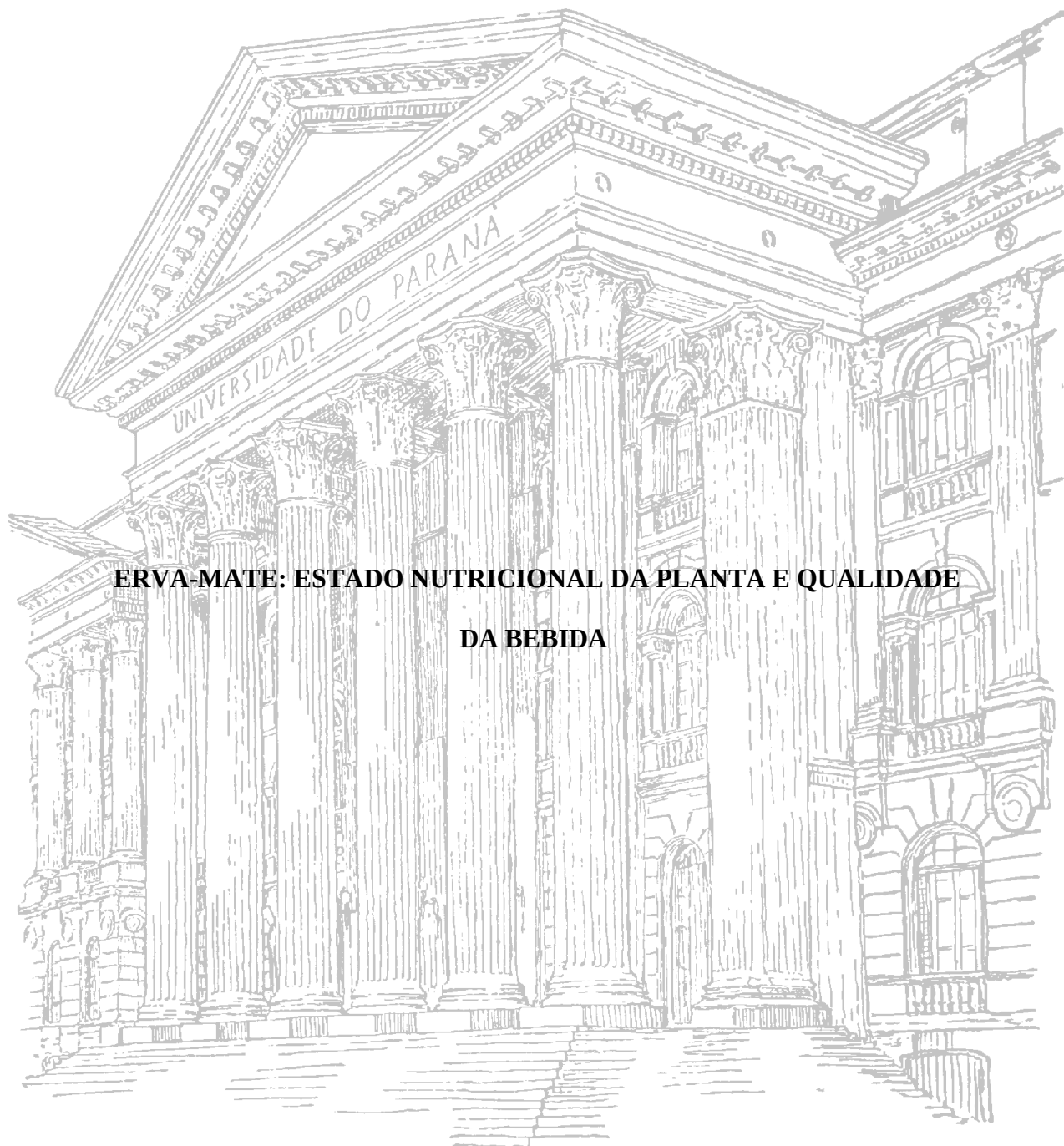


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARÍLIA CAMOTTI BASTOS



**ERVA-MATE: ESTADO NUTRICIONAL DA PLANTA E QUALIDADE
DA BEBIDA**

CURITIBA

2013

MARÍLIA CAMOTTI BASTOS

**ERVA-MATE: ESTADO NUTRICIONAL DA PLANTA E QUALIDADE
DA BEBIDA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração Solo e Ambiente, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann

Co-orientador: Prof. Dr. Volnei Pauletti

Co-orientador: Dr. Sérgio Gaiad

CURITIBA

2013



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM CIÊNCIA DO SOLO

PARECER

A Banca Examinadora designada para avaliar a defesa da Dissertação de Mestrado de **MARÍLIA CAMOTTI BASTOS**, intitulada “**Erva-mate: estado nutricional da planta e qualidade da bebida**”, do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após análise do texto e arguição da candidata, emitem parecer pela “**APROVAÇÃO**” da referida Dissertação. A candidata atende assim um dos requisitos para a obtenção do título de **Mestre em Ciência do Solo - Área de Concentração Solo e Ambiente**. Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em Curitiba, 01 de março de 2013.

Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann, Presidente

Engº. Florestal Dr. Sergio Gaiad, Iº. Examinador

Profª. Drª. Cyntia Maria Wachowicz, IIª. Examinadora

Setor de Ciências Agrárias Universidade Federal do Paraná
Rua dos Funcionários, 1540 - Bairro Cabral
80035-050 - Curitiba - PR - Fone/fax: (41) 3350-5648
pgcisol@ufpr.br | www.pgcisol.agrarias.ufpr.br



“Quando não conseguir correr através dos anos, trote.

Quando não conseguir trotar, caminhe.

Quando não conseguir caminhar, use uma bengala.

Mas nunca se detenha ”

Madre Teresa de Calcutá

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, nosso grande criador, que nos dá a oportunidade diária de conviver e estudar com tanto carinho as suas obras divinas.

Aos meus pais, pela atenção, carinho, preocupação e por acompanharem nessa caminhada de estudos sempre me apoiando, dando força e reconhecimento em todos os momentos. Ao meu querido irmão Bruno, por todo carinho e atenção especialmente nesses últimos meses de dissertação que esteve diariamente ao meu lado ajudando, rindo, chorando e sempre me alegrando com mini-chocolates de uma fonte mágica escondida.

Ao professor Carlos Bruno Reissmann, um super obrigada pela paciência, amizade, atenção, respeito e tudo que me ensinou, com certeza posso dizer que tenho um grande orientador ao meu lado nesses 6 anos de pesquisa.

Ao co-orientador Volnei Pauletti, por toda ajuda dentro da universidade e a pronta disposição a ensinar, ajudar e ouvir sendo sempre um profissional exemplar e um grande professor. Ao co-orientador Sérgio Gaiad, que juntamente a EMBRAPA, sempre está a disposição para garantir que esse projeto de certo.

Aos laboratoristas Flori Roberto Margraf Barberi, Aldair Marty Munhoz, Maria Cleusa Bart e Maria Aparecida de Carvalho Santos pelo auxílio nos laboratórios durante todos esses anos de trabalho e pela amizade que construímos na nossa convivência diária.

As minhas amigas queridas que me acompanham tanto na minha vida pessoal quanto nessa caminhada de estudos. A Jéssica Fernandes Kaseker por ser uma grande amiga em todos os momentos e em especial por ter me inserido no mundo da pesquisa ao seu lado durante muitos anos, mesmo que no início nem sabíamos onde queríamos chegar. A Kharyn de Freitas Fezer pela amizade incondicional e todos os momentos em que me ajudou nesses anos ao meu lado, é comadre não era tão fácil como te contei (risos). A Verediana Fernanda Cherobim, um enorme abraço amiga, muito obrigada por tudo que fez nesses dois anos de dissertação, especialmente pelo companheirismo nas coletas, análises de laboratório e comprometimento com as amostras que trabalhamos “afinal de contas é como se fossem minhas análises”. Vocês são incríveis!

Aos meus amigos queridos Rangel Consalter e Julierme Zimmer Barbosa pela ajuda nos trabalhos de campo amizade, conversas, viagens divertidas com muita comida e conhecimento. A amiga e companheira de café Giovana Clarice Poggere que participou das coletas a campo com muita disposição e animação. Ao companheiro de Chimarrão Eduardo de Paula Menezes pelo auxílio e companhia nos laboratórios. A Carla Sampaio pela ajuda no laboratório, dedicação com a pesquisa e amizade nesse último ano de mestrado. Aos amigos de iniciação científica, mestrado e doutorado dos anos 2010, 2011 e 2012 pela amizade e ajuda nos trabalhos de campo, um carinho especial a Daniela Jerszurki, Thiago Ranzan e Ana Beatriz de Oliveira que fizeram a coleta de produtividade com tanta animação e vontade.

Um grande abraço a todos os professores da PPGCS da UFPR.

Nunca esqueçam, juntos vamos mais longe.

Muito Obrigada!

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	10
CAPÍTULO 1 – VALOR NUTRICIONAL TOTAL E HIDROSSOLÚVEL DE FOLHAS JOVENS DE ERVA-MATE (<i>Ilex paraguariensis</i>), COLETADAS NA ÉPOCA DE PRÉ-SAFRINHA.	13
CHAPTER 1 – TOTAL AND HYDROSOLUBLE NUTRITIONAL VALUE OF YERBA MATE (<i>Ilex paraguariensis</i>) YOUNG LEAVES, COLLECTED DURING SAFRINHA SEASON.....	14
1. INTRODUÇÃO	15
2. MATERIAL E MÉTODOS	16
2.1. ÁREA DE ESTUDO.....	16
2.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	16
2.3. COLETA DO MATERIAL VEGETAL	17
2.4. ANÁLISE QUÍMICA VEGETAL.....	17
2.5. BIOMASSA VEGETAL.....	18
2.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA	18
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
3.1. BIOMASSA VEGETAL.....	19
3.2. TEORES NUTRICIONAIS FOLIARES	20
3.3. CONTEÚDO FOLIAR	23
3.4. RELAÇÃO DOS TEORES TOTAIS E A HIDROSSOLUBILIDADE DOS NUTRIENTES EM FOLHAS DE ERVA-MATE COLHIDAS NA ÉPOCA DE PRÉ-SAFRINHA	27
3.5. PARTICIPAÇÃO NA INGESTÃO DIÁRIA RECOMENDADA (IDR)	31
4. CONCLUSÕES.....	34
5. LITERATURA CITADA.....	35

CAPÍTULO 2 – PRODUTIVIDADE E VALOR NUTRICIONAL (TOTAL E HIDROSSOLÚVEL) DE DOIS MORFOTIPOS DE ERVA-MATE (<i>Ilex paraguariensis</i>), COLETADOS NAS ÉPOCAS DE SAFRA E SAFRINHA.	38
CHAPTER 2 – PRODUCTIVITY AND NUTRITIONAL VALUE (TOTAL AND HYDROSOLUBLE) OF TWO YERBA-MATTE MORPHOTYPES (<i>Ilex paraguariensis</i>), COLLECTED DURING SAFRA AND SAFRINHA SEASONS.	39
1. INTRODUÇÃO	40
2. MATERIAL E MÉTODOS	42
2.1. ÁREA DE ESTUDO	42
2.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	42
2.3. COLETA DO MATERIAL VEGETAL.....	43
2.4. ANÁLISE QUÍMICA VEGETAL	43
2.5. PRODUTIVIDADE	45
2.6. DENDROMETRIA	45
2.7. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	46
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
3.1. PRODUTIVIDADE	47
3.2. DENDROMETRIA.....	47
3.3. ESTADO NUTRICIONAL E BEBIDA DE FOLHAS DE ERVA-MATE.....	52
3.4. RELAÇÃO ENTRE OS TEORES NUTRICIONAIS ENCONTRADOS NAS ÉPOCAS DE COLETA DA SAFRINHA E SAFRA.....	67
3.5. PARTICIPAÇÃO NA INGESTÃO DIÁRIA RECOMENDADA (IDR)	70
3.6. RELAÇÃO ENTRE OS TEORES TOTAIS E O HIDROSSOLÚVEL	74
4. CONCLUSÃO	84
5. LITERATURA CITADA.....	85
6. ANEXOS.....	90

ERVA-MATE: ESTADO NUTRICIONAL DA PLANTA E QUALIDADE DA BEBIDA¹

Autor: Marília Camotti Bastos

Orientador: Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann

Co-Orientador: Prof. Dr. Volnei Pauletti

Co-orientador: Dr. Sérgio Gaiad

RESUMO GERAL

A erva-mate (*Ilex paraguariensis*) é uma árvore tipicamente sul-americana distribuída naturalmente no Brasil, Argentina e Paraguai. As diversas finalidades que as folhas de erva-mate possuem (ex.: cosméticos, fitoterapia, concentrados, refrigerantes, medicamentos e etc.) são ser o ponto de partida para os estudos realizados com a espécie. Essa dissertação tem como objetivo principal relacionar os potenciais nutricionais de morfotipos, procedências e progênies de erva-mate, colhidas em diferentes épocas do ano. O primeiro capítulo propõe a realização da colheita de folhas jovens, emitidas na época de pré-Safrinha, visando uma fonte de renda adicional aos produtores. No segundo capítulo apresentam-se análises de tecido vegetal (folhas e preparado de Chimarrão) nas épocas de colheita de Safra e Safrinha, bem como o desempenho das árvores estudadas. Em ambos os capítulos, foram analisados: os teores totais e hidrossolúveis do material vegetal, as características de produtividade e a participação na Ingestão Diária Recomendada (IDR). Concluiu-se que a variabilidade genética de cada indivíduo e a época de colheita são fatores que interferem nas concentrações e na hidrossolubilidade dos nutrientes presentes nas folhas.

Palavras-chave: *Ilex paraguariensis*, Chimarrão, Hidrossolubilidade.

¹ Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. (92 p.) Fevereiro, 2013.

YERBA-MATE: STATE OF PLANT NUTRITION AND BEVERAGE QUALITY²

Author: Marília Camotti Bastos¹

Advisor: Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann

Co- Advisor: Prof. Dr. Volnei Pauletti

Co- Advisor: Dr. Sérgio Gaiad

GENERAL ABSTRACT

The tree of Yerba-Matte (*Ilex paraguariensis*) is typically found in South-America and naturally distributed in Brazil, Argentina and Paraguay. The several utilities of its leaves (ex.: cosmetics, phytotherapy, concentrates, soft drinks, medicines and etc.) must be the start point of any study related to the species. The main objective of this dissertation was to relate the morphotypes, provenances and progenies of nutritional potenciales, harvested in different seasons of the year. The first chapter proposes to harvest the young leaves, emitted at pre-Safrinha period, aiming an additional income source for producers. The second chapter presents the analyzes of vegetal tissue (leaves and Chimarrão prepared) during Safrinha and Safrinha seasons, as well as the performance of the studied trees. In both chapters, were analyzed: the total and hydrosoluble vegetal material, the characteristics of productivity and participation in the Reference Daily Intake (RDI). The conclusion was that, the genetic variability of each individual and the harvest season are factors that affect the concentrations and water solubility of nutrients in the leaves.

Key-Words: *Ilex paraguariensis*, Chimarrão, Hydrosolubility.

² Soil Science Master Dissertation. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. (92 p.) February, 2013.

INTRODUÇÃO GERAL

Essencialmente sul-americana, a erva-mate (*Ilex paraguariensis*) abrange aproximadamente 540.000 km², naturalmente distribuída entre os países Brasil, Argentina e Paraguai (Oliveira & Rotta, 1985). No Brasil, ocorre junto a Floresta Ombrófila Mista, associada com Pinheiro do Paraná (*Araucaria angustifolia* Bert.), compreendendo as regiões do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Mato Grosso do Sul e em pontos isolados em São Paulo e Minas Gerais (Oliveira & Rotta, 1985; Carvalho, 1994).

Em meio a ampla área de distribuição geográfica foram observadas variações morfológicas em suas folhas (Coelho et al., 2002) que, no estado do Paraná, receberam a denominação de morfotipos (Boeger et al., 2003; Reissman et al., 2003; Dünisch et al., 2004). O morfotipo Amarelinha se caracteriza por apresentar folhas de tonalidade mais clara na região do limbo e na nervura principal e as nervuras secundárias com tonalidade amarela; o morfotipo Cinza tem suas folhas com limbo de tonalidade cinza-esverdeada e as nervuras não tão acentuadamente amareladas como no morfotipo anterior; o morfotipo Sassafrás tem suas folhas com limbo verde escuro brilhante na face adaxial e as nervuras em tom mais claro (Reissmann et al., 2003).

A principal forma de consumo da erva-mate é através da infusão de um composto constituído de 70% de folhas e 30% de ramos finos chamada de Chimarrão (Heinrichs & Malavolta, 2001). Apesar de representar 97% da utilização da planta no Brasil (EMATER, 1995), pouco se sabe sobre as concentrações nutricionais ingeridas na bebida.

Outra opção para os produtores de erva mate é o mercado fitoterápico, que vem se consolidando em busca de plantas medicinais que possam ser encapsuladas juntamente a materiais poliméricos para serem usadas no consumo humano (Shahidi & Han, 1993). Com o retorno do uso de plantas medicinais nos últimos anos (Bello et al., 2002), a fitoterapia é um nicho de mercado que se encontra em expansão em todo o mundo e se torna bastante promissor (Calixto, 2000). A pequena quantidade de informações sobre as plantas usadas na fitoterapia é uma realidade enfrentada por farmacêuticos e médicos, que buscam fontes mais confiáveis sobre o assunto (Grauds, 1996).

A composição química e as características organolépticas da bebida de folhas de erva-mate podem variar com: tipo de solo, época de coleta, idade da planta, características climáticas (Bertoni et al., 1992; Cirio & Rücker, 2000) e individualmente entre plantas relacionadas aos fatores genéticos e seus fenótipos (Scherer et al., 2002). Com a intenção de

elucidar essas dúvidas, nos últimos anos foram estabelecidos experimentos nas regiões de ocorrência da erva-mate e desenvolvidos projetos com plantas de características genéticas distintas. Esses projetos buscam conhecer as relações entre o ambiente, composição química das plantas e suas relações com os morfotipos, procedências e progênes. Nesse sentido, essa dissertação tem como objetivo principal relacionar os potenciais nutricionais de morfotipos, procedências e progênes de erva-mate colhidas em diferentes épocas do ano.

LITERATURA CITADA

- BELLO, C.M.; MONTANHA, J.A.; SCHENKEL, E.P. Análise das bulas de medicamentos fitoterápicos comercializados em Porto Alegre, RS, Brasil. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 12:75-83, 2002.
- BERTONI, M.H.; PRAT KRICUN, S.D.; KANZIG, R.G. & CATTANEO, P. Effect of different stages of the tradicional process for yerba mate producion on the composition of fresh leaves. *Anales de La Asociación Química Argentina*, 80: 493 – 501, 1992.
- BOEGER, M. R.T; REISSMANN, C.B. & BORILLE, A.M.W. Análise morfométrica foliar de três morfotipos de erva-mate. (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). In: CONGRESSO SUL AMERICANO DE ERVA-MATE, 3º FEIRA DO AGRONEGÓCIO DA ERVA-MATE, 1., Anais. Chapecó,2003. CD-ROM.
- CALIXTO, J.B. Efficacy, safety, quality control, marketing and regulatory guidelines for herbal medicines (phytotherapeutic agents). *Brazilian Journal Of Medical And Biological Research*. 33:179-189, 2000.
- CARVALHO, P.E.R. *Ilex paraguariensis* Saint-Hilaire. In: CARVALHO, P.E.R. *Espécies Arbóreas Brasileiras*. Colombo, EMBRAPA, 1994. p.280-287.
- CIRIO, G. M. & RÜCKER, N.G. de A. Ecofisiologia da erva-mate e os parâmetros legais. In: MACCARI JUNIOR, A. & MAZUCOWSKI, J.Z. *Produtos alternativos e desenvolvimento da tecnologia industrial na cadeia produtiva da erva-mate*. Curitiba. MCT/CNPq/PADCT. 2000. p.105-119.
- COELHO, G. C.; MARIATH, J. E. de A. & SCHENKEL, E. P. Populational Diversity on Leaf Morphology of Maté (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil., Aquifoliaceae). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 45:47-51, 2002.
- DÜNISCH, O.; REISSMANN, C. B.; OLISZESKI, A. Variability of vessel characteristics in the xylem of *Ilex paraguariensis* (mate-tree) from south Brazil. *IAWA Journal*, 25:449-458, 2004.
- EMATER. *Aplicações industriais e usos alternativos para a erva-mate*. São Paulo. 1995. 35 p.
- GRAUDS, C. Natural medicines in pharmacy texts, medical school and governement research. *Pharmacy Times*, 62: 92, 1996.
- HEINRICHS, R.& MALAVOLTA, E. Composição mineral do produto comercial da erva-mate (*Ilex paraguariensis*, St. Hil.). *Ciência Rural*, 31:781-785, 2001.

OLIVEIRA, Y.M.M. de & ROTTA, E. Área de distribuição natural da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: Silvicultura da erva-mate, 10., Anais. Curitiba, 1983. p.17-36.

REISSMANN, C. B.; DUNISCH, O. & BOEGER, M. R. Beziehung Zwischen Ernährungsbiologischen (Fe, Mn, Ca) und Strukturellen Merkmale. Ausgewälter morphotypen de matepflanze (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). In: HÜTTEL, R. (Ed.). Boden, wald und wasser. Aachen: Shaker Verlag., 2003. p.146-171

SCHERER, R.; URFER P.; MAYOL M.R.; BELINGHERI L.D.; MARX F.; JANSSENS M.J.J. Inheritance studies of caffeine and theobromine content of Mate (*Ilex paraguariensis*) in Misiones, Argentina. *Euphytica*, 126: 203–210, 2002.

SHAHIDI, F. & HAN, X. Encapsulation of food ingredients. *Critical Review in Food Science and Nutrition*, 33/ 6: 501-547, 1993.

SIMEPAR- Instituto Tecnológico Simepar- Disponível em: <
<http://www.simepar.br/tempo/clima/almanaque.jsp>>. Acesso em: 15 out. 2012.

CAPÍTULO 1 – VALOR NUTRICIONAL TOTAL E HIDROSSOLÚVEL DE FOLHAS JOVENS DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis*), COLETADAS NA ÉPOCA DE PRÉ-SAFRINHA.

RESUMO

A erva-mate (*Ilex paraguariensis*) é uma espécie comercialmente consumida pela infusão de suas folhas. A colheita principal da erva-mate é chamada de Safra e ocorre entre os meses de maio e setembro. No período entre os meses de dezembro e fevereiro ocorre a segunda colheita conhecida como Safrinha. No período entre essas duas colheitas, o erval emite folhas jovens de característica tenra que poderiam ser um novo nicho de mercado para as ervateiras; a esse período denominou-se Pré-Safrinha. O presente trabalho teve como objetivo conhecer os teores totais e hidrossolúveis de macro e micronutrientes em folhas jovens de erva-mate, quantificar a sua participação na Ingestão Diária Recomendada (IDR) e indicar a(s) progênie(s) e o(s) morfotipo(s) com maior potencial nutricional à indústria ervateira. O experimento foi instalado no ano de 1997 na Fazenda Experimental Canguiri, no município de Pinhais-PR. Afim de representar apenas folhas jovens, do período de pré-Safrinha, o material vegetal coletado limitou-se até o terceiro broto terminal, em novembro/2011. Representando o morfotipo Amarelinha, foram avaliadas as procedências Cascavel – PR (progênie 174) e Ivaí - PR (progênie 6); o morfotipo Sassafrás foi representado pela procedência Barão de Cotegipe - RS (progênies 68 e 69). A análise química total e hidrossolúvel das folhas foi realizada para os elementos P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu e Zn. Concluiu-se que o morfotipo Amarelinha e a progênie Ivaí 6 foram os mais indicados para indústria ervateira por fornecerem os melhores teores totais e hidrossolúveis em suas folhas. A participação dos elementos hidrossolubilizados em uma xícara de chá de 60 ml, na IDR, apresentou a seguinte ordem: Ca < Zn < Fe < Mg < P < Mn < Cu.

Palavras-chave: Morfotipo, Progênies, Nutrição Humana, Chá.

CHAPTER 1 – TOTAL AND HYDROSOLUBLE NUTRITIONAL VALUE OF YERBA MATE (*Ilex paraguariensis*) YOUNG LEAVES, COLLECTED DURING SAFRINHA SEASON.

ABSTRACT

Yerba Mate (*Ilex paraguariensis*) is a specie commercially consumed by the infusion of their leaves. The main harvest of Yerba Mate is called Safra and occurs between the months of May and September. In the period between December and February occurs the second harvest, known as Safrinha. Between these two harvests, the herbal emits tender young leaves that could be a new market niche in the Yerba Mate Industry; this period is called Pre-Safrinha in this paper. This study aimed to: find out the total and hydrosoluble macro and micro nutrients in leaves of yerba mate, quantify the participation in the Recommended Daily Intake (RDI) and indicate the progeny and morphotype with the greatest nutritional potential to be used in the industry. The experiment was installed in 1997 at the Experimental Farm Canguiri, located at the city of Pinhais-PR. In order to represent the Pre-Safrinha's young leaves, the collected vegetal material was limited to the third terminal bud, in November/2011. Representing Amarelinha morphotype, there were Cascavel – PR (progeny 174) and Ivaí - PR (progeny 6) provenance; the Sassafrás morphotype was represented by Barão de Cotegipe – RS provenance (progenies 68 and 69). The leaves' total and hydrosoluble chemical analysis was applied to the following elements: P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu e Zn. It was concluded that Amarelinha morphotype and Ivaí 6 progeny were the most indicated to the yerba mate industry due to provide the best total and hydrosoluble levels in their leaves. The participation of the hydrosolubilized elements, in a 60 ml cup-of-tea, in RDI, presented the following order: Ca < Zn < Fe < Mg < P < Mn < Cu.

Key-words: Morphotype, Progeny, Human Nutrition, Tea.

1. INTRODUÇÃO

A nutrigenômica e a biofortificação procuram selecionar plantas com maior potencial de fornecimento mineral e vitamínico para o consumo humano através do melhoramento genético e manejo das culturas (Moraes, 2008). Pesquisadores têm buscado conhecer as características nutricionais de folhas da espécie *Ilex paraguariensis*, uma planta que tem como consumo principal o tradicional chimarrão, mate queimado, tererê, mate solúvel e refrigerante (Carvalho, 2003). Dentre os fatores que mais influenciam os teores nutricionais estão a morfologia das folhas de erva-mate (Coelho et al., 2002) e a época de colheita das folhas utilizadas no comércio (Campos, 1991).

Em relação às diferenças morfológicas, as folhas de erva-mate foram denominadas de morfotipos. O morfotipo Amarelinha possui folhas em tonalidade mais clara na região do limbo e a nervura principal e as secundárias em tonalidade amarela; o morfotipo Cinza se caracteriza por folhas com limbo de tonalidade cinza-esverdeada e as nervuras não tão acentuadamente amareladas como no morfotipo anterior e o morfotipo Sassafrás pelas folhas de limbo verde escuro com aspecto brilhante na face adaxial e as nervuras num tom mais claro (Reissmann et al., 2003).

A colheita principal da erva-mate é chamada de Safra e ocorre entre os meses de maio e setembro. No período entre os meses de dezembro e fevereiro ocorre a segunda colheita conhecida como Safrinha (Andrade, 2003). No período entre essas duas épocas, o erval emite folhas jovens de característica tenra que podem ser um novo nicho de mercado para as ervateiras. A infusão de folhas tenras, em espécies como *Camellia sinensis*, *Clerodendrom glandulosum* e *Saraca asoca*, é uma prática usual em tribos indígenas devido as suas propriedades medicinais (Nath et al., 2011). Além dessas espécies, pesquisadores têm buscado conhecer as características químicas de folhas jovens de plantas consumidas como chá (Chenery et al., 1995; Fung et al., 2003; Fung et al., 2009; Shu et al., 2003; Han et al., 2007; Xie et al., 2007; Shi et al., 2008). O presente trabalho teve como objetivo conhecer os teores totais e hidrossolúveis de macro e micronutrientes em folhas jovens de erva-mate para: conhecer sua participação na Ingestão Diária Recomendada e indicar a(s) progênie(s) e o(s) morfotipo(s) com maior potencial nutricional para serem usadas pela indústria ervateira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi instalado em 1997 por pesquisadores da EMBRAPA em uma área da Fazenda Experimental Canguiri, no município de Pinhais (PR), entre a latitude 25°25' sul (S) e longitude 49°08 oeste (W), a 915m de altura em relação ao nível do mar. O clima da região é do tipo climático Cfb, conforme a classificação de Köppen, sendo a temperatura mínima média de 16,2°C e máxima de 25,9°C com precipitação média anual de aproximadamente 2376 mm, de acordo com o SIMEPAR (2012). Desde sua instalação, área é continuamente gerenciada pelo Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Os atributos químicos e a textura do solo se encontram na tabela 1.

