

Produção, teores de macro e micronutrientes e elementos-traço na erva-mate cultivada com uso de humoativo e cinza leve de biomassa

Gilson José Marcinichen Gallotti¹, Gilcimar Adriano Vogt¹, José Alfredo da Fonseca² e Ana Lúcia Hanisch¹

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação do humoativo e da cinza leve de biomassa sobre a produção, teores de macro e micronutrientes e elementos-traço nas folhas (produto comercial) de erva-mate. Foi conduzido experimento no período de 21/11/2011 a 16/7/2014. As avaliações foram realizadas no final do primeiro e terceiro ciclo. As médias da massa verde comercial (folhas e ramos finos) ($1.992\text{g planta}^{-1}$), da massa de ramos não comerciais (ramos descartados) (642g planta^{-1}), a altura média (201cm) e o diâmetro da copa (120cm) não foram influenciados pelas adubações testadas. Os resultados indicam que o cultivo da erva-mate, em áreas de caíva, com solos tendo altos teores de matéria orgânica, não responde à aplicação de adubação na cova com humoativo e também com as diferentes combinações de adubações de cobertura, do plantio até o primeiro corte comercial. Nas folhas, os teores de elementos-traço mantiveram-se, em níveis abaixo daqueles permitidos pela legislação vigente: Cd, Hg, Se, As e Pb ($<2,0$, $<0,01$, $<4,0$, $<2,0$ e $<2,0$ (unidade, respectivamente), Cr entre 0,53 a 2,0 (unidade) e Ni com valores variando entre 1,0 a 2,0 (unidade).

Termos para indexação: *Ilex paraguariensis*; resíduo industrial; teores minerais; metais pesados.

Production, macro and micronutrients contents and trace elements in yerba mate cultivated with use of active humus and light gray biomass

Abstract - The objective of this study was to evaluate the effect of the application of active humus and light gray on biomass production, macro and micronutrients and trace elements in leaves (commercial product) of yerba mate. An experiment was conducted in the period 11/21/2011 to 7/16/2014. The evaluations were performed at the end of the first and third cycle. The average commercial green mass (leaves and thin branches) (1.992g plant^{-1}), the mass of non-commercial branches (discarded branches) (642g plant^{-1}), the average height (201cm) and the crown diameter (120cm) were not influenced by the tested fertilization. Results indicate that the cultivation of yerba mate in areas caíva with soils with high organic matter content, does not respond to the application of manure in the pit with active humus and also with different combinations of coverage fertilizations, from planting to the first commercial court. The trace elements concentrations in leaves remained at levels below those allowed by law: Cd, Hg, Se, As and Pb (<2.0 , <0.01 , <4.0 , <2.0 <2.0 (unit, respectively), Cr between 0.53 to 2.0 (unit) and Ni with values ranging from 1.0 to 2.0 (unit).

Index terms: *Ilex paraguariensis*; industrial waste; mineral content; heavy metals.

Introdução

O humoativo e a cinza leve de biomassa são resíduos sólidos provenientes da indústria de celulose e papel durante o processo de produção. Para cada tonelada de celulose produzida são gerados cerca de 800 kg de resíduos sólidos (casca, a lama de cal, o lodo ativado e a cinza de caldeira da queima de biomassa) (GUERRA, 2007; BELLOTE et al., 1998), que são as sobras que ocorrem no processamento mecânico, físico ou químico da madeira e que não são incorporadas ao produto final.

O lodo de estação de tratamento de

efluentes (lodo de ETE) - resíduo sólido proveniente do tratamento anaeróbico dos resíduos das fábricas de celulose em lagoas de decantação, que tem se transformado em um produto com possibilidade de uso agrícola, apresenta alta disponibilidade na região do Planalto Norte de Santa Catarina. Nessa região, há uma empresa que capta o lodo de ETE, que é seco e peneirado em leitos cobertos, gerando um produto orgânico com a denominação comercial de Humoativo, um substrato com concentração de nutrientes, registrado para uso em sistemas orgânicos de produção (FONSECA & HANISCH, 2016). A cinza

de biomassa é o resíduo gerado nas caldeiras auxiliares de energia, com a combustão de madeira.

