination of the concentrations of Al, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Na, Ni, Pb, Sr, V, Zn by inductively coupled plasma mass spectrometry emission spectrometry (ICP-MS) and inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES) methods. It was observed that the average concentration of all metals analyzed in the samples was within the tolerable limits. However, they presented differentiated mineral concentrations between the studied regions, suggesting further study and specific. In such a way, erva-mate can be recommended for daily use, being an important supply source for basic ingestion necessities of these metals.

■ **KEYWORDS:** Erva-mate; metals; southern Brazil.

REFERÊNCIAS

1. ABOU-ARAB, A. A. K. et al. Quantity estimation of some contaminants in commonly used medical plants in the Egyptian market. **Food Chem.**, v. 67, p. 357-363, 1999.
2. AJASA, A. M. O. et al. Heavy trace metals and macronutrients status in herbal plants of Nigéria. **Food Chem.**, v. 85, p. 67-71, 2004.
3. ALMEIDA, M. M. B. et al. Determinação de nutrientes minerais em plantas medicinais. **Ciênc. Tecnol. Alim.**, v. 22, n. 1, p. 94-97, 2002.
4. BARCELOUX, G. D. Manganese, nickel. **Clin. Toxicol.**, v. 37, p. 293-307, 1999.

5. BATTESTIN, L. et al. Análise de cálcio em diferentes tipos de bebidas. **Visão Acadêmica**, v. 3, n. 2, p. 79-86, 2002.
6. BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria n. 685, de 28 de agosto de 1998. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 28 ago. 1998. p. 28.
7. BURTON, B. T. **Nutrição humana**. São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil, 1979. 606p.
8. ERNST, E. Toxic heavy metals and undeclared drugs in Asian herbal medicines. **Trends Pharmacol. Sci.**, v. 23, p. 136-139, 2002.
9. FLORES, E. M. M., et al. Determination of Cd and Pb in medicinal plants using solid sampling flame atomic absorption spectrometry. **Int. J. Environ. Anal. Chem.**, v. 89, n. 2, p. 129-140, 2009.
10. FRANCO, F. **Tabela de composição de alimentos**. 9. ed. São Paulo: Atheneu, 1998. 307p.
11. GONZÁLVIZ, A. et al. Elemental composition of seasoning products. **Talanta**, v. 74, p. 1085-1095, 2008.
12. HAIDER S. et al. Heavy metal content in some therapeutically important medicinal plants. **Bull. Environ. Contam. Toxicol.**, v. 72, p. 119-127, 2004.
13. HAMEL, F. G.; DUCKWORTH, W. C. The relationship between insulin and vanadium metabolism in insulin target tissues. **Mol. Cell. Biochem.**, v. 153, p. 95-102, 1995.
14. HAN, W. Y. et al. Arsenic, cadmium, chromium, cobalt, and copper in different types of Chinese tea. **Bull. Environ. Contam. Toxicol.**, v. 75, p. 272-277, 2005.
15. KARA, D. Evaluation of trace metal concentrations in some herbs and herbal teas by principal component analysis. **Food Chem.**, v. 114, p. 347-354, 2009.
16. KLASSEN, C. D.; WATKINS, J. B. **Toxicologia, a ciência básica dos tóxicos de Casarett e Doull**. Lisboa: McGraw-Hill, 2001. 603p.
17. KNÖSS, W. et al. Mate: control de los compuestos naturales durante el proceso. In: ANNUAL CONGRESS OF THE SOCIETY FOR MEDICINAL PLANT RESEARCH, 46th, 1998, Viena, **Anuário...** Viena: SMPR, 1998. p. 55-57.
18. LAING, G. D.; TACK, F. M. G.; VERLOO, M. G. Performance of selected destruction methods for the determination of heavy metals in reed plants (*Phragmites australis*). **Anal. Chim. Acta**, v. 497, p. 191-198, 2003.
19. LUZ, R. C. S. et al. Determinação de vanádio em óleo diesel por espectrometria de absorção atômica em forno de grafite (GFAAS). **Rev. Analytica**, v. 07, p. 48-56, 2003.