TABELA 1: Atributos químicos e textura do solo na profundidade de 0 – 20 cm sob cultivo de erva-mate.

Areia	Silte	Argila	pH	C	P	Al	H+Al	Ca	Mg	K	Na	Fe	Mn	Cu	Zn
	%		CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----						-----mg kg ⁻¹ -----			
44	20	36	4,43	2,83	8,93	1,28	9,98	3,7	2,9	0,2	0,2	76,38	11,97	1,03	0,8

2.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental implantado foi latice balanceado em 8x8.

O material genético utilizado no experimento é composto de: 5 procedências, representadas através de 13 progênes, cada progênie compostas por 6 árvores, repetidas em nove blocos. As árvores foram plantadas com espaçamento de 2 metros entre plantas e 3 metros entre as linhas, totalizando 3510 plantas.

Dentre os morfotipos presentes no experimento foram selecionados o morfotipo Amarelinha, do qual foram avaliadas as procedências Cascavel – PR (progênie 174) e Ivaí - PR (progênie 6) e o morfotipo Sassafrás que foi representado pela procedência Barão de Cotegipe - RS (progênes 68 e 69). Cada progênie foi repetida 6 vezes, totalizando 24 amostras.

2.3. COLETA DO MATERIAL VEGETAL

O material vegetal foi coletado no mês de novembro do ano de 2011, representando a época de Pré-safrinha. Foram coletadas folhas tenras na porção mediana da copa viva, com exposição norte, visando à máxima exposição luminosa (Zöttl, 1973; Jones & Case, 1990). Afim de representar apenas folhas jovens, do período de pré-safrinha, o material vegetal coletado limitou-se aos três brotos terminais até aproximadamente o terceiro nó. As amostras foram colocadas em cartuchos de papel e identificadas.

2.4. ANÁLISE QUÍMICA VEGETAL

Em laboratório, o material coletado foi previamente lavado com água deionizada e seco a temperatura de 60°C até peso constante. As folhas foram separadas, moídas, peneiradas a 1 mm e acondicionadas em frascos herméticos ao abrigo da luz.

2.4.1. Análise Química dos Teores Totais

Para a análise química dos minerais P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu e Zn presentes na folha, pesou-se 1g de material vegetal em cadinhos de porcelana para incineração em mufla à 500°C com posterior digestão ácida (HCl 3 mol L⁻¹) (Martins & Reissmann, 2007).

O P e o B foram determinados por colorimetria, com vanadato-molibdato de amônio e Azometina H respectivamente, com leitura em espectrofotômetro UV/VIS (Silva, 1999). A determinação de K foi realizada por fotometria de emissão e os elementos Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Al, por espectrofotometria de absorção atômica (Martins & Reissmann, 2007).

2.4.2. Análise Química dos Teores Hidrossolúveis

A extração aquosa foi obtida através da infusão de 3 g de material foliar em 60 ml de água deionizada aquecida a 80 °C (±5 °C). O extrato foi mantido sob aquecimento em chapa quente, durante 5 minutos, com posterior filtragem do extrato ainda aquecido em papel de

filtro faixa azul 389³ (adaptado de Reissmann et al., 1994). Uma alíquota de 10 ml do extrato filtrado foi transferida para cadinhos para ser evaporada. Após a evaporação, a digestão e determinação dos macro e micronutrientes foram realizadas conforme processo descrito no item anterior.

2.5. BIOMASSA VEGETAL

A biomassa vegetal foi definida com base no peso de 100 folhas em balança de precisão. Para a obtenção da massa da matéria fresca pesou-se folhas recém coletadas e a massa da matéria fresca foi obtida através da pesagem das mesmas folhas após 72 horas de secagem a 60°C

2.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise dos dados obtidos foi realizada através da análise de variância (ANOVA), teste de comparação de média (Tukey a 1 e 5% de significância) e correlação (Pearson 1 e 5% de significância).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. BIOMASSA VEGETAL

Para os dados de massa média da matéria fresca encontrada foi 37,50 g 100folhas⁻¹, com intervalo de confiança variando de 33,64 a 41,36 g 100folhas⁻¹. O coeficiente de variação foi 26%, para uma amplitude de 23,27 a 56,78 g 100folhas⁻¹ (Tabela 2).

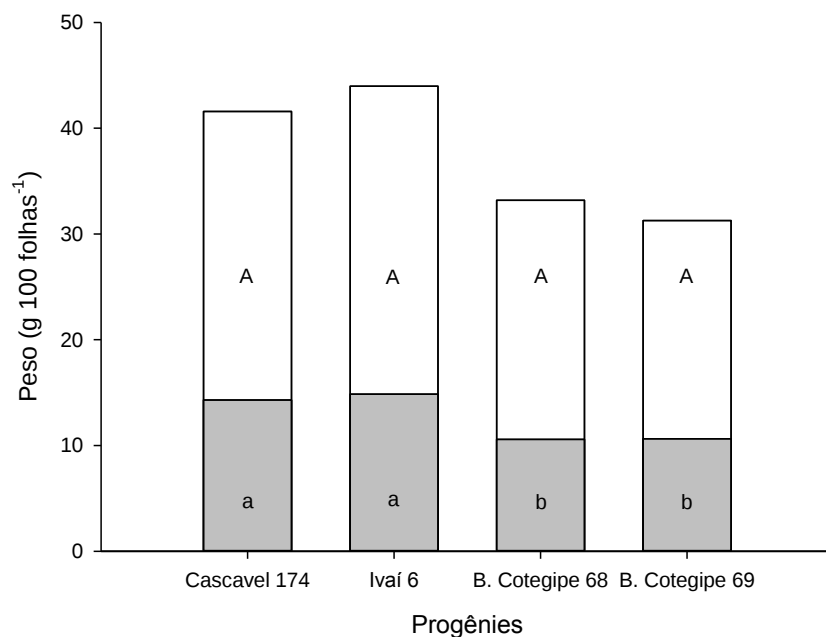
Os dados de matéria seca apresentaram média de 12,61 g 100folhas⁻¹, em um intervalo de confiança variando de 11,36 a 18,85 g 100folhas⁻¹. O coeficiente de variação foi 25%, para uma amplitude de 8,13 a 18,84 g 100folhas⁻¹ (Tabela 2).

TABELA 2- Estatísticas descritivas das variáveis matéria fresca e matéria seca folhas de erva-mate colhidas na época de pré-Safrinha em g 100folhas⁻¹.

ESTATÍSTICA	Massa Fresca	Matéria Seca
MÍNIMO	23,27	8,13
MÁXIMO	56,78	18,84
AMPLITUDE	33,52	10,71
MÉDIA	37,50	12,61
VARIÂNCIA	93,03	9,75
DESVIO PADRÃO	9,65	3,12
ERRO PADRÃO	1,97	0,64
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	0,26	0,25
INTERVALO DE CONFIANÇA (5% DE	(33,64 ≤ μ ≤ 41,36)	(11,36 ≤ μ ≤ 18,85)

A média da massa da matéria fresca não foi diferente estatisticamente entre as progênes (37,50 g 100 folhas⁻¹). Porém, a média da matéria seca foi estatisticamente superior para o morfotipo Amarelinha, representado pelas procedências IV 6 (14,85 g 100 folhas⁻¹) e CSV 174 (14,30 g 100 folhas⁻¹), e inferior para o morfotipo Sassafrás, representado pelas procedências BC 68 (10,66 g 100 folhas⁻¹) e BC 69 (10,64 g 100 folhas⁻¹). Logo, há um indicativo de que o morfotipo Amarelinha possui maior potencial para produção de matéria seca de folhas tenras (Figura 1).

Oliva (2007) estudando folhas coletadas na época de Safrinha encontrou valores médios de matéria seca das folhas 35% superiores aos obtidos no presente trabalho. Dessa forma, existe a necessidade de estudos subsequentes que verifiquem a logística da colheita das folhas jovens para que seja possível adequar seu manejo e o aproveitamento industrial.



*Médias com mesmas letras maiúsculas não diferem estatisticamente ao nível a 5% para o teste de Tukey para conteúdo foliar de matéria fresca e com mesmas letras minúsculas para conteúdo foliar de matéria seca.

FIGURA 1– Massa da matéria fresca (cor branca) e matéria seca (cor cinza) de folhas jovens em 4 progênies de erva-mate coletadas na época de pré-Safrinha

3.2. TEORES NUTRICIONAIS FOLIARES

Em relação aos teores nutricionais nas folhas jovens, o nutriente P não apresentou diferença estatística para os teores totais e para a hidrossolubilidade encontrados nas progênies estudadas. Os teores médios foram de $1,95 \text{ g kg}^{-1}$ de P, sendo próximos aos teores médios totais de P ($1,48 \text{ g kg}^{-1}$) observados por Chenery et al. (1955), estudando folhas jovens de *Camellia sinensis* com 14 anos de idade. A hidrossolubilidade de P variou de 0,2 a $0,5 \text{ g kg}^{-1}$, com média igual a 21,2%. Porcentagens menores de P hidrossolúvel eram esperadas devido a sua participação nas plantas como componente estrutural de macro-moléculas, sendo proeminente em ácidos nucleicos como componente de DNA e unidades de RNA (Marschner, 2012). Contudo, a época de coleta das folhas jovens e a alta redistribuição do P podem ter interferido na quantidade de P extraível das folhas (Tabela 3).

Quanto ao K, os teores totais foram estatisticamente diferentes contendo a progênie 69 teores superiores que a progênie 68. A média dos teores totais ($19,02 \text{ g kg}^{-1}$) foi próxima ao obtido por Jacques et al. (2007) em plantas, com sete anos de idade, coletadas 6 meses após

poda completa da copa folhosa e por Carr et al.(2003) ao estudar folhas jovens de *Camellia sinensis*. A porcentagem de hidrossolubilidade do K foi alta (72%) pois, o K nas plantas se encontra predominantemente como cátion livre ou adsorvido podendo facilmente ser deslocado das células ou dos tecidos vegetais (Lindhauer, 1985). Essa característica permite a lavagem do elemento nas folhas (Tabela 3).

Os teores médios dos elementos Ca ($2,16 \text{ g kg}^{-1}$) e Mg ($3,77 \text{ g kg}^{-1}$) foram inferiores aos encontrados em folhas jovens de erva-mate estudadas por Jacques et al.(2007). Para os teores totais de Mg a progênie 69 foi inferior as demais progênies, enquanto que, para os teores totais de Ca foi inferior apenas a progênie 174 (Tabela 3). A hidrossolubilidade de Ca foi a quarta menor entre todos os elementos estudados, com média de 5,5% , provavelmente devido às fortes ligações com a parede celular e a membrana plasmática (Marschner, 2012) que dificultam sua hidrossolubilização do elemento para o extrato (Tabela 3). A porcentagem de hidrossolubilidade do Mg foi de 3,9% e está próximo ao obtido em folhas jovens de *Camellia sinensis*. A porcentagem encontrada está abaixo da porcentagem citada na literatura, que afirma que 60 a 90% do Mg é capaz de ser extraído com água (Fink, 1992 apud Marschner, 2012) (Tabela 3).

TABELA 3 - Teor total e hidrossolúvel de macronutrientes em folhas de erva-mate coletadas na época de pré-Safrinha.

PROGÊNIOS		P ¹		K		Ca		Mg	
g kg ⁻¹									
TEOR TOTAL DE NUTRIENTES									
Barão de Cotegipe	68	2,1	a	12,9	b	2,2	ab	4,1	a
Ivaí	6	2,3	a	17,3	ab	2,2	ab	3,8	a
Barão de Cotegipe	69	1,8	a	19,0	a	1,5	b	2,7	b
Cascavel	174	1,8	a	15,7	ab	2,7	a	4,4	a
Média Geral		2,0		16,2		2,2		3,8	
HIDROSSOLUBILIDADE DOS DE NUTRIENTES									
Barão de Cotegipe	68	0,4	a	9,5	a	0,1	a	0,2	a
Ivaí	6	0,3	a	9,9	a	0,1	a	0,1	a
Barão de Cotegipe	69	0,3	a	12,7	a	0,1	a	0,1	a
Cascavel	174	0,4	a	12,9	a	0,1	a	0,1	a
Média Geral		0,4		11,3		0,1		0,12	
% de HIDROSSOLUBILIDADE DOS NUTRIENTES									
Barão de Cotegipe	68	22,2		84,2		5,1		4,5	
Ivaí	6	15,0		57,5		4,4		2,4	
Barão de Cotegipe	69	19,2		66,0		9,2		4,6	
Cascavel	174	28,5		80,0		3,4		4,2	
Média Geral		21,2		72		5,5		3,9	

¹Médias com as mesmas letras, na vertical, não diferem estatisticamente ao nível a 1% para o teste de Tukey, no âmbito do teor total das procedências para cada nutriente, e a 5% para os teores hidrossolúveis.

Os teores totais e a hidrossolubilidade de Cu e Zn não diferiram estatisticamente e estão próximos aos obtidos em folhas jovens de erva-mate estudadas por Jacques et al. (2007), com porcentagem média de Cu hidrossolúvel de 36% (Tabela 4). Apesar do Cu ser um elemento conhecido pela sua baixa mobilidade, por estar presente nos cloroplastos ou ligado a enzimas (Marschner, 2012), altos teores são encontrados em extratos obtidos a partir de água quente, tanto para a erva-mate (Reissmann et al., 1994) quanto na infusão de outras plantas, como por exemplo a camomila (Basgel & Erdemoglu, 2006).

Para o Zn, a porcentagem média de hidrossolubilidade foi de 5,8% (Tabela 4). A baixa proporção é possivelmente devido a participação do Zn em funções metabólicas e sua capacidade de se ligar com o nitrogênio, oxigênio e o enxofre, atuando de forma funcional e estrutural nas reações enzimáticas (Valle & Auld, 1990).

Os teores totais de Mn na progênie 6 e 69 foram superiores a progênie 174 e os teores hidrossolúveis da progênie 69 foi superior a 68 (Tabela 4). A porcentagem de hidrossolubilidade média do manganês foi de 2% e está muito aquém do esperado pois o Mn é um dos nutrientes considerado como facilmente lavável das folhas (Camargo & Silva, 1975).

O teor total de Fe apresentou diferença estatística entre as progênies, sendo os menores teores médios obtidos na progênie 68 (Tabela 4). A porcentagem média de hidrossolubilidade de Fe foi de 27% e contrapõe teores de Fe obtidos na literatura, onde a baixa hidrossolubilidade é atribuída as fortes ligações do elemento com as estruturas orgânicas das plantas, em especial as Fe-enzimas (Reissmann et al., 1994).

Para o Na, os teores médios totais foram superiores nas progênies de Ivaí 6 e Barão de Coteigipe 69 com porcentagem média de 13% (Tabela 4). O Na é absorvido normalmente em sua forma iônica (Na^+) e, é relativamente móvel nas plantas, com algumas funções similares ao K (Korndörfer, 2006).

TABELA 4 - Teor total e hidrossolúvel de micronutrientes em folhas de erva-mate coletadas na época de pré-safrinha.

PROGÊNIES		Cu ²		Mn		Zn		Fe		Na	
----- mg kg ⁻¹ -----											
TEOR TOTAL DE NUTRIENTES											
Barão de Cotegipe	68	7,2	a	190,4	ab	20,1	a	12,1	b	5,7	c
Ivaí	6	6,2	a	325,4	a	26,3	a	28,5	a	10,0	ab
Barão de Cotegipe	69	6,2	a	286,6	a	23,0	a	35,4	a	11,7	a
Cascavel	174	7,2	a	137,2	b	30,8	a	28,4	a	8,2	bc
Média Geral		6,7		234,9		25,0		26,1		8,9	
HIDROSSOLUBILIDADE DOS NUTRIENTES											
Barão de Cotegipe	68	2,1	a	3,1	b	1,2	a	4,7	a	1,2	a
Ivaí	6	2,0	a	4,1	ab	1,7	a	5,8	a	0,7	a
Barão de Cotegipe	69	3,2	a	5,0	a	1,4	a	6,0	a	0,7	a
Cascavel	174	2,5	a	4,4	ab	1,1	a	6,7	a	0,8	a
Média Geral		2,5		4,2		1,4		5,8		0,8	
% de HIDROSSOLUBILIDADE DOS NUTRIENTES											
Barão de Cotegipe	68	30,5		1,2		6,6		47,3		24,4	
Ivaí	6	33,7		1,3		5,9		19,9		7,0	
Barão de Cotegipe	69	40,5		1,9		6,4		17,3		6,4	
Cascavel	174	39,8		3,3		4,2		23,9		12,7	
Média Geral		36,1		2,0		5,8		27,1		13	

¹ Médias com as mesmas letras, na vertical, não diferem estatisticamente ao nível a 1% para o teste de Tukey, no âmbito do teor total das procedências para cada nutriente, e a 5% para os teores hidrossolúveis.

² Os dados de Cu hidrossolúvel foram transformados (log) para a análise da ANOVA

3.3. CONTEÚDO FOLIAR

Com a análise do conteúdo foliar é possível visualizar como cada procedência está distribuindo seus nutrientes em relação a sua produção e folhas . O conteúdo nutricional foi calculado em gramas de nutriente em 100 folhas coletadas na Pré-safrinha.

Para P, Cu e Na não houve diferença estatística entre as progênes para os conteúdos totais e hidrossolúveis dos nutrientes (Tabela 5).

O conteúdo total de K nas progênes 6 e 174 foram superiores a progênie 68 sendo que, a hidrossolubilidade da progênie 174 foi superior a progênie 69 (Tabela 5).

Os nutrientes Ca e Mg apresentaram nas progênies 174 e 6 valores superiores a 69 e não houve diferença entre o conteúdo hidrossolúvel (Tabela 5).

Quanto ao Mn, o conteúdo total na progênie 6 foi superior as demais ao passo que, para o conteúdo hidrossolúvel a progênie 68 apresentou teores inferior as demais.

O conteúdo hidrossolúvel para Zn não apresentou diferença estatística e o conteúdo total teve valores superiores na progênie 174 em relação a progênie 68 (Tabela 5).

Para Fe, a progênie 68 apresentou teores inferiores as demais progênies para o conteúdo total, não havendo diferença entre o conteúdo hidrossolúvel (Tabela 5).

Para o conteúdo foliar total, os morfotipos Amarelinha e Sassafrás não apresentaram diferença estatística para os elementos P e Cu, enquanto para os elementos K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn e Na o morfotipo Amarelinha mostrou valores estatisticamente superiores. Para os teores hidrossolúveis, o conteúdo nutricional foi estatisticamente igual para os elementos P, Ca, Mg, Cu, Zn e Na e para os elementos K, Mn e Fe o morfotipo Amarelinha se mostrou superior ao Sassafrás (Tabela 6).

TABELA 5 – Conteúdo de macronutrientes e micronutrientes totais e hidrossolúveis nas progênie Barão de Cotegipe 68, Barão de Cotegipe 69, Ivaí 6 e Cascavel 174 em 100 folhas de erva-mate colhidas na época de pré-Safrinha.

PROGÊNIE ¹		P		K		Ca		Mg		Cu ²		Mn		Zn		Fe		Na			
		----- g 100 folhas ⁻¹ -----										----- mg 100 folhas ⁻¹ -----									
CONTEÚDO NUTRICIONAL TOTAL																					
Barão de Cotegipe	68	0,022	A	0,133	b	0,024	ab	0,045	ab	0,077	a	1,994	b	0,212	b	0,133	b	0,013	a		
Ivaí	6	0,033	A	0,259	a	0,033	a	0,057	a	0,092	a	4,790	a	0,394	ab	0,419	a	0,010	a		
Barão de Cotegipe	69	0,019	A	0,205	ab	0,015	b	0,028	b	0,065	a	2,967	b	0,241	ab	0,373	a	0,008	a		
Cascavel	174	0,024	A	0,225	a	0,038	a	0,064	a	0,104	a	1,969	b	0,433	a	0,404	a	0,011	a		
CONTEÚDO NUTRICIONAL HIDROSSOLÚVEL																					
Barão de Cotegipe	68	0,005	a	0,099	b	0,001	a	0,002	a	0,025	a	0,027	b	0,026	a	0,051	a	0,013	a		
Ivaí	6	0,005	a	0,151	ab	0,001	a	0,002	a	0,030	a	0,062	a	0,015	a	0,087	a	0,010	a		
Barão de Cotegipe	69	0,004	a	0,131	ab	0,001	a	0,001	a	0,026	a	0,050	a	0,015	a	0,065	a	0,007	a		
Cascavel	174	0,005	a	0,187	a	0,001	a	0,001	a	0,037	a	0,063	a	0,014	a	0,095	a	0,011	a		

¹Médias com as mesmas letras, na vertical, não diferem estatisticamente ao nível a 1% para o teste de Tukey, no âmbito do teor total das procedências para cada nutriente, e a 5% para os teores hidrossolúveis.²Os dados de Cu hidrossolúvel foram transformados (log) para a análise da ANOVA.

TABELA 6 – Conteúdo de macronutrientes e micronutrientes totais e hidrossolúveis nos morfotipos Amarelinha e Sassafrás em folhas de erva-mate colhidas na época de pré-Safrinha.

Morfo ­ tipos ¹	P		K		Ca		Mg		Cu		Mn		Fe		Zn		Na	
	-----g 100folhas ⁻¹ -----										-----mg 100 folhas ⁻¹ -----							
	CONTEÚDO NUTRICIONAL TOTAL																	
Amarelinha	0.028	a	0,237	a	0,035	A	0,06	a	0,095	a	3,401	a	0,404	a	0,404	a	0,756	a
Sassafrás	0.021	a	0,169	b	0,022	B	0,04	b	0,073	a	2,373	b	0,247	b	0,222	b	0,521	b
CONTEUDO NUTRICIONAL HIDROSSOLÚVEL																		
Amarelinha	0.005	a	0,164	a	0,001	A	0,002	a	0,032	a	0,061	a	0,087	a	0,020	a	0,011	a
Sassafrás	0.004	a	0,116	b	0,001	A	0,002	a	0,027	a	0,038	b	0,059	b	0,015	a	0,011	a

¹Médias com as mesmas letras, na vertical, não diferem estatisticamente ao nível a 1% para o teste de Tukey, para cada nutriente entre os morfotipos..

3.4. RELAÇÃO DOS TEORES TOTAIS E A HIDROSSOLUBILIDADE DOS NUTRIENTES EM FOLHAS DE ERVA-MATE COLHIDAS NA ÉPOCA DE PRÉ-SAFRINHA

A correlação entre os teores totais e hidrossolúveis dos nutrientes da população amostrada permite estabelecer o grau de correlação entre ambas as variáveis e elaborar a regressão, sendo o teor hidrossolúvel a variável dependente do teor total. O sentido prático desta relação bivariada é permitir estimativas seguras da hidrossolubilidade a partir de um banco de dados baseado em teores totais. Normalmente o controle do estado nutricional é feito a partir do teor total e, havendo dados suficientes, com alto coeficiente de determinação, é possível estimar com bastante segurança a qualidade do produto em termos de sua hidrossolubilidade.

A correlação foi realizada para cada nutriente (P, K, Ca, Mg, Fe, Mn Cu, Zn), entre os teores nutricionais totais e hidrossolúveis. Dessa forma, correlacionou-se: os teores nutricionais sem considerar os tratamentos, na expectativa de descobrir se a correlação era uma característica das folhas jovens em todas as plantas de erva-mate, e entre os teores de cada progênie, para verificar se essa característica era intrínseca da progênie. Segue abaixo os gráficos que apresentaram correlação significativa.

Os teores de P-total das folhas jovens foram correlacionados positivamente com P-hidrossolúvel para o morfortipo Sassafrás (progênie BC 68 $p \leq 0,001$ (Figura 2. A) e BC 69 $p \leq 0,001$ (Figura 2. B)).

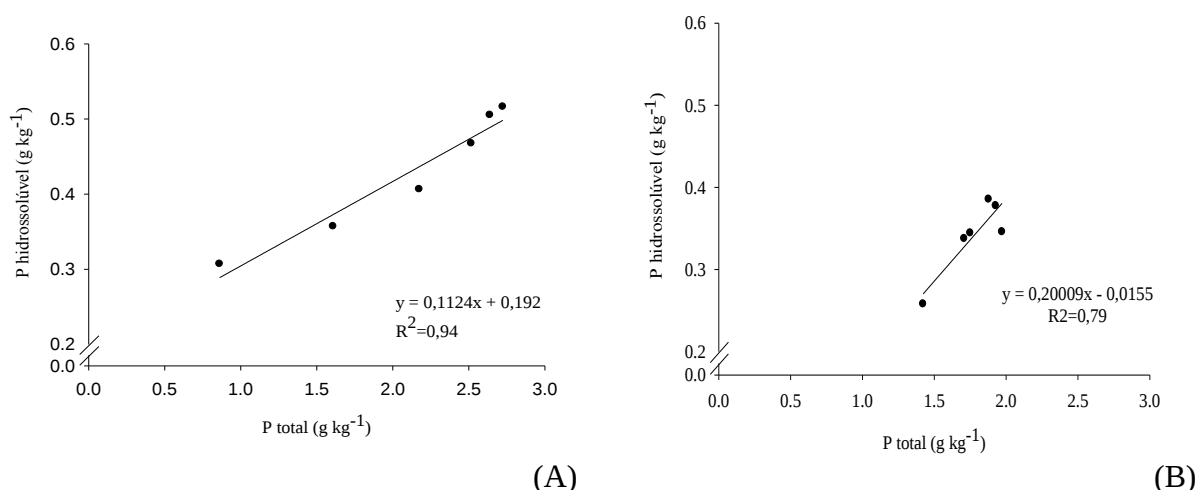


FIGURA 2. Relação entre teores totais e hidrossolúveis de fósforo, sendo: (A) Progênie Barão de Cotegipe 68 e (B) Progênie Barão de Cotegipe 69.

Os teores de Ca-total tiveram correlação positiva com Ca hidrossolúvel (BC 68 $p \leq 0,005$ (Figura 3. A) e IV 6 $p \leq 0,005$ (Figura 3. B)), assim como Reissmann et al. (1994) que encontraram correlação em nível de significância de 5%.

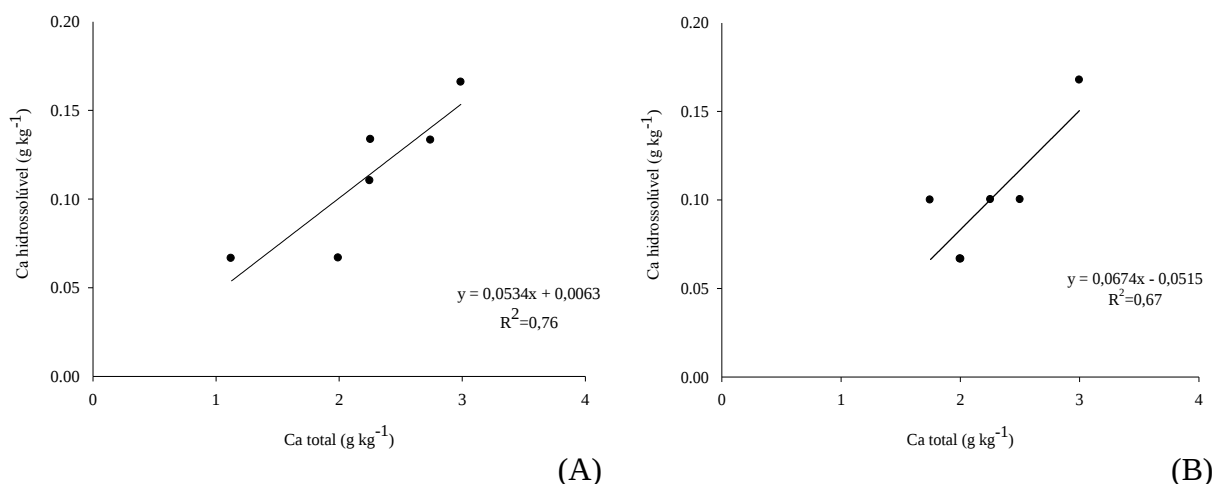


FIGURA 3. Relação entre teores totais e hidrossolúveis de cálcio, sendo: (A) Progênie Barão de Cotegipe 68 e (B) Progênie Ivaí 6.