Um dos grandes desafios das indústrias é a disposição final destes resíduos, os quais, geralmente, são destinados a aterros e lixões (SANTOS & ROCHA, 2012).

No Planalto Norte de Santa Catarina, o setor de celulose e papel representa um segmento economicamente importante. Algumas indústrias têm reduzido os problemas com resíduos por meio da reintrodução dos subprodutos como fonte de nutrientes para as plantas e corretivo da acidez dos solos. É o caso ►

Recebido em 1/3/2016. Aceito para publicação em 19/12/2016.

¹ Engenheiro-agrônomo, M.Sc., Estação Experimental de Canoinhas (Epagri/EECan), C.P. 216, 89460-000 Canoinhas, SC, fone: (47) 36274199, e-mail: gallotti@epagri.sc.gov.br, gilcimar@epagri.sc.gov.br, analucia@epagri.sc.gov.br.

² Engenheiro-agrônomo, M.Sc., Epagri/EECan, aposentado, e-mail:zekafonseca@yahoo.com.br

do uso do humoativo e da cinza leve de biomassa.

Além disso, o território em questão é uma das principais regiões de produção e transformação de erva-mate e sua produção tem como elemento central a exploração de ervas nativas (SOUZA, 1998). Inclusive, empresas do setor têm financiado pesquisas para estudar o uso agrícola desses resíduos.

A matéria prima das indústrias ervateiras da região é advinda de colheitas em áreas com remanescentes florestais conhecidos regionalmente como “caívas”. Os solos das caívas são ácidos e têm teores baixos ou muito baixos de fósforo, além de apresentarem, muitas vezes, compactação superficial do solo em decorrência do pisoteio animal contínuo (HANISCH et al., 2014a). Devido a isso, estas áreas apresentam, geralmente, baixa produtividade, podendo os resíduos da indústria de celulose corrigir e suprir nutrientes exportados pela colheita da erva-mate.

A hipótese desta pesquisa é a de que os resíduos cinza de biomassa e humoativo podem ser utilizados como fertilizantes, permitindo suprir nutrientes para o solo e as plantas e mantendo os teores de elementos-traço (metais pesados) abaixo dos limites máximos tolerados pela legislação. Com o reaproveitamento desses resíduos na agricultura, podem-se, minimizar os impactos econômicos e ambientais da disposição final de seus componentes em aterros sanitários.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de humoativo e cinza leve de biomassa, como fonte de nutrientes, sobre a produtividade da erva-mate e os níveis de macronutrientes, micronutrientes e elementos-traço nas folhas das plantas de erva-mate.

Material e métodos

A avaliação foi conduzida no município de Papanduva, SC, no Campo Experimental Salto Canoinhas, da Epagri/Estação Experimental de Canoinhas, em área de caíva, com baixa densidade de



Figura 1. Vista parcial do local de implantação do experimento adubado na base com humoativo e em cobertura com combinações e doses diferentes de humoativo, cinza leve de biomassa e superfosfato triplo. Epagri-Estação Experimental de Canoinhas. Março, 2013

árvores nativas, predominantemente a bracinga *Mimosa scabrella* (Figura 1), no período de 21/11/2011 (plantio) a 16/07/2014 (primeira colheita). O clima da região é úmido com verões amenos do tipo Cfb segundo a classificação de Köppen. As coordenadas geográficas são longitude 50°16'37" Oeste e latitude de 26°22'15" Sul em altitude de 810m.

O solo do local é classificado como Latossolo Bruno Distrófico que apresentava na ocasião da implantação do experimento, na camada de 0-20 cm, as seguintes características: argila m/v = 39%; pH-água 1:1 = 5,2; índice SMP = 5,2; P = 6,0 mg dm⁻³; K = 128 mg dm⁻³; M.O. m/v = 4,6%; Al = 1,2 cmol_c dm⁻³, Ca = 3,2 cmol_c dm⁻³; Mg = 3,1 cmol_c dm⁻³; H + Al = 10,93 cmol_c dm⁻³; CTC pH 7,0 = 17,58; Al (valor m) = 15,01; % Saturação da CTC para Bases = 37,84, por K = 1,86, por Ca = 18,34 e por Mg = 17,63; Relações Ca/Mg = 1,04, Ca/K = 9,84 e Mg/K = 9,46.