20. MAGALHÃES, C. E. C. **Emprego de técnicas espectroscópicas de análise para a determinação de alumínio e selênio em amostras alimentícias/ambientais na forma líquida ou em suspensões**. 2000. 99f. Tese (Doutorado em Química) - Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.
21. MAIGA, A. et al. Determination of some toxic and essential metal ions in medicinal and edible plants from Mali. **J. Agri. Food Chem.**, v. 53, p. 2316-2321, 2005.
22. MARIE, P. J. Strontium ranelate: a physiological approach for optimizing bone formation and resorption. **Bone**, v. 38, p. S10-S14, 2006.
23. MASSEY, R.; TAYLOR, S. **Aluminium in food and the environment**. London: Royal Society of Chemistry, 1991. p 20-75.
24. McDOWELL, L. R.; CONRAD, J. H.; HEMBRY, F. G. **Minerals for grazing ruminants in tropical regions**. 2nd ed. Gainesville: University of Florida, 1993. 77p.
25. NOOKABKAEW, S.; RANGKADILOK, N.; SATAYAVIVAD, J. Determination of trace elements in herbal tea products and their infusions consumed in thailand. **J. Agric. Food Chem.**, v. 54, p. 6939-6944, 2006.
26. O'CONNELL, B. S. Select vitamins and minerals in the management of diabetes. **Diabetes Spectrum**, v. 14, n. 3, p.133-148, 2001.
27. PALMIERI R. M. et al. Simultaneous determination of Cd (II), Cu (II), Pb (II) and Zn (II) by derivative stripping chronopotentiometry in *Pittosporum tobira* leaves: a measurement of local atmospheric pollution in Messina (Sicily, Italy). **Chemosphere**, v. 59, p. 1161-1168, 2005.
28. RAMALLO, L. A. et al. Contenido nutricional del extracto acuoso de la yerba mate en tres formas diferentes de consumo. **Alim. Latinoam.**, Argentina, v. 255, p. 48-52, 1998.
29. RAZIC, S. et al. Determination of metal content in some herbal drugs empirical and chemometric approach. **Talanta**, v. 67, p. 233-239, 2005.
30. SCHWANZ, M. et al. Análise de metais pesados em amostras de *Peumus boldus* Mol. (Monimiaceae). **Rev. Bras. Farmacogn.**, v. 18, n. 1, p. 98-101, 2008.
31. SCOTT, M. L.; NESHEIM, M. D.; YOUNG, R. J. **Nutrition of the chicken**. Ithaca: M.L. Scott & Assoc., 1982. 562p.
32. SHAVER, A. et al. The chemistry of peroxovanadium compounds relevant to insulin mimesis. **Mol. Cell. Biochem.**, v. 153, p. 5-15, 1995.
33. STAGG, G. V.; MILLIN, D. J. The nutritional and therapeutic value of tea: a review. **J. Sci. Food Agric.**, v. 26, p. 1439-1459, 1975.

34. STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2008. 222p.
35. TAVARES, T. M.; CARVALHO, F. M. Avaliação da exposição de populações humanas a metais pesados no ambiente: exemplos do recôncavo bahiano. **Quim. Nova**, v. 15, n 2, p. 147-153, 1992.
36. TORMEN, M. J. Economia ervateira brasileira. In: WINGE, H. et al. (Ed.) **Erva-mate: biologia e cultura no cone sul**. Porto Alegre: Universidade/UFRGS, 1995. p. 27-40.
37. TRIMIZI, S. A.; WATTOO, M. H. S.; MAZHAR, M. Analytical investigation of chromium and zinc in sweet, sour and bitter tasting fruits, vegetables and medicinal plants. **Quim. Nova**, v. 30, n. 7, p. 1573-1577, 2007.
38. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Trace elements in human nutrition and health**. Geneva, 1996. 343p.
39. WRÓBEL, K.; WRÓBEL, K., Determination of total aluminum, chromium, copper, iron, manganese, and nickel and their fractions leached to the infusions of black tea, green tea, *hibiscus sabdariffa*, and *ilex paraguariensis* (mate) by ETA-AAS. **Biol. Trace Elem. Res.**, v. 78, p. 271-280, 2000.