O Mg-total teve correlação positiva com os teores de Mg-hidrossolúvel (TA $p \leq 0,001$ (Figura 4. A) e BC 68 $p \leq 0,005$ (Figura 4. B)), assim como obtido por Reissmann et al. (1994) ao nível de 1% de significância.

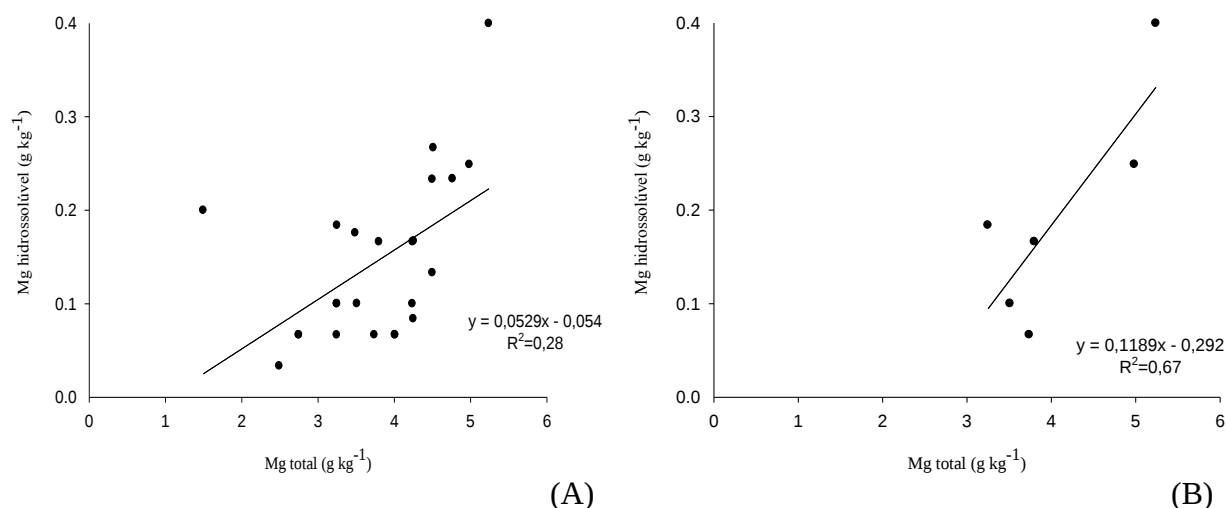


FIGURA 4. Relação entre teores totais e hidrossolúveis de magnésio, sendo: (A) Todas as Progênies e (B) Progênie Barão de Cotegipe 68.

O Mn-total se correlacionou positivamente com Mn-hidrossolúvel e BC 68 $p \leq 0,001$ (Figura 5), assim como Reissmann et al. (1994) que encontraram correlação entre os teores totais e hidrossolúveis para Mn ao nível de 1%. Devido as condições de pH ácido do sítio, a forma bivalente é muito abundante e pode resultar em acúmulo de Mn nas folhas (Dechen & Nachtigall, 2006), possivelmente garantindo quantidades maiores de Mn extraído no extrato.

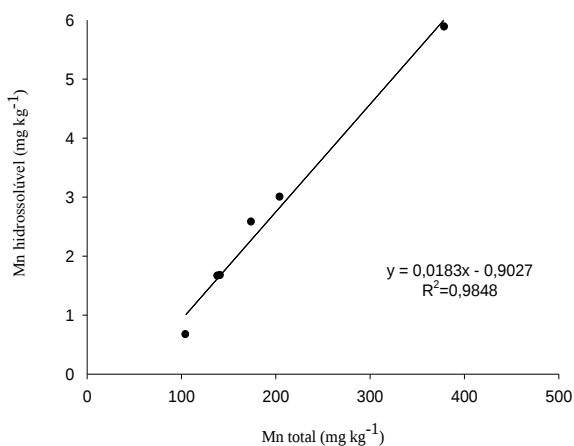


FIGURA 5. Relação entre teores totais e hidrossolúveis de manganês da progênie Barão de Cotegipe 68.

O Fe-total se correlacionou positivamente com o Fe-hidrossolúvel, no entanto, esta correlação apenas se mostrou significativa considerando o agrupamento de todas as progênies (TA $p \leq 0,001$ (Figura 6)). Relação igualmente a esta foi obtida por Reissmann et al. (1994), porém em nível de significância de 5% ($r=0,45$).

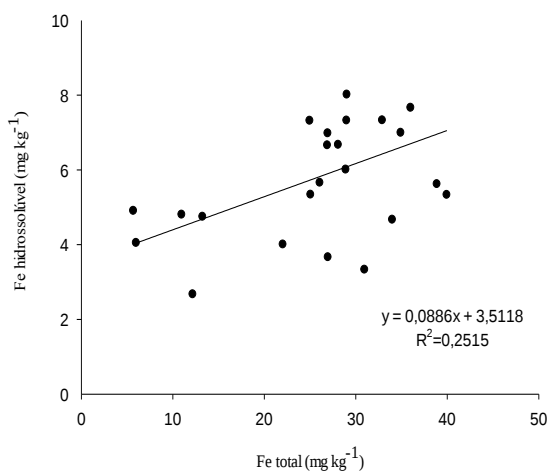


FIGURA 6. Correlação entre teores totais e hidrossolúveis de ferro de todas as progênies.

O Zn-total se correlacionou positivamente com Zn-hidrossolúvel (TA $p \leq 0,005$ (Figura 7. A) e IV 6 $p \leq 0,001$ (Figura 7. B)), assim como encontrado por Reissmann et al. (1994) ao correlacionar os teores totais e hidrossolúveis obtidos em folhas da mesma espécie.

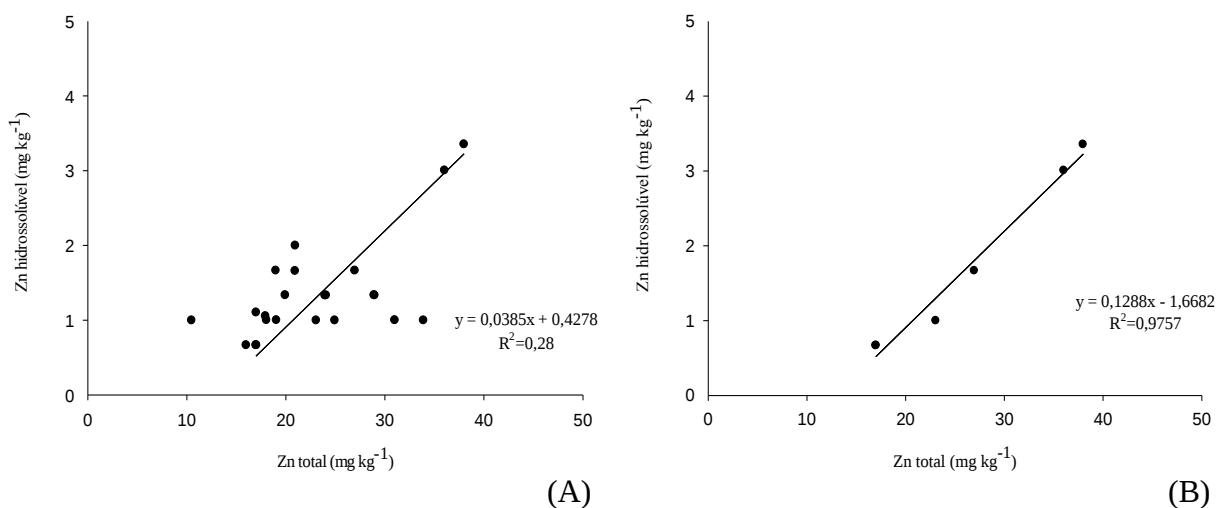


FIGURA 7. Relação entre teores totais e hidrossolúveis de zinco, sendo: (A) Todas as Progenies e (B) Progenie Ivaí 6.

Na-total se correlacionou positivamente com Na-hidrossolúvel (BC 69 $p \leq 0,001$ (Figura 8)).

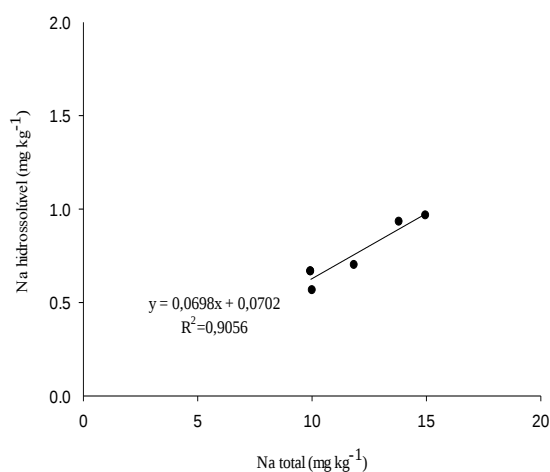


FIGURA 8. Relação entre teores totais e hidrossolúveis de sódio para progenie Ivaí 6.

3.5. PARTICIPAÇÃO NA INGESTÃO DIÁRIA RECOMENDADA (IDR)

A Ingestão Diária Recomendada (IDR) é referente a quantidade de vitaminas e minerais que devem ser consumidos diariamente para atender às necessidades nutricionais da maior parte dos indivíduos e grupos de pessoas de uma população sadia. No caso desse trabalho, a IDR é relativa aos valores nutricionais indicados pela ANVISA (2005) para adultos.

Uma xícara de chá - 60 ml- da bebida obtida pela infusão das folhas jovens de erva-mate fornece, em média, 1,13 mg de P. A ANVISA recomenda 700 mg de P dia⁻¹, resultando na participação de 0,16% na IDR (Tabela 7). O P é importante para a saúde humana por exercer papel estrutural nas células humanas, fosfolipídios, ser constituinte da membrana celular, participar de atividades enzimáticas e ser fonte de energia sob forma de adenosina trifosfato (Dossiê, 2012).

Estudos mostram que adultos precisam em média de 4.700 mg de K dia⁻¹ (Dossiê, 2012). As folhas jovens de erva-mate podem contribuir com 5,96 mg de K através da ingestão diária de uma xícara de chá (Tabela 7). No organismo humano, o K desempenha papel importante na excitabilidade neuromuscular e na regulação do teor de água no organismo humano (Dossiê, 2012).

Com relação ao Ca, ele é o elemento mais abundante no organismo sendo 80% encontrado nos ossos e o restante repartido especialmente entre os músculos e plasma sanguíneo. Ele controla a permeabilidade da membrana celular, suas propriedades eletrônicas, se encontra envolvido nas reações de contração das fibras musculares lisas, transmissão do fluxo nervoso, liberação de hormônios e mediadores do sistema nervoso (Dossiê, 2012). A ingestão diária recomendada pela ANVISA (2005) é de 1000 mg, sendo os derivados de leite a fonte mais ricas de cálcio como, por exemplo, iogurte e queijos. As folhas jovens de erva-mate podem contribuir com 0,3 mg de Ca em uma xícara de chá, participando em 0,03% na IDR (Tabela 7).

O Mg intervém na regulação da atividade de mais de 300 reações enzimáticas, duplicação de ácidos nucleicos, excitabilidade neural, transmissão de influxo nervoso, proliferação celular e funções cardíacas. Os alimentos que nos oferecem quantidades altas de Mg são as verduras, legumes verdes, cereais integrais e oleaginosas (Dossiê, 2012). O teor de magnésio fornecido, em uma xícara de chá, é em média de 0,4 mg, participando 0,43% na IDR (Tabela 7).

Os cereais integrais, espinafre, aspargo, alho-porró, salsa, batatas, lentilhas, cenouras e cerejas são alimentos ricos em ferro (Dossiê, 2012). A infusão das folhas jovens de erva-mate foi capaz de fornecer em média 0,02 mg de Fe representando 0,14% na IDR. Sua importância para a saúde humana é devido a ele ser constituinte da hemoglobina e estar ligado ao desenvolvimento correto de diversas funções fisiológicas. O Fe também faz parte da mioglobina, que estoca o oxigênio nos músculos, e dos citocromas, que asseguram a respiração celular (Dossiê, 2012)..

A ingestão diária de Mn, em quantidades apropriadas, garante que o organismo cumpra suas funções como, a participação de diversas enzimas, função antioxidante, enzimática, além de participar do metabolismo dos carboidratos, aminoácidos e colesterol, colaborar na formação da cartilagem e ossos (Dossiê, 2012). A hidrossolubilidade de Mn foi de 0,04 mg de Mn podendo contribuir com 0,43% na IDR.

O Zn tem papel importante no crescimento, funções imune do organismo, função neurológica, reprodução, estrutura das proteínas, membranas celulares, expressão dos genes, na síntese de hormônios e transmissão do impulso nervoso (Dossiê, 2012). A quantidade diária recomendada pela ANVISA (2005) é de 7 mg, sendo que, as folhas jovens de erva-mate foram capazes de hidrossolubilizar 0,004 mg de Zn em uma xícara de chá, resultando em 0,06% de participação na IDR, valores inferiores ao obtido por Malik et al. (2008).

Para o cobre, a IDR é de 900 µg por dia, sendo as folhas jovens capazes de contribuir com 6,9µg de Cu em uma xícara de 60ml, representando 0,77% na IDR. O cobre é um elemento oxidante, componente de enzimas envolvidas na produção de energia celular, tecidos conectivos e na produção de melanina. Os elementos ricos em cobre são os frutos do mar, sementes e oleaginosas (Dossiê, 2012.).

De forma geral, os menores valores de IDR em ordem crescente são Ca e o Zn (com participação na IDR inferior a 0,1%), seguidos de Fe, Mg, P, Mn e Cu (Tabela 6).

TABELA 7 – Participação nutricional na ingestão diária de uma xícara de chá (60ml) da infusão de folhas de erva-mate colhidas na época de pré-Safrinha

NUTRIENTE	INGESTÃO DIÁRIA RECOMENDADA (IDR ¹)		XÍCARA DE CHÁ (60ML)	PARTICIPAÇÃO NA IDR (%)
Fósforo	700	mg	1,13	0,16
Potássio	NC	NC	5,96	NC
Cálcio	1000	mg	0,3	0,03
Magnésio	260	mg	0,4	0,15
Manganês	2,3	mg	0,01	0,43
Ferro	14	mg	0,02	0,14
Zinco	7	mg	0,004	0,06
Cobre	900	µg	6,9	0,77
Sódio	NC	NC	0,0026	NC

¹IDR baseada nos valores de referência indicado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária –ANVISA.

4. CONCLUSÕES

Concluiu-se que o morfotipo Amarelinha e a progênie 6 são capazes de fornecer os maiores teores nutricionais totais e hidrossolúveis para a maior parte dos elementos estudados.

A participação dos elementos hidrossolubilizados em uma xícara de chá de 60 ml, na IDR, apresentou a seguinte ordem: $\text{Cu} > \text{Mn} > \text{P} > \text{Mg} > \text{Fe} > \text{Zn} > \text{Ca}$.

Dessa forma, esse trabalho foi um estudo preliminar da proposta de inserção da colheita de folhas tenras no mercado ervateiro. As pesquisas referentes a essas folhas devem ter continuidade para definirmos se a criação desse novo produto será realmente viável comercialmente. Características organolépticas, nutricionais, aceitação de mercado e a viabilidade econômica do uso dessas folhas jovens deve ser o foco das pesquisas subsequentes.

5. LITERATURA CITADA

- ANDRADE, F. M. de. Exploração, manejo e potencial socioeconômico da erva-mate. In: SIMÕES, L. L. E LINO, C. F., eds. Sustentável Mata Atlântica: a exploração de seus recursos florestais, 2 ed. São Paulo, Senac, 2003. p.19–34.
- ANVISA. Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. RESOLUÇÃO RDC, N.º 269, DE 22 DE SETEMBRO DE 2005, DOU 23/09/05.
- BASGEL, S. & ERDEMOGLU S.B. Determination of mineral and trace elements in some medicinal herbs and their infusions consumed in Turkey. *Science of the Total Environment*, 359:82– 89, 2006.
- REISSMANN, C.B.; RADOMSKI, M.I.; QUADROS, R.M.B. Relação entre os teores totais e hidrossolúveis dos elementos K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn e Al em folhas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, 37:959-971, 1994.
- CAMARGO, P.N.; SILVA, O. Manual de adubação foliar. São Paulo: Ed e Distribuidora Herba Ltda, 1975. 250p.
- CAMPOS, M.A.A. Balanço de biomassa e nutrientes em povoamentos de *Ilex paraguariensis*: avaliação na Safra e na Safrinha. 107p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1991.
- CARR, H.P.; LOMBI, E.; KUPPER, H.; MCGRATH, S.P.; WONG, M.H. Accumulation and distribution of aluminium and other elements in tea (*Camellia sinensis*) leaves. *Agronomie*, 23:705–710, 2003.
- CARVALHO, P.H.R. Espécies arbóreas brasileiras. Colombo-PR. Embrapa Informação tecnológica, 2003. p.1039.
- CHENERY, E.M. A preliminary study of aluminum and the tea bush. *Plant and Soil*, 6:174–200, 1995.
- COELHO, G. C.; MARIATH, J. E. de A. & SCHENKEL, E. P. Populational diversity on leaf morphology of maté (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil., Aquifoliaceae). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 45:47-51, 2002.
- DECHEN, R.A. & NACHTIGALL, G.R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M.S. Nutrição mineral de plantas. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.327-354
- DOSSIÊ: OS MINERAIS NA ALIMENTAÇÃO. Disponível em: <http://www.revista-fi.com/materias/52.pdf> Acesso em 10 out. 2012.
- FINK, S. Physiologische und strukturelle Veränderungen an Bäumen unter Magnesiummangel. In: MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 3.ed. San Diego, Academic Press, 2012. p.135-189.
- FUNG, K.F., ZHANG, Z. Q., WONG, J. W. C. & WONG, M. H. Aluminium and fluoride concentrations of three tea varieties growing at Lantau Island, Hong Kong. *Environmental Geochemistry and Health*, 25:219–232, 2003.
- FUNG, K. F., CARR, H. P., POON, B. H. T., & WONG, M. H. A comparison of aluminum levels in tea products from Hong Kong markets and in varieties of tea plants from Hong Kong and India. *Chemosphere*, 75/7: 955–962, 2009.

HAN, W., SHI, Y., MA, L., RUAN, J., & ZHAO, F. Effect of liming and seasonal variation on lead concentration of tea plant (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze). *Chemosphere*, 66:84–90,2007.

JACQUES,R.A.;ARRUDA, E. J.;de OLIVEIRA L. C.S.;de OLIVEIRA,A.P.; DARIVA,C.; de OLIVEIRA, J.V. & CARAMARÃO E. Influence of Agronomic Variables on the Macronutrient and Micronutrient Contents and Thermal Behavior of Mate tealeaves (*Ilex paraguariensis*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 7510-7516,2007.

JONES JR., J.B. & CASE, V.W. Sampling handling and analyzing plant tissue samples. In: WESTERMAN R. L. (Ed.). *Soil testing and plant analysis*. Madison: SSSA, 1990. p. 389-427.

KORNDÖRFER G. H. Elementos Benéficos: Si, Na e Co . In: FERNANDES, M.S. ed. *Nutrição Mineral de Plantas*. Viçosa: SBCS, 2006. p. 252-280

MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 3.ed. San Diego, Academic Press, 2012. 695p.

MARTINS, A.P. & REISSMANN, C.B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. *Scientia Agrária*, 8:1-17, 2007.

MORAES, M.F.; Relação entre nutrição de plantas, qualidade de produtos agrícolas e saúde humana. *Informações Agronômicas*, 123: 21-23, 2008.

NATH, M.; DUTTA, B.K. & HAJRA, P.K. Medicinal plants used in major diseases by dimasa tribe of barak valley. *Biological and Environmental Sciences*,7:18-26,2011.

OLIVA, E.V. Composição química e produtividade de procedências e progênes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) cultivadas em Latossolo Vermelho distrófico no Município de Ivaí PR. Curitiba, 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

REISSMANN, C.B.; RADOMSKI, M.I.; QUADROS, R.M.B. Relação entre os teores totais e hidrossolúveis dos elementos K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn e Al em folhas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). *Arquivos de Biologia de Tecnologia*, 37:959-971, 1994.

REISSMANN, C. B.; DUNISCH, O.; BOEGER, M. R. beziehung Zwischen Ernährungsbiologischen (Fe, Mn, Ca) und Strukturellen Merkmale. Ausgewälter morphotypen de matepflanze (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) In HÜTTEL, R.ed. *Boden, wald und wasser*. Aachen: Shaker Verlag., 2003. p.146-171.

SHI, Y., RUAN, J., MA, L., HAN, W., & WANG, F. Accumulation and distribution of arsenic and cadmium by tea plants. *Journal of Zhejiang University. Science B*, 9: 265–270, 2008.

SHU, W. S., ZHANG, Z. Q., LAN, C. Y., & WONG, M. H. Fluoride and aluminum concentrations of tea plants and tea products from Sichuan Province, PR China. *Chemosphere*, 52:1475–1482, 2003.

SILVA, F. C da. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*.Brasília: Embrapa Solos, 1999. 370 p.

SIMEPAR- Instituto Tecnológico Simepar- Disponível em: <<http://www.simepar.br/tempo/clima/almanaque.jsp>>. Acesso em: 15 out. 2012.

VALLEE, B. L. & AULD, D. S. Zinc coordination, function, and structure of zinc enzymes and other proteins. *Biochemistry*, 29: 5647–5659,1990.

XIE, Z., CHEN, Z., SUN, W., GUO, X., YIN, B., & WANG, J. Distribution of aluminum and fluoride in tea plant and soil of tea garden in Central and Southwest China. *Chinese Geographical Science*, 17:376–382, 2007.

ZÖTTL, H. W. Stoffumsätze in Ökosystemen des Schwarzwaldes. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, Hamburg, 3:105-114, 1987.

CAPÍTULO 2 – PRODUTIVIDADE E VALOR NUTRICIONAL (TOTAL E HIDROSSOLÚVEL) DE DOIS MORFOTIPOS DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis*), COLETADOS NAS ÉPOCAS DE SAFRA E SAFRINHA.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo verificar diferenças entre as procedências e progênes em relação a: produtividade de massa foliar, produtividade das plantas presentes no sítio estudado, verificar a existência de relação entre os teores totais e hidrossolúveis dos nutrientes, participação nutricional na Ingestão Diária Recomendado (IDR) e a disponibilidade e concentração dos nutrientes relacionados com a época de colheita. O experimento está localizado na Fazenda Experimental Canguiri, no município de Pinhais-PR. As procedências coletadas foram a Ivaí – PR (progênes 8, 9, 11, 13 e 21) e a Barão de Cotegipe (progênes 58, 60, 65, 69 e 71). As coletas foram realizadas no mês de Janeiro de 2011, representando a época de Safrinha, e no mês de Agosto de 2012, representando a época de Safra. Para a obtenção da produtividade, 100% do material vegetal das árvores foi retirado na coleta da Safra. Analisaram-se quimicamente os teores nutricionais totais e hidrossolúveis das folhas e do preparado de Chimarrão (70% folha e 30% ramos). A análise dendrométrica foi obtida através dos seguintes parâmetros: diâmetro do tronco, altura da árvore, altura da copa folhosa e diâmetro da copa. Os dados foram avaliados através de estatística descritiva, análise de variância, teste de comparação de média e correlação. Concluímos assim que, a produtividade de massa foliar e o desempenho das procedências não diferem estatisticamente. Para as colheitas de Safra e Safrinha, a procedência Ivaí apresentou os maiores teores totais e hidrossolúveis de macronutrientes, ao passo que, a procedência Barão de Cotegipe os maiores teores de micronutrientes. A progênie 21 se destacou das demais, tanto nos teores totais quanto nos hidrossolúveis de macro e micronutrientes. Existe relação entre os teores totais e hidrossolúveis nas procedências para alguns elementos e esta parece estar relacionada com as características genéticas e a época de coleta do material vegetal. Os maiores teores totais de nutrientes foram obtidos nas folhas coletadas na Safra e os maiores teores hidrossolúveis na Safrinha, permitindo assim que a participação na IDR fosse igualmente maior.

Palavras-chave: Nutrigenômica, Chimarrão, Progênes.

CHAPTER 2 – PRODUCTIVITY AND NUTRITIONAL VALUE (TOTAL AND HYDROSOLUBLE) OF TWO YERBA-MATTE MORPHOTYPES (*Ilex paraguariensis*), COLLECTED DURING SAFRA AND SAFRINHA SEASONS.

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze differences among provenances and progenies regarding: leaf mass productivity, nutritional state of the studied plants, nutritional levels in different harvest seasons and leaf nutritional contribution of Recommended Daily Ingestion (RDI). The experiment is located at the Experimental Farm Canguiri, in the city of Pinhais-PR. The origin of the provenances collected were Ivaí - PR (progenies 8, 9, 11, 13 and 21) and Barão de Cotegipe (progeny 58, 60, 65, 69 and 71). Samples were collected in the month of January/2011, representing Safrinha harvest, and in August/2012, representing Safra harvest. In order to obtain the productivity, 100% of the leaves and fine branches was collected during Safra harvest. The total and hydrosoluble nutritional levels of the leaves and prepared Chimarrão (70% leaf and 30% branches) were chemically analyzed. Dendrometric analysis was obtained through the following parameters: trunk diameter, tree height, crown height and canopy diameter. Data were analyzed using descriptive statistics, analysis of variance, correlation and mean comparison test. The conclusion was that leaf mass productivity and performance of provenances do not differ statistically. For Safra and Safrinha harvests, the provenances Ivaí showed the highest total and hydrosoluble levels of macronutrients, while the provenance of Barão de Cotegipe the highest levels of micronutrients. The 21 progeny stood out from the others, both in total and hydrosoluble levels of macro and micronutrients. There is a relationship between the total and hydrosoluble levels in provenances for some elements and this seems to be related to the genetic characteristics and the season of plant material harvest. The highest nutrient levels were obtained in the leaves collected in Safra and the highest hydrosoluble levels were obtained in Safrinha, resulting that the participation in IDR was also higher.

Key-words: Nutrigenomics, Mate, Progenies.

1. INTRODUÇÃO

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) é uma árvore da família Aquifoliácea caracterizada como planta esciófila, que tolera sombreamento de intensidade média em qualquer idade, e tolerante a baixas temperaturas. A altura das árvores pode variar entre 3 e 5 metros, quando cultivadas com tutoramento, podendo chegar a 30 metros em seu estado natural. As plantas podem ser encontradas em solos de profundidade média ou profundos, de baixa fertilidade, normalmente com baixos teores de cátions trocáveis, altos teores de alumínio e pH baixo (Carvalho, 2003).

As folhas de erva-mate possuem variações morfológicas (Coelho et al., 2002) que, no estado do Paraná, receberam a denominação de morfotipos (Boeger et al., 2003; Reissman et al., 2003; Dünisch et al., 2004). O morfotipo Amarelinha se caracteriza por apresentar as folhas de tonalidade mais clara na região do limbo e a nervura principal e as secundárias em tonalidade amarela; o morfotipo Cinza tem suas folhas com limbo de tonalidade cinza-esverdeada e as nervuras não tão acentuadamente amareladas como no morfotipo anterior e no morfotipo Sassafrás as folhas apresentam o limbo verde escuro brilhante na face adaxial e as nervuras num tom mais claro (Reissmann et al., 2003).

A principal forma de consumo da erva-mate é uma bebida obtida da infusão de um preparado constituído de 70% de folhas e 30% de ramos finos chamado Chimarrão (Heinrichs & Malavolta, 2001). O Chimarrão representa 97% da utilização da planta no Brasil (EMATER, 1995), porém, há poucos estudos relacionados a contribuição nutricional na alimentação humana. Além de bebidas e chás, a erva-mate pode ser empregada em outros produtos como medicamentos, corantes, conservantes alimentares, produtos de higiene e cosméticos, e assim, incrementado a demanda no mercado (Maccari Jr. & Mazuchowski, 2000).

A colheita principal da erva-mate é chamada de Safra e ocorre nos meses de maio a setembro e a colheita que ocorre nos meses de dezembro a fevereiro é chamada de Safrinha (Andrade, 2002). A época de colheita pode interferir na composição química das folhas e nas características organolépticas da bebida obtida através das folhas de erva-mate (Bertoni et al., 1992; Cirio & Rücker, 2000).

Outro fator que pode interferir na composição química das folhas são as individualidades de cada planta, relacionadas aos fatores genéticos e ao seu fenótipo (Scherer et al., 2002). Estudos que identifiquem as variações entre e dentro das populações são necessários, combinando os valores genéticos das populações e dos indivíduos dentro delas (Sturion & Resende, 2010). Para que esses estudos sejam mais precisos, sugere-se que os programas de melhoramento considerem características distintas entre as progênies de erva-mate e a alta diversidade genética dentro das procedências estudadas (Wendt et al., 2007).

As pesquisas agronômicas, em conjunto com estratégias de melhoramento da espécie, visam à obtenção de matéria prima em quantidade e qualidade, sem afetar as características comerciais desejáveis das plantas (Scheffer, 1990). No Brasil, em 1986, o melhoramento genético com erva-mate foi iniciado pela Empresa de Pesquisa Agropecuária Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI). Na sequência, em 1995, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) iniciou, no estado do Paraná, a avaliação de progênies de meio-irmãos, proporcionando populações base para o melhoramento genético (Nakamura et al., 2009).

Dando continuidade a essas pesquisas, este trabalho teve como objetivo verificar diferenças entre procedências e progênies em relação à produtividade de massa foliar, ao estado nutricional das plantas, aos teores nutricionais nas diferentes épocas de colheita e a participação nutritiva das folhas na Ingestão Diária Recomendada (IDR).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

No ano de 1997, pesquisadores da EMBRAPA instalaram o experimento na Fazenda Experimental Canguiri, no município de Pinhais (PR), que continuamente foi gerenciado pelo Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Na área estudada são encontradas unidades fitogeográficas de Floresta Ombrófila Mista, de acordo com os critérios estabelecidos pelo Sistema de Classificação da Vegetação Brasileira proposto pelo IBGE (2000). O Clima pertence ao tipo climático Cfb, conforme a classificação de Köppen, a temperatura mínima média é de 16,2°C e máxima de 25,9°C com precipitação média anual de aproximadamente 2376 mm, de acordo com o SIMEPAR (2012).

2.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental implantado foi latice balanceado em 8x8.

O material genético utilizado no experimento é composto de 5 procedências, representadas através de 13 progênies, cada progênie composta por 6 árvores, repetidas em nove blocos. As árvores foram plantadas com espaçamento de 2 metros entre plantas e 3 metros entre as linhas, totalizando 3510 plantas.

Para o presente estudo foram coletadas as procedências Ivaí – PR (progênies 8, 9, 11, 13 e 21) e a Barão de Cotegipe (progênies 58, 60, 65, 69 e 71), representando os morfotipos Amarelinha e Sassafrás respectivamente, pois estudos anteriores foram desenvolvidos com as duas procedências (Kishi, 2001; Borille et al. 2002; Robassa, 2005; Oliva, 2007; Guimarães, 2008).

Para cada progênie, foram coletadas as 3 árvores mais homogêneas sob o aspecto morfológico e fitossanitário presentes nos dois blocos estudados.

Os atributos químicos e a textura do solo se encontram na tabela 1.

TABELA 1: Atributos químicos e textura de CAMBISSOLO HÁPLICO à profundidade de 0 – 20 cm sob cultivo de erva-mate.

Areia	Silte	Argila	pH CaCl ₂	C	P	Al	H+Al	Ca	Mg	K	Na	Fe	Mn	Cu	Zn
	%			g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----						-----mg kg ⁻¹ -----			
44	20	36	4.43	2.83	8.93	1,28	9,98	3,7	2,9	0,2	0,2	76,38	11,97	1,03	0,8

2.3. COLETA DO MATERIAL VEGETAL

A coleta do material vegetal foi dividida em duas épocas, uma no mês de Janeiro de 2012 representando a época de Safrinha e no mês de Agosto de 2012, representando a época de Safra. As coletas das folhas foram realizadas na porção mediana da copa viva, com exposição norte, visando à máxima exposição luminosa (Zöttl, 1973; Jones & Case, 1990). Para representar a época de colheita de interesse, garantiu-se fosse feita a coleta dos ramos que representassem a estação. As amostras foram colocadas em cartuchos de papel e identificadas.

2.4. ANÁLISE QUÍMICA VEGETAL

No laboratório de Biogeoquímica do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR, o material vegetal foi pesado e, posteriormente, lavado com água deionizada para ser seco a temperatura de 65 °C até peso constante. As folhas foram separadas dos ramos e ambos foram moídos, peneirados a 1 mm e acondicionados em frascos herméticos ao abrigo da luz separadamente.

2.4.1. Análise Química dos Teores Totais

Para a análise química mineral total de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu e Zn pesou-se 1g de material vegetal seco, com subsequente incineração em mufla a 500°C e digestão ácida em HCl 3 mol L⁻¹ (Martins & Reissmann, 2007). Para análise química do B, pesou-se 0,2 g de

material vegetal com incineração por duas horas à 300 °C e em seguida, após resfriamento, por mais 2 horas a 500 °C. Após a queima, foram adicionados 20ml de HCL 0,1 N nos cadinhos e estes foram filtrados com papel de filtro faixa azul 389³ em frascos plásticos. Da solução filtrada foram pipetados 2ml dos extratos da amostra, da solução tampão e da azometina-H 0,45%. Depois de 30 minutos no escuro, os teores de B nas amostras foram determinados através de colorimetria em espectrofotômetro UV/VIS (Adaptado Silva, 1999). Os teores de C e N foram determinados através de combustão via-seca.

O P foi determinado por colorimetria, com vanadato-molibdato de amônio, em espectrofotômetro UV/VIS. A determinação de K e Na foram realizadas por fotometria de emissão e os elementos Ca, Mg, Fe, Mn, Cu e Zn por espectrofotometria de absorção atômica (Martins & Reissmann, 2007).

2.4.2. Análise Química Dos Teores Hidrossolúveis

2.4.2.1. Hidrossolubilidade da folha

A extração aquosa foi obtida através da infusão de 3 g de material foliar em 60 ml de água deionizada aquecida a 80 °C (± 5 °C). O extrato foi mantido sob aquecimento em chapa quente durante 5 minutos. com posterior filtragem do extrato ainda aquecido em papel de filtro faixa azul 389³ (adaptado de Reissmann et al.,1994). O extrato foi pipetado (10ml) em cadinhos e, com o auxílio de uma chapa aquecedora, foi realizada sua evaporação para que o preparo e as determinações, dos macronutrientes e micronutrientes nas amostras fossem realizadas conforme processo descrito no item 2.4.1.

2.4.2.2. Hidrossolubilidade do preparado de Chimarrão

Representando a bebida denominada preparado de Chimarrão, foram pesados 2,9 g de material foliar e 0,9 g de ramos, representando as proporções comerciais 70% folhas e 30% ramos utilizadas na indústria ervateira. A extração aquosa foi obtida através da infusão de 3 g de preparado de Chimarrão em 60 ml de água deionizada aquecida a 80 °C (± 5 °C). O extrato foi mantido sob aquecimento em chapa quente durante 5 minutos. com posterior filtragem do extrato ainda aquecido em papel de filtro faixa azul 389³ (adaptado de Reissmann et al.,1994).

As determinações dos macronutrientes e micronutrientes foram realizadas conforme processo descrito no item 5.4.2.1.

2.5. PRODUTIVIDADE

A produtividade foi obtida através do desbaste completo de folhas e ramos finos das árvores. A coleta foi realizada na época de Safra, onde o material vegetal foi desbastado com tesouras de poda e, após as folhas e ramos finos terem sido colocados em sacos, foi obtida a massa referente a produtividade com o auxílio de uma balança de campo.

2.6. DENDROMETRIA

Para a análise dendrométrica foram utilizados 4 parâmetros:

2.6.1. Diâmetro do Tronco

Para a obtenção do diâmetro do tronco foi feita a medição da circunferência do tronco com o auxílio de fita métrica, posicionada a 30 cm do solo. Quando o tronco era bifurcado, estes eram medidos e feita uma média das circunferências (Figura 1. A). O diâmetro foi obtido através da fórmula:

$$C = 2 \cdot \pi \cdot r$$

sendo, C o comprimento da circunferência e r é o raio da circunferência;

$$D = 2 \cdot r$$

sendo, D o diâmetro e r é o raio da circunferência.

2.6.2. Altura da Árvore

A altura das árvores foi definida com o auxílio de uma régua de comprimento total igual a 3 metros, produzida através de tubos de Policloreto de Vinila (PVC) encaixados (Figura 1. B).

2.6.3. Altura da Copa Folhosa

A altura da copa folhosa foi obtida através da fórmula:

Altura da copa folhosa = Altura total da árvore – distância do chão até o início da copa
sendo, a distância do chão até o início da copa obtido pela régua de PVC (Figura 1. C).

2.6.4. Diâmetro da Copa

O diâmetro médio das árvores foi obtido através da régua de PVC, graduada de 5 em 5 cm, posicionada no centro da copa nas posições Norte-Sul e Leste-Oeste, sendo a média do diâmetro obtida através da fórmula:

$$\text{Diâmetro médio da copa} = \frac{\text{Diâmetro 1} + \text{Diâmetro 2}}{2}$$

Sendo, Diâmetro1 medido na direção Norte-Sul e Diâmetro 2 medido na direção Leste-Oeste.

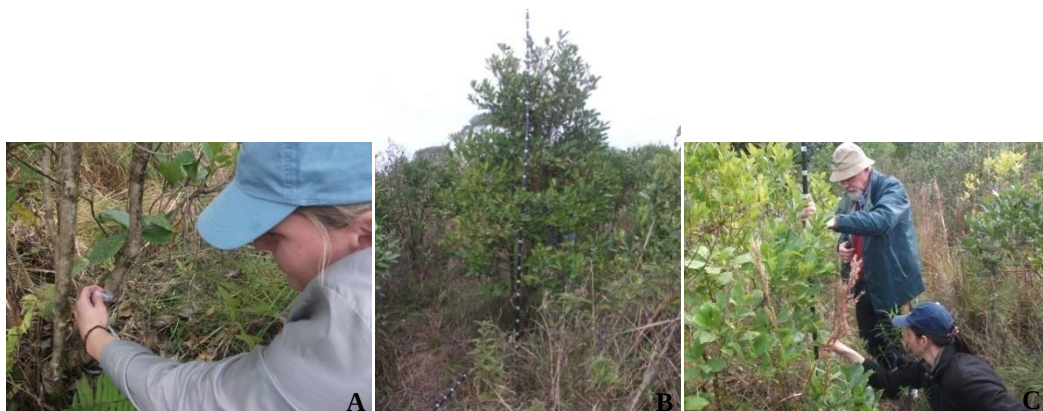


Figura 1– Fotos de medição dendrométrica em árvores de erva-mate. (A) Medida do diâmetro do tronco (B) Régua usada para medir altura e diâmetro da copa das árvores (C) Leitura da altura entre o chão e o início da copa da árvore.

2.7. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A análise dos dados obtidos foi realizada através da estatística descritiva, análise de variância (ANOVA), teste de comparação de média (Tukey a 1 e 5% de significância) e correlação (Pearson 1 e 5% de significância). Quando constatada heterogeneidade das amostras, pelo teste de Bartlett, os dados foram transformados para log (dados+1).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. PRODUTIVIDADE

Para os dados de produtividade a média foi 2,63 kg árvore⁻¹, para intervalo de confiança variando de 2,19 a 3,06 kg árvore⁻¹. O coeficiente de variação foi 63%, para uma amplitude de 0,25 a 7,75 kg árvore⁻¹ (Tabela 2).

TABELA 2- Estatística descritiva da produtividade de 60 árvores de erva-mate com 15 anos de idade.

ESTATÍSTICA	Produtividade árvore ⁻¹
MÍNIMO	0,25
MÁXIMO	7,75
AMPLITUDE	7,50
MÉDIA	2,63
VARIÂNCIA	2,82
DESVIO PADRÃO	1,68
ERRO PADRÃO	0,21
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	0,63
INTERVALO DE CONFIANÇA (5% DE PROBABILIDADE)	(2,19 ≤ μ ≤ 3,06)

O produtividade média por árvore não apresentou diferença estatística ($p \leq 0,05$) entre as procedências Ivaí (2,28 kg árvore⁻¹) e Barão de Cotegipe (2,97 kg árvore⁻¹). Por outro lado, para um hectare a procedência Barão de Cotegipe (5049 kg ha⁻¹) foi estatisticamente mais produtiva que a procedência Ivaí (3876 kg ha⁻¹).

3.2. DENDROMETRIA

A análise dendrométrica serve para verificar o desempenho, adaptação, viabilidade produtiva e potencial de árvores utilizadas no comércio. Como a escolha das árvores foi feita através da homogeneidade das plantas a comparação dos indivíduos serve apenas para verificarmos se a escolha visual das plantas foi feita corretamente.

3.2.1. Diâmetro do Tronco

Para os dados de diâmetro do tronco, sem considerar os tratamentos, a média encontrada foi 17,11 cm, para intervalo de confiança variando de 14,93 a 19,30 cm. O coeficiente de variação foi 49,40%, para uma amplitude de 6 a 44,50 cm. Dentre os parâmetros estudados, o diâmetro do tronco foi o que apresentou maior desvio padrão (Tabela 3). O parâmetro diâmetro do tronco não apresentou diferença estatística entre as procedências, progênies e entre as progênies dentro das procedências (Tabela 6).

As árvores da procedência Ivaí tiveram média de 15,19 cm, o intervalo de confiança foi de 17,16 a 16,22 cm, com coeficiente de variação de 43,25%, para uma amplitude de 6,00 a 32,00 cm (Tabela 4). Ao compararmos os valores de diâmetro do tronco da procedência Ivaí não houve diferença estatística entre as progênies (Tabela 6).

A média da procedência de Barão de Cotegipe foi de 16,76 cm, com intervalo de confiança de 14,04 a 19,48 cm, coeficiente de variação de 53,99% e amplitude de 6,75 a 44,50% (Tabela 5), não havendo diferença estatística entre as suas progênies (Tabela 6).

3.2.2. Altura da Árvore

A altura da árvore tem significado relativo, pois as árvores foram podadas na mesma época nos dando um indicativo de potencial de rebrota.

A altura da árvore, sem considerar os tratamentos, teve média de 2,57 m, para intervalo de confiança variando de 2,43 a 2,71 m. O coeficiente de variação foi 21,51%, para uma amplitude de 1,50 a 4,50 m (Tabela 3). As procedências, progênies e progênies dentro das procedências não apresentaram diferença estatística em relação à altura das árvores (Tabela 6).

Dentro da procedência Ivaí, as progênies não foram estatisticamente diferentes (Tabela 6), sendo sua média igual a 15,9 cm, intervalo de confiança de 2,31 a 2,59 cm, coeficiente de variação igual a 18,36% e amplitude de 1,30 a 3,60 cm (Tabela 4).

A média das alturas das árvores das progênies da procedência de Barão de Cotegipe não foram estatisticamente diferentes (Tabela 6), com média de 2,54 m e amplitude de 2,36 a

2,72 m. O intervalo de confiança ficou entre 2,36 e 2,72, com coeficiente de variação de 23,62 e amplitude de 1,65 a 4,50 (Tabela 5).

3.2.3. Altura da Copa Folhosa

A altura da copa, sem considerar os tratamentos, teve média de 1,50 m, para intervalo de confiança variando de 1,40 a 1,61 m. O coeficiente de variação foi 26,55%, para uma amplitude de 0,60 a 2,30 m (Tabela 3). As médias da altura da copa entre as procedências, progênie e entre as progênies dentro de cada procedência não apresentaram diferença estatística (Tabela 6).

Para procedência Ivaí a média da altura da copa folhosa foi de 1,36 m, com amplitude de 2,00 a 0,50m. O intervalo de confiança vai de 1,24 a 1,48m com coeficiente de variação igual a 29,41% (Tabela 4). As progênies não diferiram estatisticamente entre a altura das copas das árvores das estudadas (Tabela 6).

A procedência Barão de Cotegipe teve média de altura da copa de 1,46, com amplitude de 0,8 a 2,30m, coeficiente de variação de 29,45% com intervalo de confiança de 1,34 a 1,58m. Entre as progênies não houve diferença estatística (Tabela 6).

3.2.4. Diâmetro da Copa

O diâmetro da copa, sem considerar os tratamentos, teve média de 5,46 cm, para intervalo de confiança variando de 4,71 a 6,15 cm. O coeficiente de variação foi 49,66%, para uma amplitude de 1,91 a 14,17 cm (Tabela 3). As médias do diâmetro da copa entre as procedências, progênie e entre as progênies dentro de cada procedência não apresentaram diferença estatística (Tabela 6).

TABELA 3 - Estatísticas descritivas dos parâmetros dendométricos de árvores de erva-mate de 15 anos de idade.

	DIÂMETRO DO TRONCO (cm)	ALTURA DA ÁRVORE (m)	ALTURA DA COPA FOLHOSA (m)	DIÂMETRO MÉDIO DA COPA (m)
MÍNIMO	1,91	1,5	0,6	1,02
MÁXIMO	14,17	4,50	2,30	3,10
MÉDIA	5,46	2,57	1,50	1,97
VARIÂNCIA	7,37	0,30	0,16	0,18
DESVIO PADRÃO	2,71	0,55	0,40	0,42
ERRO PADRÃO	0,38	0,07	0,05	0,05
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO %	49,66	0,21	0,26	0,21
INTERVALO DE CONFIANÇA $p \leq 0,05$)	$4,71 \leq \mu \leq 6,15$	$2,43 \leq \mu \leq 2,71$	$1,40 \leq \mu \leq 1,61$	$1,86 \leq \mu \leq 2,08$

As progênes da procedência Ivaí tiveram média de 4,98 cm com amplitude de 1,91 a 8,60 c m. O coeficiente de variação obtido das progênes de Ivaí foi de 39,12% com intervalo de confiança de 4,28 a 5,68 m (Tabela 4). As progênes da procedência não tiveram diferença estatística para o diâmetro da copa (Tabela 6).

TABELA 4 - Estatística descritiva para parâmetros dendométricos de árvores de erva-mate da procedência Ivaí de 15 anos de idade*.

	DIÂMETRO DO TRONCO (cm)	ALTURA DA ÁRVORE (m)	ALTURA DA COPA FOLHOSA (m)	DIÂMETRO MÉDIO DA COPA (m)
MÍNIMO	1,91	1,30	0,50	0,70
MÁXIMO	8,60	3,60	2,00	3,25
MÉDIA	4,98	2,45	1,36	1,96
VARIÂNCIA	3,79	0,23	0,16	0,28
DESVIO PADRÃO	1,95	0,48	0,40	0,53
ERRO PADRÃO	7,42	0,07	0,06	0,08
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO %	39,12	19,59	29,41	27,04
INTERVALO DE CONFIANÇA ($p \leq 0,05$)	$4,28 \leq \mu \leq 5,68$	$2,31 \leq \mu \leq 2,59$	$1,24 \leq \mu \leq 1,48$	$1,80 \leq \mu \leq 2,12$

As progênes de Barão de Cotegipe tiveram diâmetro médio da copa de 5,96 cm, com amplitude de 2,62 cm a 14,17 cm, coeficiente de variação de 66,10% e intervalo de confiança de 4,71 a 6,152 cm (Tabela 5), não apresentando diferença estatística entre suas progênes (Tabela 6).

TABELA 5 - Estatística descritiva para parâmetros dendométricos de árvores de erva-mate da procedência Barão de Cotegipe de 15 anos de idade*.

	DIÂMETRO DO TRONCO (cm)	ALTURA DA ÁRVORE (m)	ALTURA DA COPA FOLHOSA (m)	DIÂMETRO MÉDIO DA COPA (m)
MÍNIMO	2,62	1,65	0,80	1,30
MÁXIMO	14,17	4,5	2,30	3,10
MÉDIA	5,96	2,54	1,46	2,04
VARIÂNCIA	10,81	0,36	0,18	0,20
DESVIO PADRÃO	3,28	0,60	0,43	0,45
ERRO PADRÃO	8,77	0,09	0,06	0,07
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO %	66,10	23,62	29,45	22,06
INTERVALO DE CONFIANÇA (p≤0,05)	4,79 ≤μ≤ 7,14	2,40≤μ≤2,68	1,34≤μ≤1,58	1,88≤μ≤ 2,20

TABELA 6 - Médias dos parâmetros dendométricos de árvores de erva-mate de duas procedências de 15 anos de idade.

PROCEDÊNCIA ¹	PROGÊNIE	DIÂMETRO DO TRONCO (cm)		ALTURA DA ÁRVORE (m)		ALTURA DA COPA FOLHOSA (m)		DIÂMETRO MÉDIO DA COPA (m)	
Ivaí	8	5,01	aA	2,47	aA	1,26	aA	2,00	aA
	9	5,20	aA	2,64	aA	1,64	aA	2,28	aA
	11	4,13	aA	2,25	aA	1,18	aA	1,79	aA
	13	5,49	aA	2,43	aA	1,30	aA	1,64	aA
	21	4,36	aA	2,47	aA	1,39	aA	2,11	aA
Colombo	58	5,55	aA	2,78	aA	1,59	aA	2,27	aA
	60	5,22	aA	2,57	aA	1,44	aA	2,12	aA
	65	4,62	aA	2,38	aA	1,43	aA	1,80	aA
	69	5,37	aA	2,41	aA	1,31	aA	1,86	aA
	71	5,93	aA	2,56	aA	1,54	aA	2,14	aA
VALOR MÉDIO									
Ivaí	-	4,84	<i>a</i>	2,45	<i>a</i>	1,36	<i>a</i>	1,96	<i>a</i>
Barão de Cotegipe	-	5,84	<i>a</i>	2,54	<i>a</i>	1,46	<i>a</i>	2,04	<i>A</i>

¹Médias com as mesmas letras maiúscula, na vertical, não diferem estatisticamente, ao nível a 1% para o teste de Tukey, entre as progênies sem considerar as procedências. Médias com mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente, ao nível de 5%, no âmbito das progênies dentro de cada procedência. Letras iguais, minúsculas e em itálico não se diferem estatisticamente para o valor médio de cada procedência.

3.3. ESTADO NUTRICIONAL E BEBIDA DE FOLHAS DE ERVA-MATE

3.3.1. Carbono e Nitrogênio

A média de C total encontrada nas épocas de safrinha (468 g kg^{-1}) e safra (456 g kg^{-1}) são adequadas para garantir o desenvolvimento das árvores estudadas de acordo com Stout (1961). Analisando de forma geral, as procedências e progênes não apresentaram diferença estatística entre os teores de C estudados (Tabela 7).

Para o N, as folhas da época de safrinha (17 g kg^{-1}) apresentou teores médios acima da quantidade adequada para o desenvolvimento de algumas espécies arbóreas, enquanto na safra a média ($14,4 \text{ g kg}^{-1}$) foi inferior ao indicado para seu desenvolvimento de acordo com Stout (1961). Plantas perenes e pouco exigentes, como por exemplo o *Pinus sp.*, são capazes de se desenvolver com quantidades de N variando de 11 a 13 g kg^{-1} , no entanto, para o crescimento adequado da *Araucária sp.* são necessárias quantidades superiores, variando de 16 a 17 g kg^{-1} (CQFSRS/SC, 2004). A quantidade de N nas folhas para a erva-mate é importante pois está intimamente ligada à produtividade do erval (Lourenço et al., 1997). Diante disso, seria de se esperar que os resultados fossem mais compatíveis com os dados de Borrille et al. (2005), que observaram teores totais superiores aos encontrados nesse trabalho, ($27 \text{ a } 31 \text{ g kg}^{-1}$ de N), em plantios de erva-mate com 7 anos de idade.

Essas comparações dos elementos do estudo com os da literatura têm mais a finalidade de situar a espécie no contexto geral, uma vez que, os teores variam amplamente entre as diferentes espécies de acordo com o genótipo, solo e outros fatores (Epstein & Bloom, 2006). Pode-se listar alguns fatores como sendo, situações de desenvolvimento da planta, condições de manejo, fenologia, estado fitossanitário, idade, época e posição de amostragem interações entre elementos, nutrientes ou não.

As progênes de erva-mate estudadas não apresentaram diferença estatística, porém a procedência Barão de Cotegipe foi a que apresentou os maiores teores de N na folha (Tabela 7).

TABELA 7 : Teores totais de C e N em folhas de 10 progênies de erva-mate coletadas na época de safra e safrinha.

Procedência ¹	Progênie	C				N			
		Safrinha		Safra		Safrinha		Safra	
		-----g kg ⁻¹ -----							
Ivaí	8	469	a A	470	a A	16,1	a A	13,4	a A
	9	467	a A	458	c A	15,3	a A	14,0	a A
	11	467	a A	461	b A	17,9	a A	12,8	a A
	13	470	a A	451	d A	16,7	a A	14,6	a A
	21	463	a A	453	d A	14,6	a A	14,2	a A
Barão de Cotegipe	58	465	a A	451	a A	18,6	a A	14,7	a A
	60	470	a A	457	a A	17,0	a A	14,1	a A
	65	467	a A	455	a A	17,3	a A	14,5	a A
	69	470	a A	443	a A	16,0	a A	15,8	a A
	71	472	a A	467	a A	17,4	a A	16,0	a A
Média Ivaí		468	A	459	A	16,7	A	13,8	B
Média Barão de Cotegipe		469	A	454	A	17,3	A	15,0	A

¹Médias com as mesmas letras maiúscula, na vertical, não diferem estatisticamente, ao nível a 1% para o teste de Tukey, entre as progênies sem considerar as procedências. Médias com mesmas letras maiúscula não diferem estatisticamente, ao nível de 5%, no âmbito das progênies dentro de cada procedência. Letras iguais, maiúsculas e em itálico não se diferem estatisticamente para o valor médio entre as procedências.

3.3.2. Fósforo

As médias dos teores totais de P encontradas na safrinha (1,8 g kg⁻¹) e na safra (2,8 g kg⁻¹) se acham situadas no intervalo normal encontrado para o fósforo em plantas cultivadas, que normalmente demandam uma quantidade maior de fósforo (Epstein e Bloom, 2006). Campos (1991) estudando povoamentos de erva-mate, com nove anos de idade, encontrou teores inferiores aos encontrados nesse trabalho para as coletas de folhas realizadas na safrinha (1,0 g kg⁻¹) e na safra (1,2 g kg⁻¹). Trabalhando em povoamentos nativos adultos (Reissmann et al., 1983) encontraram teores foliares de P na ordem de 1,07 g kg⁻¹ para o período da safra. Diante disso pode-se inferir a partir do solo sob o experimento que possui teores médios de P (CQFSRS/SC, 2004) parece garantir que as plantas se desenvolvam com níveis de maior suficiência. Há também que se considerar que os estudos anteriores abordaram povoamentos nativos, podendo haver a possibilidade de que as progênies representem um material mais eficiente na absorção do P, geralmente fortemente complexado em solos ácidos. A erva-mate consegue se adaptar bem em solos com baixos teores de P por ser pouco responsiva ao acréscimo de doses de P no sistema (Santin et al., 2012 Artigo no

prelo). Os teores médios de hidrossolubilidade das folhas foram 0,6 g kg⁻¹ na safrinha e 0,3g kg⁻¹ na safra enquanto, para o preparado de chimarrão 0,3g kg⁻¹ na safrinha e 0,2g kg⁻¹ na safra. Henrichs & Malavolta (2001) encontraram média de 0,58 g kg⁻¹ de P, no extrato de preparado de chimarrão, quantidade próxima apenas da média do teor de P hidrossolubilizado nas folhas de erva-mate colhida na safrinha.

Ao relacionar os teores totais de P das folhas com os teores extraídos por infusão, obteve-se que, 33% do total de P nas folhas da safrinha foi disponibilizado na bebida e 10% na safra. Dessa forma, notamos que apesar do P participar nas plantas como componente estrutural de macro-moléculas (ex: DNA e RNA) (Marshner, 2012), as folhas de erva-mate parecem ter porcentagens de hidrossolubilidade altas, tendo em vista que Henrichs & Malavolta (2001) encontraram 64% de hidrossolubilidade do P no preparado de chimarrão analisado.

A procedência Ivaí apresentou teores totais de P significativamente superiores apenas para a época de safrinha sendo que, a progênie 21 apresentou os maiores teores totais na maior parte teores obtidos nos diferentes tipos de preparo utilizados no presente trabalho (Tabela 8).

TABELA 8 :Teores totais e hidrossolúveis de P em folhas de 10 progênes de erva-mate coletadas na época de safra e safrinha.

Procedência ¹	Progênie	Total Folha				Hidrossolúvel Folha				Hidrossolúvel Preparado de			
		Safrinha		Safra		Safrinha		Safra		Safrinha		Safra	
		-----g kg ⁻¹ -----											
Ivaí	8	2,0	abA	2,4	aA	0,4	b ABC	0,2	a AB	0,4	a A	0,2	a AB
	9	1,7	b B	2,7	aA	0,4	b BC	0,3	a AB	0,3	ab AB	0,2	a AB
	11	1,5	b B	2,4	aA	0,3	b C	0,3	a AB	0,2	ab B	0,2	a AB
	13	1,9	bAB	2,7	aA	0,4	b ABC	0,3	a AB	0,2	b B	0,2	a AB
	21	2,8	a A	3,4	aA	0,7	a A	0,3	a AB	0,3	ab AB	0,3	a A
Barão de Cotegipe	58	1,6	a B	2,3	aA	0,7	a A	0,2	b AB	0,3	ab AB	0,2	ab AB
	60	1,7	a B	3,5	aA	0,7	a A	0,4	a A	0,3	ab AB	0,3	a A
	65	1,7	a B	3,1	aA	0,7	a A	0,3	ab AB	0,4	a A	0,3	a A
	69	1,7	a B	3,0	aA	0,7	a A	0,3	ab AB	0,3	ab AB	0,3	a A
	71	1,3	a B	2,0	aA	0,5	a ABC	0,1	b B	0,2	b B	0,1	b B
Média Ivaí		2,0	A	2,7	A	0,5	B	0,3	A	0,3	A	0,2	A
Média Barão		1,6	B	2,8	A	0,7	A	0,3	A	0,3	A	0,2	A

¹ Médias com as mesmas letras maiúscula, na vertical, não diferem estatisticamente, ao nível a 5% para o teste de Tukey, entre as progênes sem considerar as procedências. Médias com mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente, ao nível de 5%, no âmbito das progênes dentro de cada procedência. Letras iguais, maiúsculas e em itálico não se diferem estatisticamente para o valor médio entre as procedência.

3.3.3. Potássio

Para o K, foram determinados teores médios totais na safrinha na ordem de $10,8 \text{ g kg}^{-1}$ e na safra $7,3 \text{ g kg}^{-1}$. Considerando que o período da safra representa um período de menor atividade fisiológica e portanto, mais adequado para julgar o estado nutricional, o nível encontrado está abaixo do ideal (Stout, 1961). No entanto coerente com os encontrados por Campos (1991). Os baixos valores do K, podem ter associação com os baixos teores de N, uma vez que o potássio é demandado em maior quantidade para a assimilação do nitrogênio na síntese protéica do que para a ativação enzimática (Hawkesford et al., 1991).

Com relação ao teor médio de K hidrossolúvel nas folhas, o teor de $2,65 \text{ g kg}^{-1}$ foi inferior ao menor teor de K hidrossolubilizado ($7,6 \text{ g kg}^{-1}$) nas folhas de erva-mate coletadas na época de safrinha por Reissmann et al. (1994). A hidrossolubilidade média de K nas folhas estudadas por esses autores foi de 74,4% e, portanto, superior a média de hidrossolubilidade de 24% encontrados no presente trabalho .

O preparado de chimarrão teve média de $0,9 \text{ g kg}^{-1}$ de K hidrossolubilizado no extrato, sendo esse valor inferior as médias encontradas por Malik et al. (2008) e Henrichs & Malavolta (2001) estudando infusões de chimarrão comercial.

De forma geral, a média da procedência Ivaí teve os maiores teores totais e hidrossolúveis encontrados nos diferentes tipos de preparo analisados, sendo que as progênies apresentaram diferença estatística apenas para os teores obtidos através da infusão do preparado de chimarrão, sendo os menores teores encontrados nas progênies 8, 9 e 11 (Tabela 9).

TABELA 9 :Teores totais e hidrossolúveis de K em folhas de 10 progênie de erva-mate coletadas na época de safra e safrinha.

Procedência ¹	Progênie	Total Folha				Hidrossolúvel Folha				Hidrossolúvel Preparado de Chimarrão			
		Safrinha		Safra		Safrinha		Safra		Safrinha		Safra	
		-----g kg ⁻¹ -----											
Ivaí	8	9,2	a A	7,2	a A	2,5	a A	0,9	a A	0,7	b B	0,9	a A
	9	9,6	a A	9,3	a A	2,4	a A	1,0	a A	0,7	b B	1,1	a A
	11	10,4	a A	5,8	a A	2,7	a A	0,9	a A	0,8	b B	0,8	a A
	13	12,2	a A	8,8	a A	2,6	a A	1,1	a A	1,6	a A	1,1	a A
	21	12,1	a A	9,1	a A	3,2	a A	1,1	a A	1,7	a A	1,1	a A
Barão de Cotegipe	58	10,1	a A	5,2	a A	2,6	a A	0,7	aA	1,7	a A	0,7	a A
	60	11,7	a A	6,7	a A	2,5	a A	0,9	aA	1,5	ab A	0,9	a A
	65	10,3	a A	7,8	a A	2,4	a A	0,8	aA	1,2	b AB	0,9	a A
	69	11,2	a A	7,4	a A	2,7	a A	0,9	aA	1,3	ab A	1,0	a A
	71	11,3	a A	5,4	a A	2,8	a A	0,7	aA	1,4	ab A	0,8	a A
Média Ivaí		10,7	A	8,1	A	2,7	A	1,0	A	1,1	B	1,0	A
Média Barão de Cotegipe		10,9	A	6,5	B	2,6	A	0,8	B	1,4	A	1,0	A

¹Médias com a mesma letra, na vertical, não diferem estatisticamente ao nível a 5% para o teste de Tukey para cada nutriente, sendo representada com letra maiúscula a relação entre todas as progênie sem considerar as procedências, com letra maiúscula entre as progênie dentro de cada procedência e com letra maiúscula em itálico entre as procedências.

3.3.4. Cálcio

Para o nutriente Ca na safra, o teor total médio encontrado foi de 6,9 g kg⁻¹ (Tabela 10), sendo considerado adequado para o desenvolvimento das plantas de acordo com Stout (1961). Espécies como *Pinus sp.* por exemplo, também adaptados a solos ácidos, requerem teores entre 3 e 5 g kg⁻¹ para garantir seu bom desenvolvimento (CQFSRS/SC, 2004).

Os teor total de Ca encontrado em folhas de erva-mate coletadas na época de safra em um povoamento de 12 anos foi de 7,3 g kg⁻¹ (Campos, 1991) e de 29,36 g kg⁻¹ em folhas de erva-mate cultivadas no estado do Paraná (Saidelles et al., 2010). Esses valores foram superiores ao valor de 6, 9 g kg⁻¹, obtido nesse trabalho. Na época de safrinha, o teor médio de Ca nas folhas foi de 3,7 g kg⁻¹, sendo inferior ao teor de 5,7 g kg⁻¹ obtido por Campos (1991).

Reissmann et al. (1994) analisando folhas de erva-mate coletadas na safrinha, observou teor médio de Ca hidrossolúvel das folhas, próximo aos encontrados nessa trabalho (0,25 g kg⁻¹) . Por outro lado, os teores hidrossolúveis de Ca no preparado de chimarrão foram inferiores aos encontrados por Malik et al. (2008) e Henrichs & Malavolta (2001) que analisaram preparados de chimarrão adquiridos no comércio.

As procedências não apresentaram diferença estatística entre seus teores. As progênes apresentaram diferença estatística apenas para o teor total na safrinha, sendo os menores teores encontrados nas progênes 11 e 21, e para o teor hidrossolúvel das folhas na época de safra, sendo o menor valor encontrado na progênie 65 (Tabela 10).

TABELA 10 :Teores totais e hidrossolúveis de Ca em folhas de 10 progênes de erva-mate coletadas na época de safra e safrinha.

Procedência ¹	Progênie	Total Folha				Hidrossolúvel Folha				Hidrossolúvel Preparado de Chimarrão			
		Safrinha ²		Safra		Safrinha ²		Safra		Safrinha		Safra	
		-----g kg ⁻¹ -----											
Ivaí	8	4,5	a AB	6,7	b A	0,3	a A	0,1	ab AB	0,1	a A	0,1	a A
	9	4,9	a A	6,8	b A	0,2	a A	0,1	ab AB	0,1	a A	0,1	a A
	11	3,0	a B	6,8	b A	0,1	a A	0,1	a A	0,1	a A	0,1	a A
	13	3,8	a AB	6,4	b A	0,2	a A	0,1	ab AB	0,1	a A	0,1	a A
	21	3,0	a B	7,4	a A	0,3	a A	0,1	b AB	0,1	a A	0,1	a A
Barão de Cotegipe	58	3,7	a AB	7,2	a A	0,2	a A	0,1	a AB	0,1	a A	0,1	aA
	60	3,6	a AB	7,3	a A	0,2	a A	0,1	a A	0,1	a A	0,1	a A
	65	3,9	a AB	7,4	a A	0,3	a A	0,04	a B	0,1	a A	0,1	a A
	69	3,2	a AB	7,0	a A	0,2	a A	0,1	a AB	0,1	a A	0,1	a A
	71	3,5	a AB	7,3	b A	0,3	a A	0,1	a AB	0,1	a A	0,1	a A
Média Ivaí		3,8	A	6,8	A	0,2	A	0,10	A	0,1	A	0,1	A
Média Barão de Cotegipe		3,6	A	7,0	A	0,3	A	0,09	A	0,1	A	0,1	A

¹Médias com a mesma letra, na vertical, não diferem estatisticamente ao nível a 5% para o teste de Tukey para cada nutriente, sendo representada com letra maiúscula a relação entre todas as progênes sem considerar as procedências, com letra maiúscula entre as progênes dentro de cada procedência e com letra maiúsculo em itálico entre as procedências.²Dados modificados para análise estatística: Log (Dados+1).

3.3.5. Magnésio

O teor médio de Mg na safrinha ($5,4 \text{ g kg}^{-1}$) e na safra ($5,9 \text{ g kg}^{-1}$) estão adequados para o desenvolvimento das plantas em relação aos teores propostos por Stout (1961). Nas folhas coletadas na época de safrinha esse teor foi de $5,4 \text{ g kg}^{-1}$ e está próximo ao teor $6,0 \text{ g kg}^{-1}$ encontrado por Campos (1991) estudando folhas coletadas na mesma época. As folhas coletadas na época de safra apresentaram teor total médio de Mg de $5,9 \text{ g kg}^{-1}$ e estão próximos aos encontrados por Malik et al., (2008) e Giulian et al., (2008)

O teor médio de Mg hidrossolúvel nas folhas de erva mate coletadas na época de safrinha ($1,61 \text{ g kg}^{-1}$) foram próximos aos teores obtidos por Reissmann et al. (1994). Para a safra o teor de $0,7 \text{ g kg}^{-1}$ foi inferior ao obtido por Malik et al. (2008) estudando folhas de erva-mate comercializadas na República Tcheca.

Com relação aos teores de Mg hidrossolúveis obtidos do preparado de chimarrão com material vegetal coletado na safra ($0,6 \text{ g kg}^{-1}$), Malik et al. (2008) e Henrichs & Malavolta (2001) encontraram teores superiores ao analisar o preparado de chimarrão obtido no comércio.

As progênies estudadas não apresentaram diferença estatística entre seus teores. As procedências apresentaram diferença estatística sendo, os menores teores encontrados na procedência Barão de Cotegipe nos teores hidrossolúveis da safrinha e para a progênie Ivaí nos teores hidrossolúveis do preparado de chimarrão (Tabela 11).

TABELA 11: Teores totais e hidrossolúveis de Mg em folhas de 10 progênes de erva-mate coletadas na época de safra e safrinha.

Procedência ¹	Progénie	Total Folha				Hidrossolúvel Folha				Hidrossolúvel Preparado de Chimarrão			
		Safrinha		Safrã		Safrinha		Safrã		Safrinha		Safrã	
		-----g kg ⁻¹ -----											
Ivaí	8	6,2	a A	6,0	a A	2,1	a A	0,6	a A	0,2	a A	0,5	a A
	9	5,8	a A	5,7	a A	2,0	a A	0,6	a A	0,2	a A	0,5	a A
	11	5,0	a A	5,9	a A	1,6	a A	0,7	a A	0,2	a A	0,6	a A
	13	5,8	a A	5,9	a A	1,8	a A	0,7	a A	0,3	a A	0,6	a A
	21	4,5	a A	6,0	a A	1,4	a A	0,5	a A	0,2	a A	0,5	a A
Barão de Cotegipe	58	5,7	a A	6,0	a A	1,6	a A	0,7	a A	0,3	a A	0,7	a A
	60	5,5	a A	6,1	a A	1,5	a A	0,8	a A	0,3	a A	0,7	a A
	65	5,6	a A	5,9	a A	1,8	a A	0,6	a A	0,3	a A	0,7	a A
	69	4,7	a A	5,9	a A	1,0	a A	0,6	a A	0,2	a A	0,6	a A
	71	5,1	a A	5,7	a A	1,3	a A	0,7	a A	0,2	a A	0,6	a A
Média Ivaí		5,5	A	5,9	A	1,8	A	0,6	A	0,2	A	0,5	B
Média Barão de Cotegipe		5,3	A	5,9	A	1,4	B	0,7	A	0,3	A	0,6	A

¹Médias com a mesma letra, na vertical, não diferem estatisticamente ao nível a 5% para o teste de Tukey para cada nutriente, sendo representada com letra maiúscula a relação entre todas as progênes sem considerar as procedências, com letra maiúscula entre as progênes dentro de cada procedência e com letra maiúscula em itálico entre as procedências.

3.3.6. Cobre

Na época de safra a média do teor total de Cu foi de 15,4 g kg⁻¹ e é superior ao indicado por Stout (1961), para o desenvolvimento de plantas, e ao teor de 12,72 mg kg⁻¹ de Cu encontrado por Saidelles et al. (2010) em folhas de erva-mate de ervais paranaenses.

A média do teor total de Cu na época de safrinha foi de 20,5 mg kg⁻¹ e está muito acima do teor encontrado por Reissmann et al. (1994). Altos teores de Cu podem ser encontrados em folhas, por exemplo na espécie *Coffea arabica* com os teores variando de 6 a 50 mg kg⁻¹ (CQFSRS/SC, 2004).

Os teores médios de Cu hidrossolúvel das folhas coletadas na época de safrinha de 6,2 mg kg⁻¹ esta próximo aos teores obtidos por Reissmann et al., (1994). Para o preparado de chimarrão, os teores de Cu foram inferiores ao obtido por Malik et al. (2008).

A procedência Barão de Cotegipe apresentou os maiores teores totais e hidrossolúveis, sendo que, a progênie 71 foi a que apresentou, de forma geral, os maiores teores nos diferentes tipos de preparo analisados (Tabela 12).

TABELA 12: Teores totais e hidrossolúveis de Cu em folhas de 10 progênies de erva-mate coletadas na época de safra e safrinha.

Procedência ¹	Progênie	Total Folha				Hidrossolúvel Folha				Hidrossolúvel Preparado de			
		Safrinha ²		Safra		Safrinha		Safra ²		Safrinha ²		Safra	
-----mg kg ⁻¹ -----													
Ivaí	8	5,2	b E	16,8	a AB	2,3	b F	5,0	a A	1,3	c C	4,4	a A
	9	5,2	b E	14,5	a AB	2,6	b EF	3,1	a A	1,4	c C	3,6	a A
	11	6,5	b E	14,5	a AB	5,2	a D	5,1	a A	2,3	bc BC	4,0	a A
	13	9,5	a D	14,7	a AB	4,2	a D	4,7	a A	2,9	ab BC	4,1	a A
	21	10,0	a D	13,5	a AB	3,8	ab DE	5,6	a A	4,3	a B	4,3	a A
Barão de Cotegipe	58	16,7	d C	17,5	ab AB	7,4	c C	5,1	a A	9,8	a A	4,5	a A
	60	20,7	d BC	19,8	a A	8,3	b BC	6,4	a A	9,9	a A	4,5	a A
	65	28,6	c B	15,2	ab AB	8,7	b ABC	3,4	a A	4,8	b B	3,6	a A
	69	43,4	b A	11,7	b B	9,1	b AB	6,4	a A	1,4	b C	3,6	a A
	71	59,2	a A	16,2	ab AB	10,2	a A	4,0	a A	2,6	b BC	4,3	a A
Média Ivaí		7,3	B	14,8	A	3,6	B	5,4	A	2,4	B	4,1	A
Média Barão de		33,7	A	16,1	A	8,7	A	5,1	A	5,7	A	4,1	A

¹Médias com a mesma letra, na vertical, não diferem estatisticamente ao nível a 5% para o teste de Tukey para cada nutriente, sendo representada com letra maiúscula a relação entre todas as progênies sem considerar as procedências, com letra maiúscula entre as progênies dentro de cada procedência e com letra maiúscula em itálico entre as procedências.²Dados modificados para análise estatística: Log (Dados+1).

3.3.7. Manganês

Para Mn o teor médio total encontrado na safrinha (243,3 mg kg⁻¹) e na safra (502,8 mg kg⁻¹) são superiores ao teor indicado por Stout (1961). Esses teores mais altos são comuns em espécies florestais como, por exemplo, *Pinus sp.* que precisa de teores variando de 250 a 600 mg kg⁻¹ para garantir seu desenvolvimento (CQFSRS/SC, 2004). Na safrinha o teor médio total encontrado (243,3 mg kg⁻¹) foi inferior ao observado por Jacques et al. (2007) ao estudar folhas de erva mate de árvores com 7 anos de idade. Na safra, o teor médio de Mn foi de 502,8 mg kg⁻¹, sendo este inferior ao encontrado por Campos (1991). No entanto, ocupa o limite inferior dos teores de Mn, de um banco de dados da composição química da erva-mate para o estado do Paraná, onde predominam valores altos (Reissmann et al., 1999).

Para o Mn hidrossolúvel das folhas coletadas na safrinha, o , teor foi muito inferior (16,6 mg kg⁻¹) aos observados por Reissmann et al.(1994). De forma geral, os teores totais obtidos pelo autor citado acima foram muito superiores que os do presente trabalho possivelmente permitindo que a hidrossolubilidade fosse igualmente maior.

A média de hidrossolubilidade do preparado de chimarrão na época de safra foi de 21,1 mg kg⁻¹ sendo esta inferior ao obtido por Malik et al. (2008).

A procedência Ivaí apresentou os maiores teores hidrossolúveis de Mn para a maior parte dos procedimentos de análise estudados. A progênie 58 apresentou os menores teores totais na safra e na safrinha e nos teores hidrossolúveis do preparado de chimarrão da safra. Os maiores teores hidrossolúveis na safrinha foram encontrados na progênie 71 e os menores na progênie 11. O hidrossolúvel de chimarrão apresentou os menores teores nas progênies 8,9 e 11 (Tabela 13).

TABELA 13: Teores totais e hidrossolúveis de Mn em folhas de 10 progênes de erva-mate coletadas na época de safra e safrinha.

Procedência ¹	Progênie	Total Folha				Hidrossolúvel Folha				Hidrossolúvel Preparado de Chimarrão			
		Safrinha ²		Safra		Safrinha		Safra ²		Safrinha ²		Safra ²	
		-----mg kg ⁻¹ -----											
Ivaí	8	310	a A	486	a AB	12,2	a BC	21,1	a A	8,7	a B	17,9	a AB
	9	319	a A	608	a AB	8,6	a BC	35,4	a A	9,5	a B	20,6	a AB
	11	197	a AB	450	a AB	5,6	a C	30,4	a A	8,7	a B	19,3	a AB
	13	258	a AB	477	a AB	11,5	a BC	28,6	a A	21,5	a AB	21,2	a AB
	21	183	a AB	459	a AB	14,0	a BC	16,1	a A	21,7	a AB	14,2	a AB
Barão de Cotegipe	58	106	c B	240	b B	15,6	b BC	14,7	b A	29,5	a A	11,6	b B
	60	153	bc AB	431	ab AB	17,7	b BC	27,8	ab A	35,5	a A	22,4	ab AB
	65	218	ab AB	487	ab AB	21,9	b AB	20,9	ab A	28,5	a A	17,8	ab AB
	69	285	ab A	666	a AB	23,8	ab AB	39,2	ab A	19,5	a AB	28,3	ab AB
	71	413,9	a A	723	a A	35,5	a A	47,4	a A	32,5	a A	38,1	a A
Média Ivaí		235	A	496	A	10,4	B	26,3	A	14,0	B	18,6	A
Média Barão de Cotegipe		251	A	510	A	22,9	A	30,0	A	29,1	A	23,6	A

¹Médias com a mesma letra, na vertical, não diferem estatisticamente ao nível a 5% para o teste de Tukey para cada nutriente, sendo representada com letra maiúscula a relação entre todas as progênes sem considerar as procedências, com letra maiúscula entre as progênes dentro de cada procedência e com letra maiúscula em itálico entre as procedências. ²Dados modificados para análise estatística: Log (Dados+1).

3.3.8. Ferro

Com relação ao teor total de Fe obtido na safrinha (38,8 mg kg⁻¹) e na safra (133,0 mg kg⁻¹), verificou-se que os teores da safra estão próximos aos teores adequados indicados por Stout (1961).

O teor total de Fe obtido na safrinha foi inferior ao encontrado por Reissmann et al., (1994) ao estudar folhas de erva-mate coletadas na mesma época. O teor médio de Fe hidrossolúvel das folhas (15,8 mg kg⁻¹) foi superior aos encontrados pelo mesmo autor.

O Fe das folhas de erva-mate coletadas na safra apresentaram teores totais (133,0 mg kg⁻¹) próximos aos obtidos por Giulian et al. (2008) e Malik et al. (2008). Para o preparado de chimarrão, coletado na mesma época, o teor de Fe hidrossolúvel (21,8 mg kg⁻¹) foi inferior ao obtido por Malik et al. (2008) e Henrichs & Malavolta (2001).

A procedência Ivaí apresentou os maiores teores totais e hidrossolúveis para a maior parte dos teores analisados. As progênes 58 e 60 apresentaram os melhores teores totais e hidrossolúveis para a maior parte dos procedimentos de preparo do material vegetal analisados (Tabela 14).

TABELA 14: Teores totais e hidrossolúveis de Fe em folhas de 10 progênes de erva-mate coletadas na época de safra e safrinha.

Procedência ¹	Progénie	Total Folha				Hidrossolúvel Folha				Hidrossolúvel Preparado de Chimarrão			
		Safrinha		Safra		Safrinha		Safrinha ²		Safrinha ²		Safrinha	
		-----mg kg ⁻¹ -----											
Ivaí	8	23,1	c C	121,5	a A	3,5	b E	25,5	ab A	2,1	d D	33,3	a A
	9	24,5	c C	117,2	a A	10,8	ab CD	10,3	c A	4,2	c BCD	18,9	a A
	11	22,8	c C	138,3	a A	6,9	b DE	24,8	abc A	6,3	b BC	26,4	a A
	13	31,8	ab BC	144,0	a A	16,1	a BC	31,2	a A	7,4	b BC	22,4	a A
	21	34,3	a BC	121,0	a A	8,4	ab DE	18,9	bc A	11,7	a AB	26,2	a A
Barão de Cotegipe	58	69,8	a A	135,3	a A	19,3	c AB	23,7	a A	31,6	a A	27,0	a A
	60	65,7	a A	156,5	a A	20,5	bc AB	23,9	a A	28,8	a A	25,9	a A
	65	44,4	b B	147,0	a A	23,8	ab A	12,1	a A	14,6	b BC	19,1	a A
	69	34,4	b BC	153,8	a A	24,1	ab A	25,4	a A	1,5	c D	24,6	a A
	71	47,5	ab AB	94,8	bB	24,6	a A	21,7	a A	2,8	bc CD	15,9	a A
Média Ivaí		27,3	A	128,4	A	9,1	B	22,2	A	6,3	B	25,4	A
Média Barão de Cotegipe		52,4	B	137,7	A	22,5	A	21,4	A	15,9	A	22,5	A

¹Médias com a mesma letra, na vertical, não diferem estatisticamente ao nível a 5% para o teste de Tukey para cada nutriente, sendo representada com letra maiúscula a relação entre todas as progênes sem considerar as procedências, com letra maiúscula entre as progênes dentro de cada procedência e com letra maiúscula em itálico entre as procedências.²Dados modificados para análise estatística: Log (Dados+1).

3.3.9. Zinco

A média do teor total de Zn varia na safrinha de 15,6 mg kg⁻¹ à 26,7 mg kg⁻¹ na safra. No período da safra o teor de Zn supera o valor indicado por Stout (1961). O autor considera 20 g Kg⁻¹ como sendo adequado para o desenvolvimento das plantas de forma geral. Para a época de safrinha o teor médio total de Zn de 15,6 mg kg⁻¹ (Tabela 15) está próximo ao

encontrado por Reissmann et al., (1994), sendo os teores médios hidrossolúveis das folhas (4,1 mg kg⁻¹) inferiores aos obtidos pelo mesmo autor. De acordo com o levantamento efetuado no estado do Paraná, os teores de Zn das folhas de erva-mate variam amplamente, cujos extremos se situam entre 7 e 88 mg kg⁻¹ (Reissmann et al., 1999).

Na época de safra, a média do teor total de Zn (26,7 mg kg⁻¹) (Tabela 15), do teor médio hidrossolúvel das folhas (2,9 mg kg⁻¹) e do teor hidrossolúvel do chimarrão (2,6 mg kg⁻¹) foram inferiores aos obtidos por Malik et al. (2008)

A progênie Barão de Cotegipe apresentou os maiores teores totais e hidrossolúveis de Zn. As progênies 11 e 21 apresentaram os maiores teores totais e hidrossolúveis quando analisado de forma geral os tipos de preparo do material vegetal analisado (Tabela 15).

TABELA 15: Teores totais e hidrossolúveis de Zn em folhas de 10 progênies de erva-mate coletadas na época de safra e safrinha.

Procedência	Progênie	Total Folha				Hidrossolúvel Folha				Hidrossolúvel Preparado de Chimarrão			
		Safrinha ²		Safra ²		Safrinha ²		Safra		Safrinha ²		Safra ²	
		-----mg kg ⁻¹ -----											
Ivaí	8	18,1	a A	24,8	a A	6,9	a AB	2,2	a A	1,2	c C	1,6	b B
	9	11,3	a A	23,8	a A	4,6	ab ABCD	3,1	a A	1,5	bc BC	1,9	ab AB
	11	19,5	a A	38,7	a A	7,8	a A	3,4	a A	3,5	ab ABC	1,9	ab AB
	13	17,1	a A	23,2	a A	6,1	a ABC	2,2	a A	3,1	ab BC	1,7	ab AB
	21	12,7	a A	27,7	a A	2,3	b CDEF	3,7	a A	4,3	a A	3,0	a AB
Barão de Cotegipe	58	14,9	a A	25,2	a A	1,7	bc EF	2,4	a A	4,4	a A	3,9	a A
	60	15,7	a A	24,2	a A	1,1	c F	3,4	a A	3,7	a AB	2,6	a AB
	65	14,8	a A	27,7	a A	2,2	bc DEF	2,2	a A	3,9	a AB	2,8	a AB
	69	15,4	a A	24,2	a A	3,2	ab BCDE	2,9	a A	2,3	a ABC	2,8	a AB
	71	16,2	a A	27,3	a A	5,3	a ABCD	3,7	a A	3,2	a ABC	3,8	a A
Média Ivaí		15,7	A	27,6	A	5,6	A	2,9	A	2,8	B	2,0	B
Média Barão de Cotegipe		15,4	A	25,7	A	2,7	B	2,9	A	3,5	A	3,2	A

¹Médias com a mesma letra, na vertical, não diferem estatisticamente ao nível a 5% para o teste de Tukey para cada nutriente, sendo representada com letra maiúscula a relação entre todas as progênies sem considerar as procedências, com letra maiúscula entre as progênies dentro de cada procedência e com letra maiúscula em itálico entre as procedências. ²Dados modificados para análise estatística: Log (Dados+1).

3.3.10. Boro e Sódio

O teor total médio de B na safrinha ($41,8 \text{ mg kg}^{-1}$) e na safra ($50,4 \text{ mg kg}^{-1}$) estão acima do recomendado para o desenvolvimento adequado de plantas sugerido por Stout (1961). A espécie *Pinus sp.* necessita de teores de B na faixa de de 12 a $25 \text{ mg por mg}^{-1}$, enquanto que, a espécie *Coffea arabica L.* parece precisar de teores maiores em suas folhas variando de 40 a 100 mg kg^{-1} (CQFSRS/SC, 2004), teores esses próximos ao obtido nesse trabalho. O teor médio de B na época de safra ($50,4 \text{ mg kg}^{-1}$) foi próximo aos teores obtidos por Fossati et al. (1997) e inferiores aos encontrados por Oliva (2007). Aparentemente a erva-mate se caracteriza por absorver quantidades apreciáveis de boro, não sendo incomuns valores acima de 50 mg kg^{-1} (Reissmann et al., 1999).

A procedência Ivaí apresentou os maiores teores de B para a maior parte das formas de análise das folhas de erva-mate. Para as progênies, houve apenas diferença estatística para: o teor total de B na época de safra com os melhores teores na progênie 11; o hidrossolúvel das folhas na safrinha com os maiores teores na progênie 9; o hidrossolúvel de chimarrão na safrinha com os maiores teores nas progênies 8, 13 e 21 e; o hidrossolúvel do preparado de chimarrão com o maior teor na progênie 65 (Tabela 16).

TABELA 16: Teores totais e hidrossolúveis de B em folhas de 10 progênies de erva-mate coletadas na época de safra e safrinha.

Procedência ¹	Progênie	Total Folha				Hidrossolúvel Folha				Hidrossolúvel Preparado de Chimarrão			
		Safrinha		Safrã		Safrinha		Safrã		Safrinha		Safrã	
		-----mg kg ⁻¹ -----											
Ivaí	8	45,3	a A	47,1	ab AB	1,8	ab AB	5,1	a A	1,2	a A	2,3	a AB
	9	42,2	a A	38,8	b B	2,3	a A	4,5	a A	0,5	ab AB	2,3	a AB
	11	51,1	a A	77,4	a A	1,1	ab AB	5,7	a A	0,3	b B	1,7	a AB
	13	51,0	a A	51,6	ab AB	1,6	ab AB	5,0	a A	1,1	a A	2,3	a AB
	21	27,9	a A	42,6	b AB	0,6	b B	2,6	a A	1,1	a A	1,7	a AB
Barão de Cotegipe	58	45,9	a A	47,5	ab AB	1,0	a AB	4,0	a A	0,5	b AB	2,5	AB
	60	41,2	a A	55,8	ab AB	0,8	a B	4,3	a A	1,0	a AB	3,0	AB
	65	50,1	a A	64,2	a AB	1,3	a AB	4,8	a A	0,8	ab AB	4,1	A
	69	27,6	a A	32,9	b B	0,6	a B	3,4	a A	0,8	ab AB	1,2	B
	71	35,7	a A	44,4	ab AB	0,6	a B	3,7	a A	0,7	ab AB	3,0	AB
Média Ivaí		43,5	A	51,5	A	1,5	A	4,6	A	0,8	A	2,1	B
Média Barão de Cotegipe		40,1	A	49,0	A	0,9	B	4,0	A	0,7	A	2,7	A

¹Médias com a mesma letra, na vertical, não diferem estatisticamente ao nível a 5% para o teste de Tukey para cada nutriente, sendo representada com letra maiúscula a relação entre todas as progênies sem considerar as procedências, com letra maiúscula entre as progênies dentro de cada procedência e com letra minúscula em itálico entre as procedências. ²Dados modificados para análise estatística: Log (Dados+1).

Para os teores de Na, a média do teor total encontrado na safrinha (224 mg kg⁻¹) e na safra (175 mg kg⁻¹) são superiores aos teores indicados por Stout (1961). O Na hidrossolúvel encontrado no preparado de chimarrão na safrinha (142 mg kg⁻¹) e na safra (96 mg kg⁻¹) são superiores ao obtido por Henrichs & Malavolta (2001).

Os teores de Na foram superiores na procedência de Barão de Cotegipe, sendo que a progênie 60 apresentou os maiores teores totais e hidrossolúveis nas folhas e preparado de chimarrão estudados (Tabela 17).

TABELA 17: Teores totais e hidrossolúveis de Na em folhas de 10 progênes de erva-mate coletadas na época de safra e safrinha.

Procedência ¹	Progênie	Total Folha				Hidrossolúvel Folha				Hidrossolúvel Preparado de Chimarrão			
		Safrinha		Safra		Safrinha ²		Safra		Safrinha		Safra	
		-----mg kg ⁻¹ -----											
Ivaí	8	123	c C	139	a B	107	a E	133	ab A	97	b BCD	83	a AB
	9	131	c C	172	a AB	110	a E	150	a A	72	b D	94	a AB
	11	182	bc BC	116	a B	112	a E	100	b A	87	b CD	77	a AB
	13	236	ab AB	150	a AB	134	a CDE	122	ab A	185	a A	105	a AB
	21	267	a AB	183	a AB	136	a DE	128	ab A	204	a A	122	a A
Barão de Cotegipe	58	245	a AB	150	ab AB	200	ab AB	122	a A	130	a ABC	72	bc AB
	60	301	a A	283	a A	238	a A	117	a A	200	a A	55	c B
	65	325	a A	183	ab AB	172	ab ABCD	122	a A	161	a AB	116	ab AB
	69	193	a ABC	183	ab AB	149	b BCDE	111	a A	144	a ABC	122	a A
	71	241	a AB	116	b B	191	ab ABC	94	a A	147	a AB	105	ab AB
Média Ivaí		188	B	167	A	120	B	119,	A	129	A	96	A
Média Barão de Cotegipe		261	A	183	A	190	A	113	A	156	B	94	A

¹Médias com a mesma letra, na vertical, não diferem estatisticamente ao nível a 5% para o teste de Tukey para cada nutriente, sendo representada com letra maiúscula a relação entre todas as progênes sem considerar as procedências, com letra maiúscula entre as progênes dentro de cada procedência e com letra maiúscula em itálico entre as procedências. ²Dados modificados para análise estatística: Log (Dados+1).

3.4. RELAÇÃO ENTRE OS TEORES NUTRICIONAIS ENCONTRADOS NAS ÉPOCAS DE COLETA DA SAFRINHA E SAFRA

3.4.1. Relação Entre os Teores Totais Encontrados na Safrinha e Safra

Os teores totais de C na época de Safra em relação a Safrinha não foram diferentes estatisticamente (Tabela 18).

Os teores totais de N, K, Cu e Na foram superiores na Safrinha em relação à Safra (Tabela 18 e 19). Os elementos K e o Na se encontram predominantemente na forma livre (Lindhauer, 1985) não acumulando no tecido vegetal com o amadurecimento das planta

possibilitando maiores teores serem obtidos nas folhas mais novas da safrinha. A princípio não parece ser um efeito relativo ao teor de carbono, uma vez que, a diferença entre safra e safrinha não é significativa, embora os dados mereçam ser complementados com estudos mais pormenorizados ao nível fisiológico.

O Cu possui baixa mobilidade podendo em grande parte ser encontrado nos cloroplastos e ligado a enzimas (Marshner, 2012). No entanto, esse aspecto tem sido questionado uma vez que em *P.taeda* parece ter características de mobilidade em suas folhas (Viera & Schumacher, 2009; Schneider, 2011; Kaseker, 2012). Aparentemente o Cu também tem característica de mobilidade na erva-mate tendo em vista que os maiores teores totais foram obtidos na época de safrinha

Os teores totais de P, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn e B foram superiores na safra em relação à Safrinha (Tabela 18 e 19).

A frutificação promove a translocação de P nas plantas e o acúmulo de sais de ácido fitico (fitato) nas sementes (Lott et al., 2000), podendo resultar em o menor acúmulo de P nas folhas devido à frutificação das árvores no período de safrinha.

A maior parte do Ca e parte do Mg se encontram constituindo a lamela média das paredes celulares (Malavolta et al., 1997). Outro elemento que se encontra na parede celular é o B. Aproximadamente 80% do B da parede celular está ligado ao componente de açúcar chamado rhamnogalacturonan 2 (RGII) (Kobayashy et al., 1995) e formando complexos catiônicos dentro da planta com compostos orgânicos de configuração cisdiol, como por exemplo, os açúcares e derivados (exemplos: sorbitol, manitol e dulcitol) (Furlani, 2004). Dessa forma, o aumento da maturidade das folhas e do desenvolvimento da parede celular pode resultar em maiores teores totais desses elementos nos tecidos, levando a maiores teores na safra.

O Zn também possui baixa mobilidade nas plantas, devido as suas funções metabólicas atuando de forma funcional e estrutural nas reações enzimáticas (Valle & Auld, 1990).

TABELA 18 : Teor total de macro e micronutrientes em folhas de erva-mate coletada nas épocas de Safrinha e Safra.

	C		N		P		K		Ca		Mg	
Época de Coleta ¹	-----g kg ⁻¹ -----											
Safrinha	468	A	16,71	A	1,79	B	10,81	A	3,72	B	5,39	B
Safra	457	A	14,41	B	2,77	A	7,27	B	6,95	A	5,90	A

	Cu		Mn		Fe		Zn		B		Na	
Época de Coleta	-----mg kg ⁻¹ -----											
Safrinha	20,5	A	243,3	B	39,8	B	15,57	B	41,8	B	214	A
Safra	15,4	B	502,8	A	133,0	A	26,67	A	50,2	A	155	B

¹Médias com a mesma letra, na vertical, não diferem estatisticamente ao nível a 5% para o teste de Tukey para cada nutriente.

3.4.2. Relação Entre os Teores Hidrossolúveis Encontrados na Safrinha e Safra

Os nutrientes P, K, Cu, Zn e Na tiveram a maior hidrossolubilidade na época de Safrinha em relação à Safra para as folhas e para o preparado de Chimarrão (Tabela 18 e 19).

A presença de ramos parece modificar a dinâmica de hidrossolubilidade para alguns elementos. O Ca e Mg no hidrossolúvel das folhas tiveram os maiores teores na safrinha sendo que, no preparado de chimarrão os maiores foram na safra. O Mn também apresentou característica semelhante ao Ca e Mg, onde os maiores teores do hidrossolúveis das folhas foram na Safrinha porém não houve diferença estatística no preparado de chimarrão entre as duas épocas de colheita (Tabela 18 e 19).

O Fe e o B foram os únicos elementos que apresentaram menor hidrossolubilidade na safra em relação a safrinha para o hidrossolúvel das folhas e o preparado de chimarrão.

Ao que parece a maior parte dos elementos com maior mobilidade também são mais hidrossolúveis na época de safrinha. De forma geral, com a maturidade das folhas os nutrientes se tornar menos hidrossolúveis devido ao aumento de barreiras do tecido vegetal. Essas barreiras não permitem a retirada dos nutrientes dos tecidos, por exemplo, pela formação da parede celular e a formação de barreiras hidrofóbicas como a cera das folhas, celulose, pectina, hemicelulose (Damodaran et al., 2010) resultando em material vegetal menos hidrossolúvel quanto maior a maturidade das folhas

TABELA 19: Teor hidrossolúvel de macro e micronutrientes nas folhas de erva-mate e no preparado de chimarrão coletados nas épocas de Safrinha e Safra¹.

	Época de Coleta	P K Ca Mg -----g kg ⁻¹ -----								Cu Mn Fe Zn B Na -----mg kg ⁻¹ -----											
Teor Hidrossolúvel Folhas	Safrinha	0,56	A	2,65	A	0,25	A	1,61	A	6,2	A	16,6	A	15,8	B	4,13	A	1,2	B	155	A
	Safra	0,28	B	0,89	B	0,10	B	0,66	B	4,9	B	28,2	B	21,8	A	2,90	B	4,3	A	122	B
Teor Hidrossolúvel Chimarrão	Safrinha	0,30	A	1,26	A	0,08	B	0,26	B	4,4	A	21,5	A	11,1	B	3,11	A	0,8	B	143	A
	Safra	0,23	B	0,91	B	0,06	A	0,58	A	4,9	B	21,1	A	23,9	A	2,61	B	2,4	A	95	B

¹Médias com a mesma letra, na vertical, não diferem estatisticamente ao nível a 5% para o teste de Tukey para cada nutriente.

3.5. PARTICIPAÇÃO NA INGESTÃO DIÁRIA RECOMENDADA (IDR)

A Ingestão Diária Recomendada (IDR) é referente a quantidade de vitaminas e minerais que devem ser consumidos diariamente para atender às necessidades nutricionais da maior parte dos indivíduos e grupos de pessoas de uma população sadia. No caso desse trabalho, a IDR é relativa aos valores nutricionais diários indicados pela ANVISA (2005) para adultos.

Para a análise do teor hidrossolúvel de P, K, Ca, Mg, Zn, Cu e Na nas folhas de erva-mate, em uma xícara de chá de 60 ml, a maior hidrossolubilidade foi na época de Safrinha, enquanto Mn, Fe e B foram mais hidrossolúveis na Safra. Os teores dos elementos presentes em uma xícara de chá de folhas de erva-mate, em ordem decrescente, foi para Safrinha K, Mg, P, Na, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn e B e para Safra K, Mg, P, Na, Ca, Mn, Fe, Cu, B e Zn (Tabela 20).

Para o preparado de Chimarrão, os teores de Mn e Cu não foram diferentes entre as épocas de Safra e Safrinha, para os elementos P, K, Zn e Na a maior hidrossolubilidade foi na época de Safrinha e para os elementos Ca, Mg, Fe e B os maiores teores foram na época de Safra (Tabela 21). Os elementos presentes em uma xícara de 60 ml de chá de folhas de erva-mate, em ordem decrescente, foi para Safrinha K, P, Mg, Na, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn e B e para Safra K, Mg, P, Na, Ca, Fe, Mn, Cu, Zn = B (Tabela 21).

O hidrossolúvel de folhas de erva-mate e o preparado de chimarrão podem fornecer 1,26 e 0,80 mg de P em uma xícara de chá de 60ml, respectivamente (Tabela 20 e 21). A

ANVISA recomenda para um adulto a ingestão diária de 700 mg de P portanto, a participação na IDR do P é para o hidrossolúvel das folhas de 0,18% (Tabela 20) e para chimarrão de 0,11% (Tabela 21).

Com relação ao K, a bebida obtida por infusão das folhas fornece em média 5,36 mg e o preparado de chimarrão 3,26 mg em em uma xícara de 60 ml (Tabela 22). A ANVISA (2005) não recomenda quantidade média de ingestão diária de K não nos permitindo mostrar sua participação na IDR. A banana é popularmente conhecida por garantir a ingestão de grande quantidade do nutriente, podendo fornecer aproximadamente 467 mg em uma unidade do fruto (Dossiê, 2012), indicando que o K pode ser consumido sem dificuldade em outros alimentos em quantidades superiores.

Além de ser fonte de K, a banana também é uma rica fonte de Mg contribuindo em nossa alimentação com 34,2 mg de Mg por unidade (Dossiê, 2012). Folhas de erva-mate podem fornecer em média 2,80 mg e o chimarrão 1,26 mg de Mg em uma xícara de chá de 60 ml (Tabela 20), tendo a participação na IDR de 1,31% para a infusão de folhas (Tabela 20) e de 0,50% para infusão de chimarrão (Tabela 21).

O teor de Ca obtido na infusão das folhas de erva mate é capaz de fornecer teores médios de 0,52 mg (Tabela 20) e o chimarrão de 0,23 mg de Ca em uma xícara de chá (Tabela 21). Na IDR esse nutriente apresenta a menor participação tanto para o hidrossolúvel obtido das folhas com 0,05% (Tabela 20) como para o preparado de chimarrão com 0,025% (Tabela 21).

O Fe apresentou hidrossolubilidade média na infusão das folhas de 0,05 mg (Tabela 20) e para o preparado de chimarrão de 0,04 mg em uma xícara de chá (Tabela 21). Sua participação na IDR foi de 0,39% na infusão das folhas (Tabela 20) e de 0,50 % para a infusão do preparado de chimarrão (Tabela 21).

O teor médio de Mn obtido da infusão de folhas de erva-mate foi de 0,06 mg de Mn (Tabela 20) e para o preparado de chimarrão de 0,06 mg (Tabela 21) em uma xícara de chá de 60 ml. A participação na IDR é a maior em relação aos elementos estudados, com 2,82% para a infusão das folhas (Tabela 20) e de 2,61% para o preparado de chimarrão (Tabela 21).

Para o Cu, o teor médio encontrado em uma xícara de 60 ml de chá, para folhas é de aproximadamente 16,58 µg (Tabela 20) e para o preparado de chimarrão de 12,23 µg (Tabela 21). Esse nutriente tem a segunda maior participação no índice diário de ingestão

recomendada com 1,84% de participação na infusão das folhas (Tabela 20) e 1,36% do preparado de chimarrão de (Tabela 21).

Em relação ao nutriente Zn, a infusão das folhas e do preparado de chimarrão podem fornecer, respectivamente, com 0,005 mg (Tabela 20) e 0,008 mg (Tabela 21) em uma xícara de chá de 60 ml. Sua participação na IDR é de 0,15% para a infusão das folhas (Tabela 20) e 0,11% para o preparado de chimarrão (Tabela 21).

O sódio tem como uma das maiores fontes nutricionais o sal, podendo uma xícara de suco de tomate com sal fornecer cerca de 0,88g de Na (Dossiê, 2012). A erva-mate é capaz de fornecer em média 0,41 mg de Na (Tabela 20), através da infusão das suas folhas e 0,36 mg pelo preparado de chimarrão (Tabela 21).

Apesar de sua importância ainda não ter sido comprovada, o boro parece promover benefícios à saúde como melhorias em mulheres pós menopausa devido a interação do B com o metabolismo do Ca (Nielsen et al., 1987), redução da osteoporose (Zitterman, 2003), acredita-se ser um possível protetor contra o câncer de próstata (Cui et al., 2004) e seu consumo parece promover efeitos positivos nas funções cerebrais e no desempenho cognitivo (Penland, 1994 e 1999). Recomenda-se em média 1 a 3 mg de B diariamente (Dossiê, 2012) sendo que, uma xícara de 60ml de infusão de folhas de erva-mate consegue nos fornecer 0,008mg de B (Tabela 20) e o preparado de chimarrão 0,004 mg de B (Tabela 21).

TABELA 20 – Participação nutricional na ingestão diária de uma xícara de chá (60ml) da infusão de folhas de erva-mate coletados nas épocas de Safra e Safrinha.

NUTRIENTE	ÉPOCA DE COLETA	INGESTÃO DIÁRIA RECOMENDADA (IDR ¹)		XÍCARA DE CHÁ (60ML) ²		PARTICIPAÇÃO NA IDR (%)
Fósforo	Safrinha	700	mg	1,69	a	0,18
	Safra			0,84	b	
Potássio	Safrinha	NC	NC	7,95	a	NC
	Safra			2,69	b	
Cálcio	Safrinha	1000	mg	0,76	a	0,05
	Safra			0,29	b	
Magnésio	Safrinha	260	mg	4,84	a	1,31
	Safra			1,99	b	
Manganês	Safrinha	2,3	mg	0,05	b	2,82
	Safra			0,08	a	
Ferro	Safrinha	14	mg	0,05	b	0,39
	Safra			0,06	a	
Zinco	Safrinha	7	mg	0,012	a	0,15
	Safra			0,009	b	
Cobre	Safrinha	900	µg	18,55	a	1,84
	Safra			14,63	b	
Sódio	Safrinha	NC	NC	0,47	a	NC
	Safra			0,36	b	
Boro	Safrinha	NC	NC	0,004	b	NC
	Safra			0,012	a	

¹IDR baseada nos valores de referência indicado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária –ANVISA.

²Médias com as mesmas letras não diferem estatisticamente ao nível a 5% para o teste de Tukey para cada nutriente entre as épocas de coleta

TABELA 21 – Participação nutricional na ingestão diária de uma xícara de chá (60ml) da infusão do preparado de Chimarrão coletado nas épocas de Safra e Safrinha.

NUTRIENTE	ÉPOCA DE COLETA	INGESTÃO DIÁRIA RECOMENDADA (IDR ¹)		XÍCARA DE CHÁ (60ML) ²	PARTICIPAÇÃO NA IDR (%)	
Fósforo	Safrinha	700	mg	0,89	a	0,11
	Safra			0,71	b	
Potássio	Safrinha	NC	NC	3,79	a	NC
	Safra			2,74	b	
Cálcio	Safrinha	1000	mg	0,19	b	0,025
	Safra			0,27	a	
Magnésio	Safrinha	260	mg	0,77	b	0,50
	Safra			1,75	a	
Manganês	Safrinha	2,3	mg	0,06	a	2,61
	Safra			0,06	a	
Ferro	Safrinha	14	mg	0,03	b	0,50
	Safra			0,07	a	
Zinco	Safrinha	7	mg	0,009	a	0,11
	Safra			0,007	b	
Cobre	Safrinha	900	µg	12,22	a	1,36
	Safra			12,25	a	
Sódio	Safrinha	NC	NC	0,43	a	NC
	Safra			0,29	b	
Boro	Safrinha	NC	NC	0,002	b	NC
	Safra			0,007	a	

¹IDR baseada nos valores de referência indicado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária –ANVISA.

²Médias com as mesmas letras não diferem estatisticamente ao nível a 5% para o teste de Tukey para cada nutriente entre as épocas de coleta

3.6. RELAÇÃO ENTRE OS TEORES TOTAIS E O HIDROSSOLÚVEL

A análise de tecidos vegetais é usualmente utilizada para obter o controle do estado nutricional das plantas e, havendo dados suficientes que apresentem alto coeficiente de determinação com o teor hidrossolúvel, é possível estimar a qualidade nutricional da bebida obtida através da infusão.

Os teores totais de K se correlacionaram com hidrossolúvel das folhas para Ivaí e Barão de Cotegipe na época de Safrinha (Figura 2) e Safra (Figura 3), e com os teores hidrossolúveis do Chimarrão apenas para a Safra nas duas procedências (Figura 2).

Os teores totais de P se correlacionaram com os teores hidrossolúveis das folhas e Chimarrão para procedência Ivaí e Barão de Cotegipe coletados nas épocas de coleta de Safrinha (Figura 4) e Safra (Figura 5).

Na época de Safrinha, a relação entre o teor total e hidrossolúvel de Chimarrão para procedência Ivaí (Figura 4, B) mostrou grande disparidade na grandeza dos coeficientes de determinação em relação às demais (Figura 4, A, C, D). Essa disparidade é devido a grande variabilidade genética entre as plantas havendo necessidade de mais pesquisas para potencializarmos o uso das árvores para o comércio.

Os teores de Mg tiveram correlação entre teor total e hidrossolúvel de folhas de erva-mate nas progênies Ivaí e Barão de Cotegipe coletada na época de Safrinha (Figura 6) e Safra (Figura 7), e para Chimarrão apenas para a procedência de Barão de Cotegipe na época de Safrinha (Figura 6) e Safra (Figura 7).

Os teores totais de Fe foram correlacionáveis com Chimarrão hidrossolúvel para procedência de Ivaí na época de coleta da Safrinha (Figura 8) e da Safra (Figura 9).

A correlação entre os teores totais de Mn em erva-mate foi apenas obtida na época de Safra para o teor de Mn hidrossolúvel das procedências Ivaí e Barão de Cotegipe, e para Chimarrão apenas a procedência Barão de Cotegipe Mn total (Figura 10).

Os teores totais de Cu na Safrinha se correlacionaram com o teor hidrossolúvel das folhas da procedência Barão de Cotegipe (Figura 11). Na época de Safra, o teor total de Cu se correlacionou com teor hidrossolúvel das folhas das procedências Ivaí e Barão de Cotegipe e o teor hidrossolúvel do Chimarrão com a procedência Barão de Cotegipe (Figura 12).

O teor total de Na teve correlação na Safrinha para procedência Ivaí com hidrossolúvel das folhas e do Chimarrão (Figura 13).

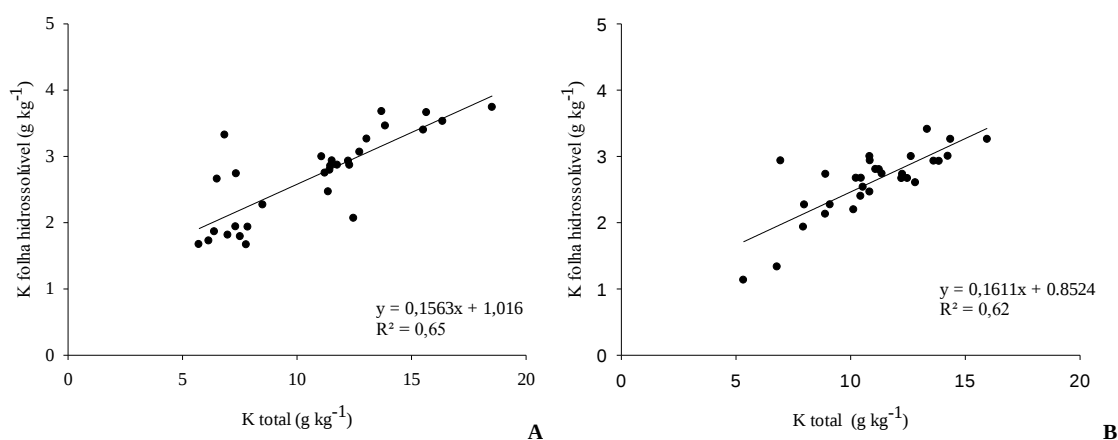


FIGURA 2: Relação entre teor total e hidrossolúvel de K em erva-mate coletada na época de Safrinha (A) Procedência Ivaí K total e K folhas hidrossolúvel (B) Procedência Barão de Cotegipe K total e K folhas hidrossolúvel.

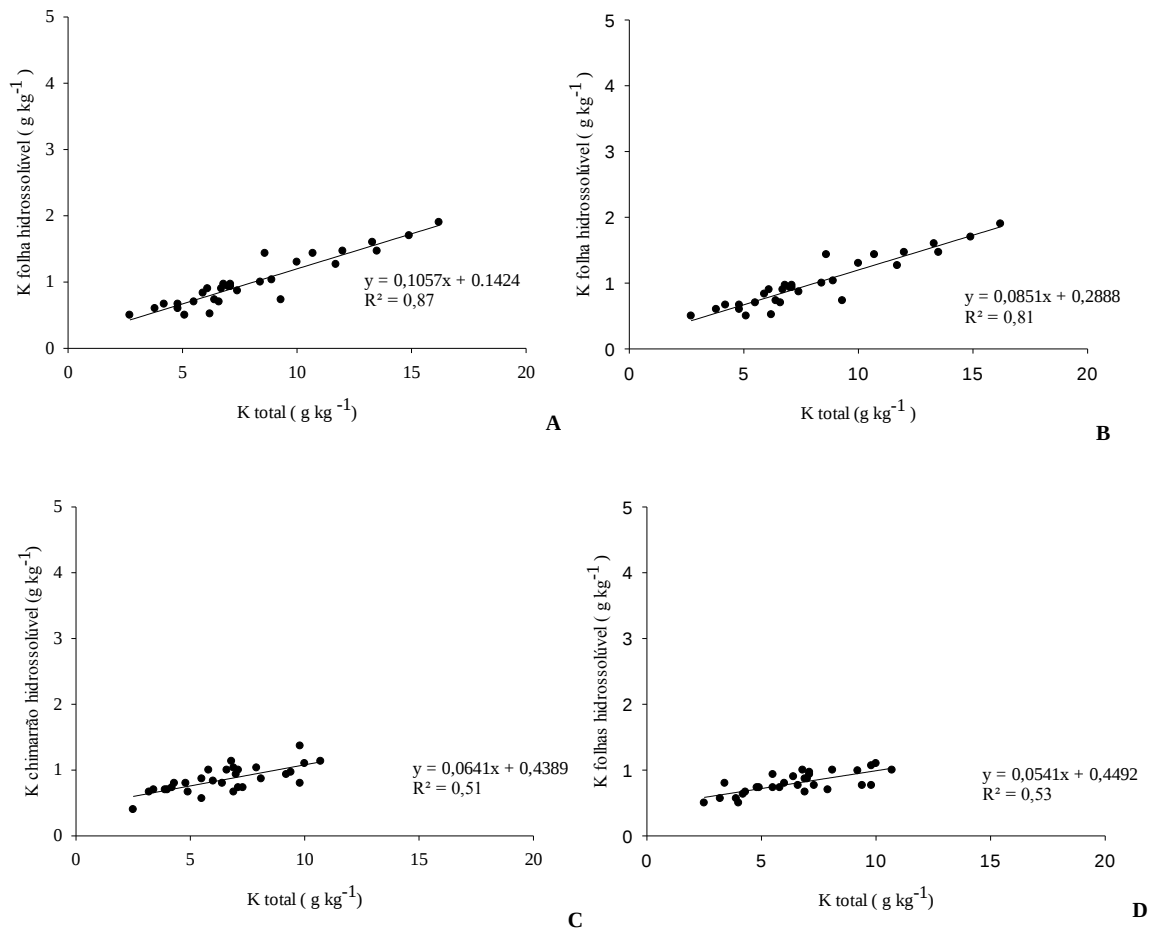


FIGURA 3: Relação entre teor total e hidrossolúvel de K em erva-mate coletada na época de Safra (A) Procedência Ivaí K total e P folhas hidrossolúvel (B) Procedência Ivaí K total e K Chimarrão hidrossolúvel (C) Procedência Barão de Cotegipe K total e K folhas hidrossolúvel (D) Procedência Barão de Cotegipe K total e K Chimarrão hidrossolúvel.

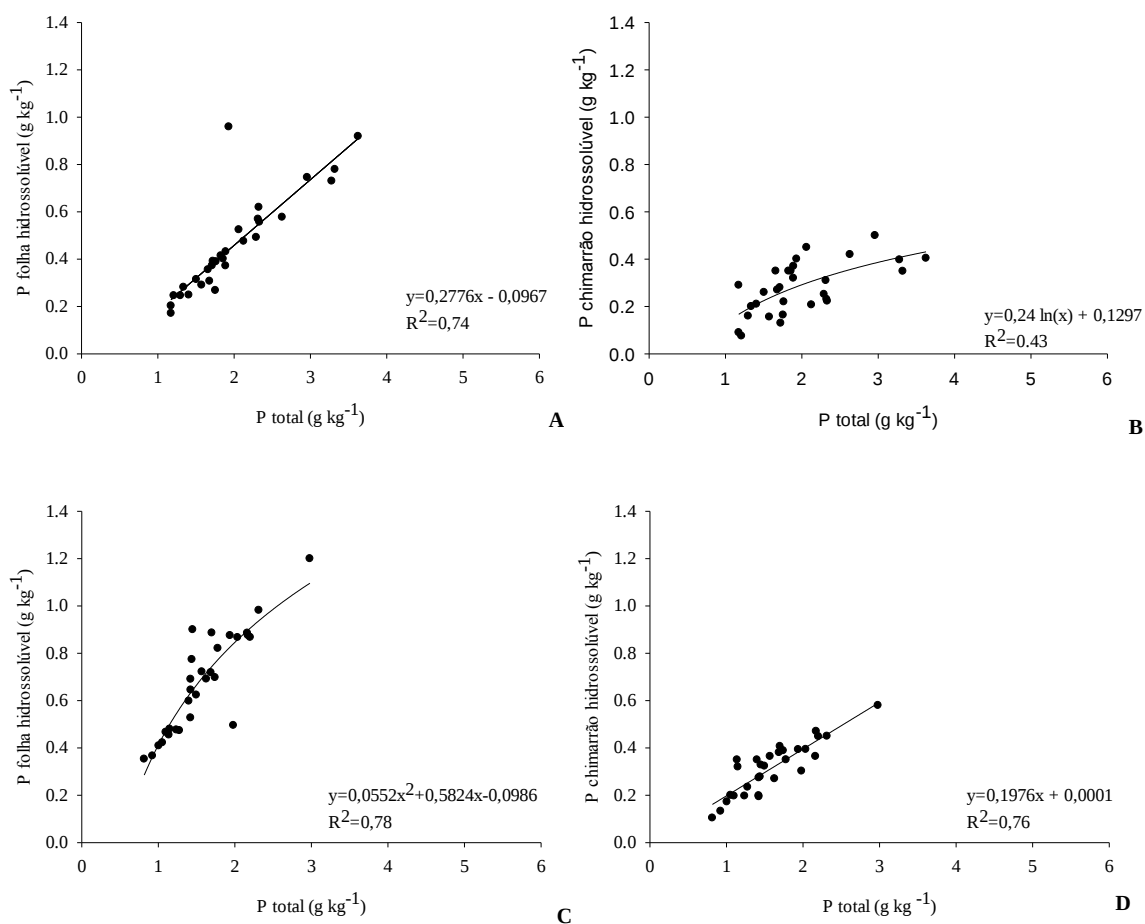


FIGURA 4: Relação entre teor total e hidrossolúvel de P em erva-mate coletada na época de Safrinha (A) Procedência Ivaí P total e P folhas hidrossolúvel (B) Procedência Ivaí P total e P Chimarrão hidrossolúvel (C) Procedência Barão de Cotegipe P total e P folhas hidrossolúvel (D) Procedência Barão de Cotegipe P total e P Chimarrão hidrossolúvel.

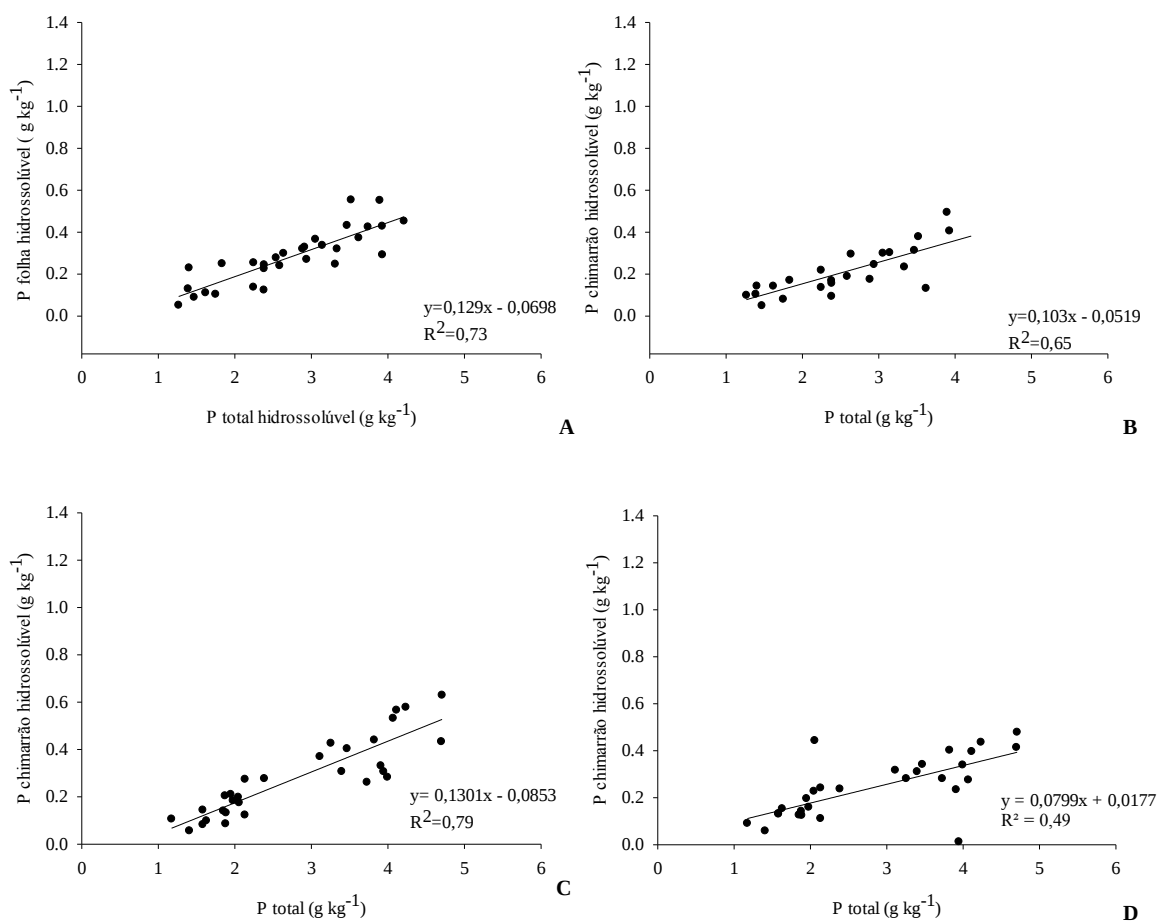


FIGURA 5: Correlação entre teor total e hidrossolúvel de P em erva-mate coletada na época de Safra (A) Procedência Ivaí P total e P folhas hidrossolúvel (B) Procedência Ivaí P total e P Chimarrão hidrossolúvel (C) Procedência Barão de Cotegipe P total e P folhas hidrossolúvel (D) Procedência Barão de Cotegipe P total e P Chimarrão hidrossolúvel.

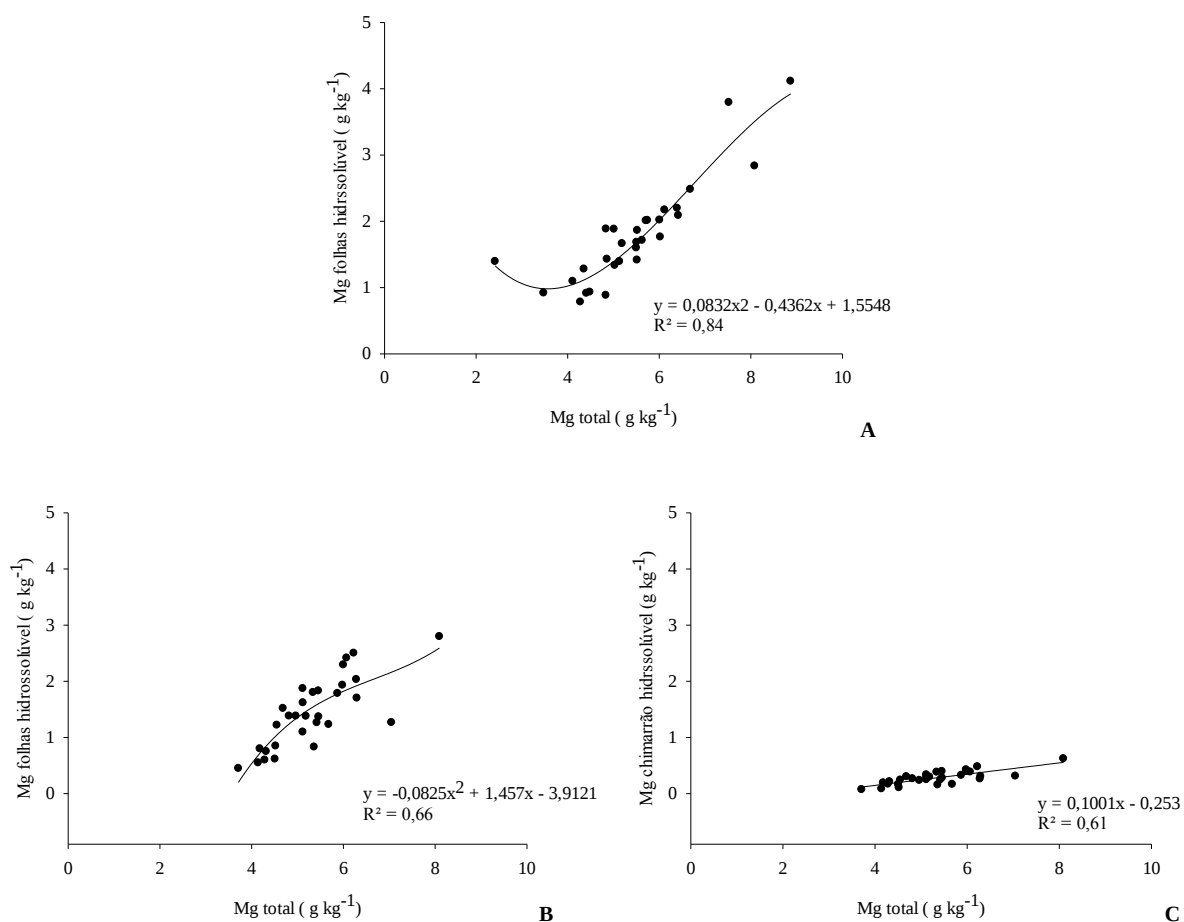


FIGURA 6: Relação entre teor total e hidrossolúvel de Mg em erva-mate coletada na época de Safrinha (A) Procedência Ivaí Mg total e Mg folhas hidrossolúvel (B) Procedência Barão de Cotegipe Mg total e Mg folhas hidrossolúvel (C) Procedência Barão de Cotegipe Mg total e Mg Chimarrão hidrossolúvel.

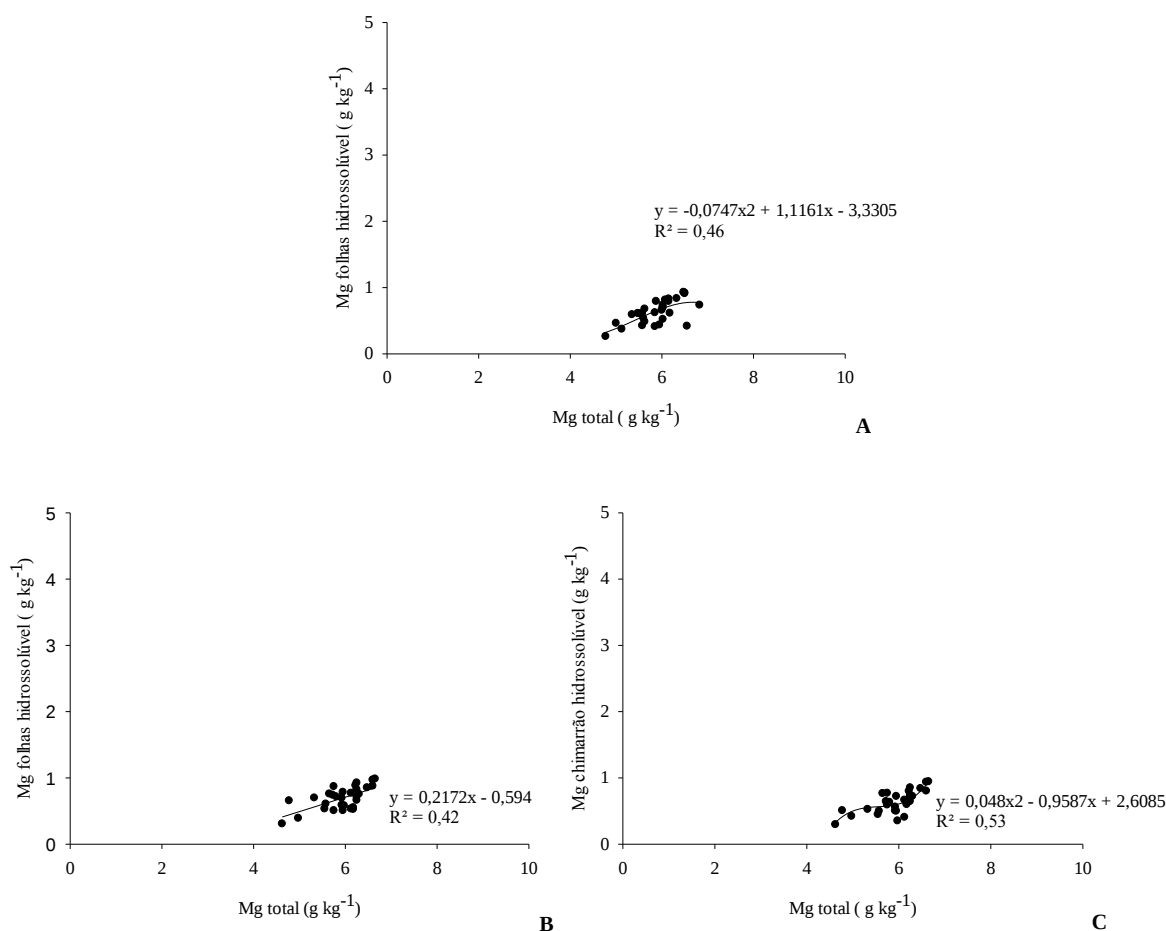


FIGURA 7: Relação entre teor total e hidrossolúvel de Mg em erva-mate coletada na época de Safra (A) Procedência Ivaí Mg total e Mg folhas hidrossolúvel (B) Procedência Barão de Cotegipe Mg total e Mg folhas hidrossolúvel (C) Procedência Barão de Cotegipe Mg total e Mg Chimarrão hidrossolúvel.

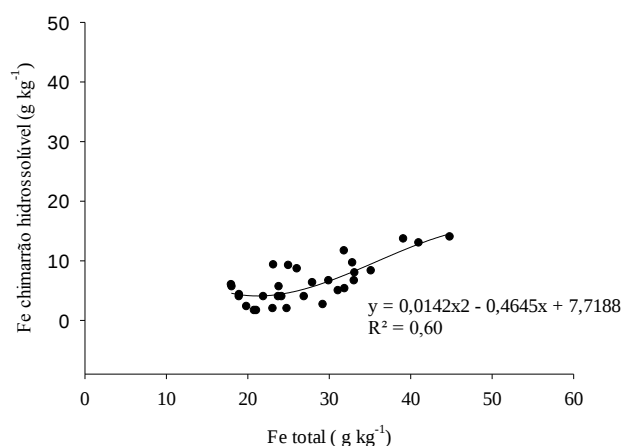


FIGURA 8: Relação entre teor total e Chimarrão hidrossolúvel de Fe em erva-mate coletada na época de Safrinha da procedência Ivaí.

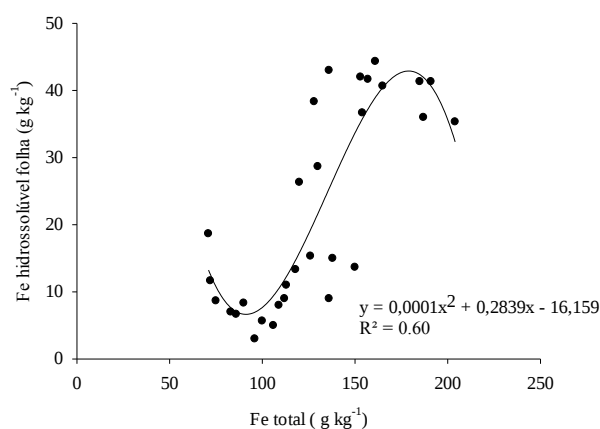


FIGURA 9: Relação entre teor total e folha hidrossolúvel de Fe em erva-mate coletada na época de Safra da procedência Ivaí.

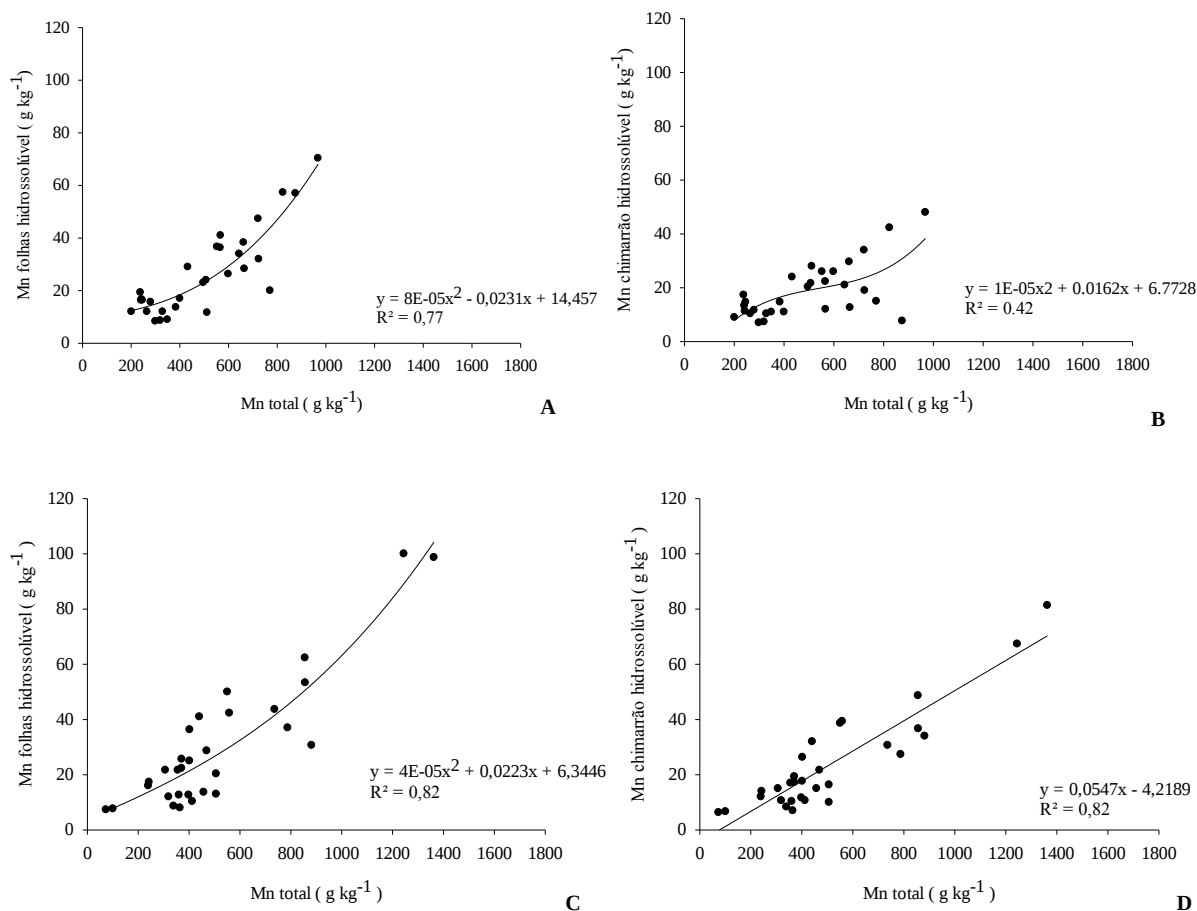


FIGURA 10: Relação entre teor total e hidrossolúvel de Mn em erva-mate coletada na época de Safra (A) Procedência Ivaí Mn total e Mn folhas hidrossolúvel (B) Procedência Barão de Cotegipe Mn total e Mn folhas hidrossolúvel (C) Procedência Barão de Cotegipe Mn total e Mn Chimarrão hidrossolúvel.

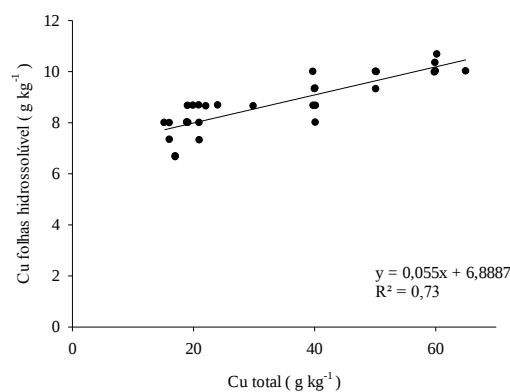


FIGURA 11: Relação entre teor total e folha hidrossolúvel de Cu em erva-mate coletada na época de Safrinha da procedência Barão de Cotegipe.

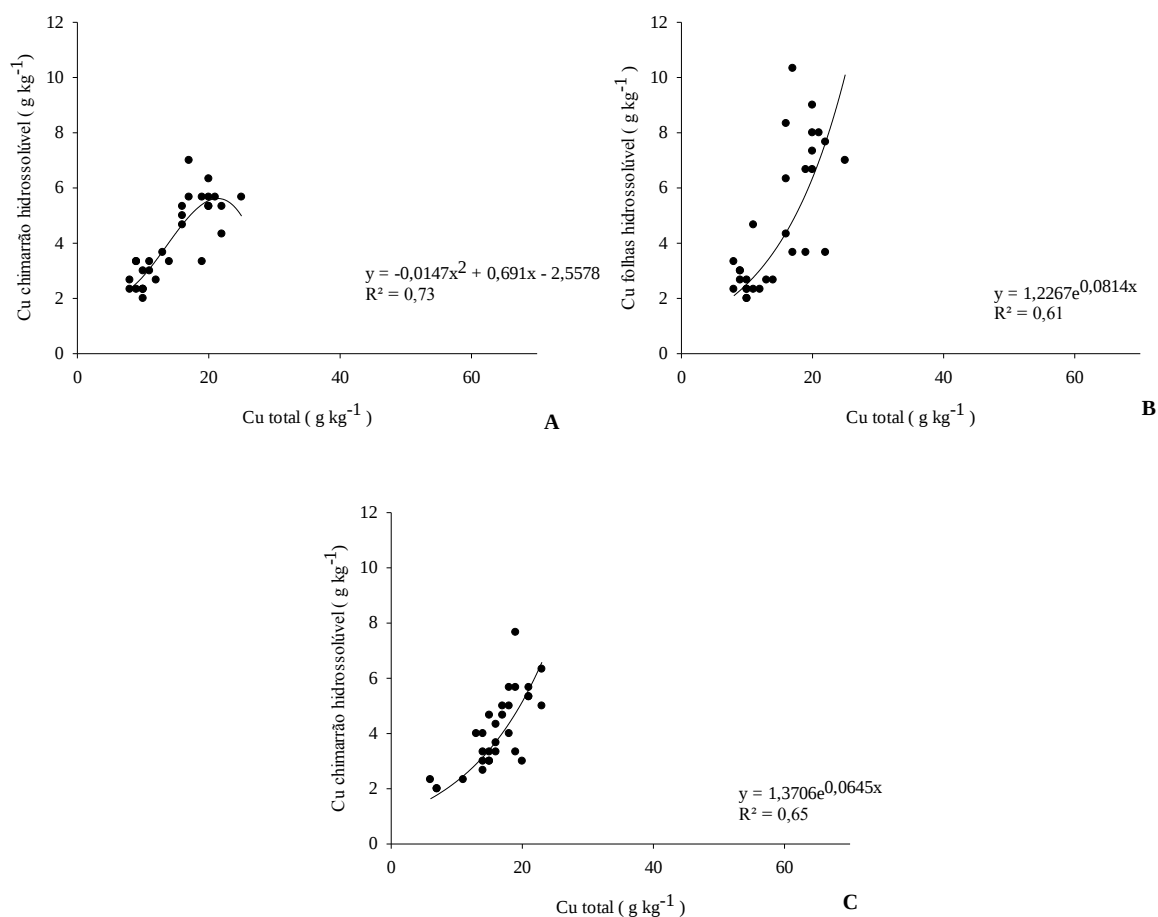


FIGURA 12: Relação entre teor total e hidrossolúvel de Cu em erva-mate coletada na época de Safra (A) Procedência Ivaí Cu total e Cu folha hidrossolúvel (B) Procedência Ivaí Cu total e Cu Chimarrão hidrossolúvel (C) Procedência Barão de Cotegipe Cu total e Cu Chimarrão hidrossolúvel.

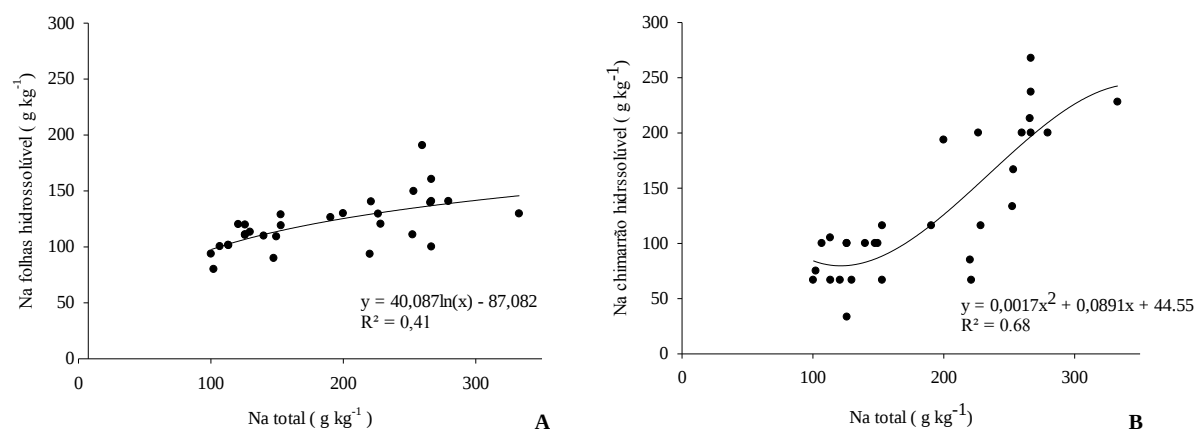


FIGURA 13: Relação entre teor total e hidrossolúvel de Na em erva-mate coletada na época de Safrinha (A) Procedência Ivaí Na total e Na folhas hidrossolúvel (B) Procedência Ivaí Na total e Na Chimarrão hidrossolúvel.

Dessa forma, a época de coleta afeta a hidrossolubilidade dos elementos nas folhas, assim como obtido por Bertoni et al. (1992) e Cirio & Rücker (2000). O regime nutricional das árvores é dependente da fisiologia das plantas e, mesmo que indiretamente, acaba sendo afetado pelas funções metabólicas de cada período sazonal, como exemplo, a forma de ligação nas estruturas orgânicas, a marcha de absorção, translocação e conversão dos elementos.

Assim como Scherer et al. (2002), a relação de teores totais e hidrossolúveis dos elementos nas procedências, progênies e até mesmo dentro das progênies parecem estar relacionadas com as características genéticas individuais. Além disso, o tipo de tecido vegetal em infusão - folhas e/ou preparado de Chimarrão – influenciam nos teores nutricionais da bebida, assim como obtido por Reissmann et al. (1983), e nas relações obtidas entre os teores totais e hidrossolúveis estudados.

4. CONCLUSÃO

As procedências Barão de Cotegipe tem produtividade média por hectare superior a procedência Ivaí.

As plantas estudadas apresentam teores nutricionais que garantem seu bom desenvolvimento;

Os maiores teores totais foram obtidos nas folhas coletadas na safra e os maiores teores hidrossolúveis foram obtidos na safrinha e;

A maior participação na IDR foi obtida na época de safrinha.

5. LITERATURA CITADA

- ANDRADE, F. M. de. Exploração, manejo e potencial socioeconômico da erva-mate. In: SIMÕES, L. L. E LINO, C. F., eds. Sustentável Mata Atlântica: a exploração de seus recursos florestais, 2 ed. São Paulo, Senac, 2003. p.19–34.
- ANVISA. Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. RESOLUÇÃO RDC, N.º 269, DE 22 DE SETEMBRO DE 2005, DOU 23/09/05.
- BERTONI, M.H.; PRAT KRICUN, S.D.; KANZIG, R.G. & CATTANEO, P. Effect of different stages of the traditional process for yerba mate production on the composition of fresh leaves. *Anales de La Asociación Química Argentina*, 80: 493 – 501, 1992.
- BOEGER, M. R.T; REISSMANN, C.B. & BORILLE, A.M.W. Análise morfométrica foliar de três morfotipos de erva-mate. (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). In: CONGRESSO SUL AMERICANO DE ERVA-MATE, 3º FEIRA DO AGRONEGÓCIO DA ERVA-MATE, 1., Anais. Chapecó, 2003. CD-ROM.
- BORILLE, A. M. W.; REISSMANN, C. B.; FREITAS, R.J.S. Relação entre compostos fotoquímicos e o N em morfotipos de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St.Hil). *Boletim CEPPA*, Curitiba, 23:183-198, 2005.
- CAMPOS, M.A.A. Balanço de biomassa e nutrientes em povoamentos de *Ilex paraguariensis*: avaliação na Safra e na Safrinha. 107p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1991.
- CARVALHO, P.H.R. Espécies arbóreas brasileiras. Colombo-PR. Embrapa Informação tecnológica, 2003. p.1039.
- CIRIO, G. M. & RÜCKER, N.G. de A. Ecofisiologia da erva-mate e os parâmetros legais. In: MACCARI JUNIOR, A. & MAZUCOWSKI, J.Z. Produtos alternativos e desenvolvimento da tecnologia industrial na cadeia produtiva da erva-mate. Curitiba. MCT/CNPq/PADCT. 2000. p.105-119.
- COELHO, G. C.; MARIATH, J. E. de A. & SCHENKEL, E. P. Populational diversity on leaf morphology of maté (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil., Aquifoliaceae). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 45:47-51, 2002.
- CQFSRS/SC.COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina; SBCS-NRS: Brasil, 10 ed., 2004. Porto Alegre, 400p.
- CUI Y.; WINTON M.I.; ZHANG Z.F.; RAINEY C.; MARSHALL J.; DE KERNION J. B.; ECKHERT C.D. Dietary boron intake and prostate cancer risk. *Oncology Reports*. 11:887-892, 2004.
- DAMODARAN, S., PARKIN, K.L., FENNEMA, O.R. Química de alimentos de Fennema, 4.ed. ARTMED, 2010, 900p.
- DOSSIÊ: OS MINERAIS NA ALIMENTAÇÃO. Disponível em: <http://www.revista-fi.com/materias/52.pdf> Acesso em 10 out. 2012.
- DÜNISCH, O.; REISSMANN, C. B.; OLISZESKI, A. Variability of vessel characteristics in the xylem of *Ilex paraguariensis* (mate-tree) from south Brazil. *IAWA Journal*, 25:449-458, 2004.
- EMATER. Aplicações industriais e usos alternativos para a erva-mate. São Paulo. 1995. 35 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análise de solos. 2 ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Londrina, Editora Planta, 2006. 403p.

FOSSATI, L.C.; REISSMANN, C.B. Avaliação do estado nutricional e da produtividade de *Ilex paraguariensis* St. Hil. (erva-mate), em função do sitio. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 1.; REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, 2., Curitiba, 1997. Anais. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. p. 439.

FURLANI, A. M. C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G. B. Fisiologia vegetal. São Paulo: Guanabara Koogan, 2004. p.40-75.

GIULIAN, R.; dos SANTOS, C.E.I.; SHUBEITAS, de M.; da SILVA, L. M., YONEAMA, M.L. & DIAS, J.F. The study of the influence of industrial processing on the elemental composition of mate tea leaves (*Ilex paraguariensis*) using the PIXE technique. LWT - Food Science and Technology, 42:74–80, 2009.

GUIMARÃES, J.C. Teores de nutrientes foliares de erva- (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) relacionados à composição química de um latossolo vermelho distrófico. 94p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

Hawkesford, M. J. and Belcher, A. R. Differential protein synthesis in response to sulphate and phosphate deprivation: identification of possible components of plasma-membrane transport systems in cultured tomato roots. *Planta*, 185 : 323–329, 1991.

HEINRICHS, R. & MALAVOLTA, E. Composição mineral do produto comercial da erva-mate (*Ilex paraguariensis*, St. Hil.). *Ciência Rural*, 31:781-785, 2001.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Manual técnico da vegetação brasileira. 2ed. Rio de Janeiro, IBGE, 2012. 217p.

JACQUES, R.A.; ARRUDA, E. J.; de OLIVEIRA L. C.S.; de OLIVEIRA, A.P.; DARIVA, C.; de OLIVEIRA, J.V. & CARAMARÃO E. Influence of Agronomic Variables on the Macronutrient and Micronutrient Contents and Thermal Behavior of Mate tea leaves (*Ilex paraguariensis*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 7510-7516, 2007.

JONES JR., J.B. & CASE, V.W. Sampling handling and analyzing plant tissue samples. In: WESTERMAN R. L. (Ed.). *Soil testing and plant analysis*. Madison: SSSA, 1990. p. 389-427.

KASEKER, J.F. Composição química de acículas, serapilheira, solos rizosférico e não rizosférico e variabilidade espacial em ensaio de omissão de nutrientes em *Pinus taeda*. 95 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

KISHI, K. avaliação do desenvolvimento morfológico de diferentes progênies de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) em condições de campo. 108p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

KOBAYASHI, M., MATOH, T. & AZUMA, J.. Structure and glycosyl composition of the boron-polysaccharide complex of radish roots. *Plant Cell Physiology*. 39/5: 483-491; 1995.

LINDHAUER, M.G. The role of potassium in the plant with emphasis on stress conditions (water, temperature, salinity). In: *Proceedings of the Potassium Symposium*. Department of

Agriculture and Water Supply, International Potash Institute and Fertilizer Society of South Africa. Pretoria, 1985. p. 95-113.

LOTT, J. N. A., OCKENDEN, I., RABOY, V. & BATTEN, G. D. Phytic acid and phosphorus in crop seeds and fruits: a global estimate. *Seed Science Research*. 10:11–33,2000.

LOURENÇO, R.S.; CURCIO, G.R.; RACHWAL, M.F.G.; MEDRADO, M.J.S. Avaliação de níveis de nitrogênio sobre a produção de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) em Fernandes Pinheiro-PR, em latossolo vermelho-escuro. *Boletim de Pesquisa Florestal Curitiba*, 34:75-98, 1997

MACCARI Jr, A. & MAZUCHOWSKI, J. Z. Produtos alternativos e desenvolvimento da tecnologia industrial na cadeia produtiva da erva-mate. *Câmara Setorial da Cadeia Produtiva da Erva-Mate Paraná MCT/CNPq/PROJETO PADCT Erva-Mate*. Curitiba, 2000. 160p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C. & OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p

MALIK, J.; SZAKOVA, J.; DRABEK, O.; BALIK, J. & KOKOSKA, L. Determination of certain micro and macrolelements in plant stimulants and their infusions. *Food chemistry*, 101:520-525, 2008.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 3.ed. San Diego, Academic Press, 2012. 695p.

MARTINS, A.P. & REISSMANN, C.B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. *Scientia Agrária*, 8:1-17, 2007.

NAKAMURA, K.L., JUNIOR, E. L.C., DONADUZZI, C.M. & SCHUSTER, I. Genetic variation of phytochemical compounds in progenies of *Ilex paraguariensis* St. Hil. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 9: 116-123, 2009.

NIELSEN F.H.; HUNT C.D.; MULLEN L.M.; HUNT J.R. Effect of dietary boron on mineral, estrogen, and testosterone metabolism in postmenopausal women. *The FASEB Journal*. 1:394-397, 1987.

OLIVA, E.V. Composição química e produtividade de procedências e progênes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) cultivadas em Latossolo Vermelho distrófico no Município de Ivaí PR. Curitiba, 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

PENLAND J.G. Dietary boron, brain function, and cognitive performance. *Environmental Health Perspectives* 102:65-72, 1994.

PENLAND J.G. The importance of boron nutrition for brain and psychological function. *Biological Trace Element Research* . 66:299-317, 1998.

REISSMANN, C. B.; ROCHA, H. O. da; KOEHLER, W. C.; CALDAS, R. L. S.; HILDEBRAND, E. E. Bio-elementos em folhas e hastes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) sobre cambisolos na região de Mandirituba – PR. *Revista Floresta*, 14/ 2:49-54, 1983.

REISSMANN, C.B.; RADOMSKI, M.I.; QUADROS, R.M.B. Relação entre os teores totais e hidrossolúveis dos elementos K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn e Al em folhas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, 37:959-971, 1994.

- REISSMANN, C. B.; DUNISCH, O.; BOEGER, M. R. beziehung Zwischen Ernährungsbiologischen (Fe, Mn, Ca) und Strukturellen Merkmale. Ausgewälter morphotypen de matepflanze (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) In HÜTTEL, R.ed. Boden, wald und wasser. Aachen: Shaker Verlag., 2003. p.146-171.
- REISSMANN, C. B.; RADOMSKI, M. I.; QUADROS, R. M. B. de. Chemical Composition of *Ilex paraguariensis*, St. Hil., under Different Management Conditions in Seven Localities of Paraná State. *Archives of Biology and Technology*. 42:187-194, 1999.
- ROBASSA, J. C. Caracterização química de três morfotipos de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) em Latossolo Vermelho escuro álico na região de Ivaí – Pr. 55p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005.
- SAIDELLES, A.P.; KIRCHNER ,R.M.; SANTOS, N.R.Z. dos; FLORES, E.M. de M.; BARTZ, F.R. Análise de metais em amostras comerciais de erva-mate do sul do Brasil. *Alimentos e Nutrição*, 21:259-265, 2010.
- SANTIN, D. ; BENEDETTI, E.L. ; BASTOS, M. C. ; KASEKER, J. F. ; REISSMANN, C. B.; BRONDANI, G.E. & BARROS, N. F. . Crescimento e Nutrição de erva-mate influenciados pela adubaçãonitrogenada, fosfatada e potássica. *Ciência Florestal* (UFSM. Impresso), prelo, 2012.
- SCHERER R.,URFER, P., MAYOL, M.R., BELINGHERI, L.D., MARX ,F. & JANSSENS M.J.J. Inheritance studies of caffeine and theobromine content of Mate (*Ilex paraguariensis*) in Misiones, Argentina. *Euphytica*, 126:203-210, 2002.
- SCHEFFER, M.C. Roteiro para estudos de aspectos agronômicos das plantas medicinais selecionadas pela fitoterapia do SUS-PR/CEMEPAR. *SOB Informa*,v. 11, n. 1, 1990.
- SCHNEIDER, T. Crescimento e teores de B, Cu, Mn, Fe e Zn em *Pinus taeda* L. como resultado da adubação e calagem sob a técnica da omissão de nutrientes. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal do Paraná. 51 p. Curitiba, 2011.
- SILVA, F. C da. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Solos, 1999. 370 p.
- SIMEPAR- Instituto Tecnológico Simepar- Disponível em: <<http://www.simepar.br/tempo/clima/almanaque.jsp>>. Acesso em: 15 out. 2012.
- STOUT, E. R.; R. Soil chemistry in relation to inorganic nutrition of plants. *Annual Review of Plant Physiology* 1: 305-342, 1950.
- STURION, J.A., RESENDE, M.D.V. de. Seleção de Progênes de Erva-mate (*Ilex paragiariensis* St.Hil.) para Produtividade, Estabilidade e Adaptabilidade Temporal de Massa Foliar. *Boletim Pesquisa Florestal*, Colombo,50:37-51,2005.
- VALLEE, B. L. & AULD, D. S. Zinc coordination, function, and structure of zinc enzymes and other proteins. *Biochemistry*, 29: 5647–5659,1990.
- VIERA, M.; SCHUMACHER, M.V. 2009. Concentração e retranslocação de nutrientes em acículas de *Pinus taeda* L. *Ciência Florestal*, 19: 375-382.
- WENDT, S. N., SOUZA V.A.DE, QUOIRIN M., SEBBERNN, A.M., MAZZA M.C., STURION J.A. Caracterização genética de procedências e progênes de *Ilex paraguariensis* St. Hil. utilizando marcadores RAPD. *Scientia Forestalis*, 73: 47-53, 2007.
- ZITTERMANN A. Vitamin D in preventive medicine: are we ignoring the evidence? *British Journal of Nutrition*, 89:552-72, 2003.

ZÖTTL, H. W. Stoffumsätze in Ökosystemen des Schwarzwaldes. Forstwissenschaftliches Centralblatt, Hamburg, 3;105-114, 1987.

6. ANEXOS

ANEXO 1 - Matriz dos coeficientes de correlação (r) de Pearson dos teores nutricionais totais hidrossolúveis de folhas jovens de 24 árvore de erva-mate colhidas na época de pré-Safrinha.

	P ¹		K		Cu		Mn		Fe		Zn		Na		Ca		Mg	
	Total	Hidro	Total	Hidro	Total	Hidro	Total	Hidro	Total	Hidro	Total	-Hidro	Total	Hidro	Total	Hidro	Total	Hidro
P-Total	1.00																	
P-Hidro	0.36	1.00																
K-Total	0.27	0.00	1.00															
K-Hidro	-0.08	0.31	0.30	1.00														
Cu-Total	0.21	0.45*	0.13	-0.05	1.00													
Cu-Hidro	0.02	0.02	-0.04	-0.36	0.10	1.00												
Mn-Total	0.03	-0.51**	0.18	-0.16	-0.29	-0.28	1.00											
Mn-Hidro	-0.22	-0.30	0.19	0.33	-0.20	0.02	0.48*	1.00										
Fe-Total	-0.18	-0.34	0.43*	0.18	-0.36	0.25	0.21	0.59**	1.00									
Fe-Hidro	-0.12	-0.17	0.09	-0.09	-0.03	0.29	-0.18	0.27	0.50**	1.00								
Zn-Total	0.24	-0.04	0.31	-0.11	0.44*	0.07	-0.09	0.12	0.28	0.38	1.00							
Zn-Hidro	0.15	0.00	0.25	-0.32	0.19	0.17	0.05	0.05	0.24	0.57**	0.46*	1.00						
Na-Total	-0.09	-0.42*	0.71**	0.53**	-0.18	-0.13	0.35	0.47**	0.53**	0.03	0.11	-0.03	1.00					
Na-Hidro	0.03	0.17	-0.48	-0.04	0.11	0.01	0.17	0.14	-0.46*	-0.13	-0.22	0.00	-0.34	1.00				
Ca-Total	0.31	0.21	-0.21	-0.34	0.52**	0.28	-0.28	-0.09	-0.22	0.12	0.52**	0.10	-0.45*	0.15	1.00			
Ca-Hidro	0.13	0.16	-0.18	-0.33	0.30	0.42*	-0.02	0.08	-0.10	0.16	-0.11	0.28	-0.33	0.34	0.34	1.00		
Mg-Total	0.23	0.37	-0.45*	-0.25	0.30	0.21	-0.45*	-0.30	-0.34	0.09	0.27	-0.01	-0.62**	0.10	0.81**	0.19	1.00	
Mg-Hidro	0.00	0.5	-0.53**	0.14	0.28	0.13	-0.38	0.02	-0.31	0.05	-0.08	-0.01	-0.44*	0.46*	0.28	0.41*	0.53**	1.00

¹Médias em negrito são correlacionais estatisticamente a 1% (**), 5% (*).

ANEXO 2 - Matriz dos coeficientes de correlação (r) de Pearson dos teores nutricionais totais e hidrossolúveis de folhas jovens de erva-mate da progênie de Barão de Cotequipe 68 colhidas na época de pré-Safrinha.

	P ¹		K		Cu		Mn		Fe		Zn		Na		Ca		Mg	
	Total	Hidro	Total	Hidro	Total	Hidro	Total	Hidro	Total	Hidro	Total	-Hidro	Total	Hidro	Total	Hidro	Total	Hidro
P-Total	1.00																	
P-Hidro	0.97**	1.00																
K-Total	0.70	0.63	1.00															
K-Hidro	-0.06	0.01	0.46	1.00														
Cu-Total	0.93**	0.84*	0.64	-0.03	1.00													
Cu-Hidro	0.25	0.22	-0.22	-0.92**	0.12	1.00												
Mn-Total	-0.40	-0.46	-0.42	0.08	-0.11	-0.28	1.00											
Mn-Hidro	-0.46	-0.51	-0.51	0.04	-0.16	-0.27	0.99**	1.00										
Fe-Total	-0.53	-0.35	-0.58	-0.11	-0.78	0.13	-0.32	-0.25	1.00									
Fe-Hidro	-0.75	-0.70	-0.78	-0.27	-0.74	0.00	0.00	0.11	0.68	1.00								
Zn-Total	0.94**	0.95**	0.78	0.22	0.82*	0.06	-0.36	-0.45	-0.46	-0.86*	1.00							
Zn-Hidro	0.68	0.71	0.07	-0.62	0.52	0.80	-0.31	-0.33	-0.05	-0.39	0.57	1.00						
Na-Total	0.18	0.15	0.79	0.86*	0.20	-0.71	-0.11	-0.18	-0.40	-0.51	0.39	-0.50	1.00					
Na-Hidro	-0.21	-0.28	-0.44	-0.27	0.03	0.13	0.91**	0.89*	-0.35	-0.12	-0.24	0.08	-0.36	1.00				
Ca-Total	0.76	0.66	0.22	-0.51	0.86*	0.50	0.03	0.00	-0.63	-0.47	0.54	0.72	-0.30	0.30	1.00			
Ca-Hidro	0.45	0.29	-0.05	-0.72	0.59	0.57	0.04	0.06	-0.50	-0.06	0.12	0.52	-0.50	0.28	0.87*	1.00		
Mg-Total	0.50	0.58	-0.21	-0.52	0.40	0.50	-0.31	-0.26	0.16	0.09	0.31	0.73	-0.64	-0.09	0.61	0.55	1.00	
Mg-Hidro	0.20	0.26	-0.48	-0.36	0.29	0.17	0.24	0.31	0.03	0.22	0.03	0.40	-0.64	0.32	0.53	0.52	0.82*	1.00

¹Médias em negrito são correlacionais estatisticamente a 1% (**) e 5% (*).

ANEXO 3 - Matriz dos coeficientes de correlação (r) de Pearson dos teores nutricionais totais e hidrossolúveis de folhas jovens de erva-mate da progênie de Barão de Cotegipe 69 colhidas na época de pré-Safrinha.

	P ¹		K		Cu		Mn		Fe		Zn		Na		Ca		Mg	
	Total	Hidro	Total	Hidro	Total	Hidro	Total	Hidro	Total	Hidro	Total	-Hidro	Total	Hidro	Total	Hidro	Total	Hidro
P-Total	1																	
P-Hidro	0.89*	1																
K-Total	-0.07	-0.11	1.00															
K-Hidro	-0.31	-0.06	-0.53	1.00														
Cu-Total	-0.16	-0.05	-0.10	0.82*	1.00													
Cu-Hidro	0.16	0.52	-0.51	0.34	-0.11	1.00												
Mn-Total	-0.57	-0.85*	0.09	-0.04	0.15	-0.76	1.00											
Mn-Hidro	-0.54	-0.49	-0.66	0.60	0.35	0.15	0.49	1.00										
Fe-Total	-0.31	-0.26	-0.90**	0.45	-0.06	0.44	0.12	0.77	1.00									
Fe-Hidro	0.11	0.36	-0.04	0.51	0.42	0.32	-0.59	-0.32	-0.09	1.00								
Zn-Total	-0.26	-0.66	-0.01	-0.32	-0.17	-0.76	0.90	0.32	0.15	-0.70	1.00							
Zn-Hidro	-0.23	-0.05	0.02	0.73	0.78	-0.03	-0.10	0.00	-0.09	0.83*	-0.37	1.00						
Na-Total	-0.93**	-0.86*	0.15	0.44	0.46	-0.37	0.65	0.49	0.15	0.03	0.30	0.48	1.00					
Na-Hidro	-0.86*	-0.81*	-0.06	0.56	0.55	-0.28	0.70	0.73	0.30	-0.14	0.35	0.36	0.94**	1.00				
Ca-Total	0.12	0.05	-0.35	-0.48	-0.79	0.36	-0.05	0.20	0.45	-0.66	0.21	-0.90**	-0.45	-0.32	1.00			
Ca-Hidro	-0.12	0.17	-0.61	0.64	0.33	0.72	-0.22	0.69	0.55	-0.03	-0.38	0.00	0.02	0.29	0.24	1.00		
Mg-Total	0.38	0.25	-0.29	-0.62	-0.85*	0.29	-0.17	-0.05	0.30	-0.57	0.19	-0.90**	-0.66	-0.57	0.95**	0.04	1.00	
Mg-Hidro	0.14	0.29	-0.60	0.75	0.68	0.40	-0.10	0.61	0.36	0.09	-0.24	0.25	-0.03	0.26	-0.13	0.82*	-0.22	1.00

¹Médias em negrito são correlacionais estatisticamente a 1% (**) e 5% (*).

ANEXO 4 - Matriz dos coeficientes de correlação (r) de Pearson dos teores nutricionais totais e hidrossolúveis de folhas jovens de erva-mate da progênie de Ivaí 6 colhidas na época de pré-Safrinha.

	P ¹		K		Cu		Mn		Fe		Zn		Na		Ca		Mg	
	Total	Hidro	Total	Hidro	Total	Hidro	Total	Hidro	Total	Hidro	Total	-Hidro	Total	Hidro	Total	Hidro	Total	Hidro
P-Total	1.00																	
P-Hidro	0.40	1.00																
K-Total	0.53	0.52	1.00															
K-Hidro	0.12	0.29	0.36	1.00														
Cu-Total	-0.14	0.65	0.56	-0.01	1.00													
Cu-Hidro	0.26	-0.44	0.31	-0.53	-0.07	1.00												
Mn-Total	0.18	-0.19	-0.61	-0.37	-0.50	-0.16	1.00											
Mn-Hidro	0.74	0.53	0.92**	0.48	0.34	0.18	-0.32	1.00										
Fe-Total	0.16	0.49	0.43	-0.42	0.62	0.35	-0.47	0.17	1.00									
Fe-Hidro	0.22	0.02	0.55	-0.55	0.47	0.83*	-0.29	0.34	0.65	1.00								
Zn-Total	0.14	0.38	0.75	-0.22	0.77	0.52	-0.64	0.48	0.82*	0.86*	1.00							
Zn-Hidro	0.03	0.32	0.65	-0.33	0.79	0.53	-0.59	0.36	0.81*	0.87*	0.99**	1.00						
Na-Total	-0.10	-0.45	0.17	0.67	-0.37	0.05	-0.38	0.21	-0.58	-0.27	-0.23	-0.30	1.00					
Na-Hidro	-0.17	0.10	0.32	-0.45	0.71	0.37	-0.07	0.15	0.34	0.73	0.65	0.73	-0.36	1.00				
Ca-Total	0.16	0.25	0.48	-0.55	0.68	0.55	-0.11	0.32	0.61	0.90**	0.81*	0.85*	-0.51	0.91**	1.00			
Ca-Hidro	-0.11	-0.07	-0.06	-0.92**	0.37	0.55	0.16	-0.24	0.58	0.75	0.52	0.62	-0.71	0.74	0.82*	1.00		
Mg-Total	0.31	-0.12	0.54	-0.27	0.29	0.70	-0.01	0.51	0.11	0.79	0.55	0.56	0.02	0.75	0.78	0.48	1.00	
Mg-Hidro	-0.36	0.08	0.58	0.29	0.65	0.18	-0.87*	0.30	0.28	0.40	0.67	0.66	0.39	0.46	0.34	0.01	0.32	1.00

¹Médias em negrito são correlacionais estatisticamente a 1% (**) e 5% (*).

ANEXO 5 - Matriz dos coeficientes de correlação (r) de Pearson dos teores nutricionais totais e hidrossolúveis de folhas jovens de erva-mate da progênie de Cascavel 174 colhidas na época de pré-Safrinha.

	P		K		Cu		Mn		Fe		Zn		Na		Ca		Mg	
	Total	Hidro	Total	Hidro	Total	Hidro	Total	Hidro	Total	Hidro	Total	-Hidro	Total	Hidro	Total	Hidro	Total	Hidro
P-Total	1.00																	
P-Hidro	0.11	1.00																
K-Total	0.21	0.39	1.00															
K-Hidro	0.27	0.88*	0.18	1.00														
Cu-Total	-0.26	-0.35	0.46	-0.31	1.00													
Cu-Hidro	-0.33	-0.43	0.14	-0.36	0.35	1.00												
Mn-Total	0.18	-0.13	0.57	-0.02	0.42	0.76	1.00											
Mn-Hidro	0.43	0.47	0.76	0.25	-0.18	0.13	0.50	1.00										
Fe-Total	0.61	-0.54	0.32	-0.40	0.32	0.39	0.66	0.32	1.00									
Fe-Hidro	0.46	-0.31	0.63	-0.39	0.59	0.03	0.39	0.34	0.76	1.00								
Zn-Total	0.28	-0.65	-0.06	-0.60	0.44	-0.25	-0.18	-0.35	0.51	0.70	1.00							
Zn-Hidro	-0.07	-0.43	-0.17	-0.72	-0.08	-0.32	-0.52	-0.11	0.06	0.32	0.60	1.00						
Na-Total	0.50	0.01	0.55	0.26	0.48	0.39	0.82*	0.35	0.67	0.51	0.06	-0.63	1.00					
Na-Hidro	0.47	0.46	-0.25	0.81*	-0.43	-0.29	-0.03	-0.06	-0.14	-0.42	-0.36	-0.69	0.32	1.00				
Ca-Total	0.33	-0.83*	-0.17	-0.54	0.35	0.46	0.46	-0.23	0.83	0.47	0.59	0.04	0.49	-0.06	1.00			
Ca-Hidro	0.04	0.59	0.29	0.64	-0.28	0.40	0.54	0.54	-0.11	-0.41	-0.89*	-0.79	0.38	0.47	-0.30	1.00		
Mg-Total	-0.20	0.10	-0.87*	0.19	-0.70	-0.43	-0.76	-0.55	-0.66	-0.81*	-0.23	0.10	-0.70	0.40	-0.30	-0.09	1.00	
Mg-Hidro	0.11	0.79	-0.22	0.75	-0.79	-0.57	-0.50	0.15	-0.67	-0.67	-0.62	-0.23	-0.38	0.61	-0.74	0.42	0.65	1.00

¹Médias em negrito são correlacionais estatisticamente a 1% (**) e 5% (*).