O preparo do solo consistiu da abertura de covas (0,3x0,3 x 0,3m), mistura das adubações com o solo e retorno do solo para as covas, no dia do plantio das mudas

O humoativo é resultado do lodo da estação de tratamento de efluentes

(lodo da ETE) - resíduo sólido proveniente do tratamento anaeróbico dos resíduos das fábricas de celulose em lagoas de decantação. Esse lodo é transferido para pilhas de compostagem, onde permanecem por um período de 12 a 16 meses, com revolvimentos mensais. Após esse período, o produto resultante é seco e peneirado em leitos cobertos, gerando um produto orgânico com a denominação comercial de Humoativo (FONSECA & HANISCH, 2016). A cinza de biomassa é o resíduo gerado nas caldeiras auxiliares de energia, com a combustão de madeira.

As características químicas e físicas dos resíduos da indústria de papel e celulose de humoativo e cinza leve de biomassa estão apresentadas na Tabela 1. Adicionalmente, a cinza leve de biomassa, apresentou os seguintes teores de micronutrientes e elementos-traço: cobre total= 38mg kg⁻¹; zinco total = 253mg kg⁻¹; sódio total = 0,11% (m/m); cádmio total = 2mg kg⁻¹; cromo total = 46mg kg⁻¹; níquel total = 40mg kg⁻¹; chumbo total = 16mg kg⁻¹; arsênio total = 12mg kg⁻¹; selênio total = <4mg kg⁻¹; mercúrio total = 0,21mg kg⁻¹. O humoativo apresentou os seguintes teores de micronutrientes: boro total = 11mg kg⁻¹;

Tabela 1. Características químicas e físicas dos resíduos humoativo e cinza de biomassa da indústria de papel e celulose.

Parâmetros	Umidade	Humoativo	Cinza biomassa
pH água		6,5	10,2
Umidade a 75°C	%	56,0	23,0
Carbono orgânico	g kg ⁻¹	440,0	40,0
Densidade	g kg ⁻¹	0,9	0,7
P ₂ O ₅	g kg ⁻¹	8,0	8,9
K ₂ O	g kg ⁻¹	3,6	29,0
Enxofre Total	g kg ⁻¹	8,3	3,3
N Total	g kg ⁻¹	10,0	0,4
CaO	g kg ⁻¹	25,0	41,0
MgO	g kg ⁻¹	4,5	23,0

Fonte: UFRGS- Laboratório de solos da faculdade de Agronomia-Porto Alegre/RS.

coBRE total = 40mg kg⁻¹ e zinco total = 83mg kg⁻¹.

Foi utilizado delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições e dez tratamentos, sendo: 1- testemunha (sem adubação); 2- adubação com humoativo na cova; 3- adubação com humoativo na cova mais humoativo em cobertura com 50% da necessidade de P; 4- adubação com humoativo na cova mais humoativo em cobertura com 100% da necessidade de P; 5- adubação com humoativo na cova mais humoativo em cobertura com 150% da necessidade de P; 6- adubação com humoativo na cova mais cinza em cobertura com 50% da necessidade de P; 7- adubação com humoativo na cova mais cinza em cobertura com 100% da necessidade de P; 8- adubação com humoativo na cova mais cinza em cobertura com 150% da necessidade de P; 9- adubação com humoativo na cova mais humoativo em cobertura com 50% da necessidade de P e cinza em cobertura com 50% da necessidade de P; 10- adubação com humoativo na cova mais adubação química em cobertura com 100% da necessidade de P. A necessidade de P foi baseada na recomendação de adubação da CQFS (2004).

As mudas de erva-mate foram adquiridas de viveiro credenciado, o espaçamento utilizado no plantio foi de 2m x 2m, correspondendo a 2500 plantas ha⁻¹. Cada parcela foi constituída de 16 plantas, sendo para fins de análise utilizadas as 10 melhores plantas por par-

cela. As adubações foram realizadas no plantio com aplicação de humoativo na cova (1,9 kg), correspondendo a 4750 kg/ha, base seca, em função da disponibilidade de P no solo. As adubações de cobertura (base seca) foram realizadas em 5/9/2012, após a poda de formação, correspondendo a 50%, 100% e 150% da necessidade de P, conforme análise do solo. No caso do humoativo, foram 1136 gramas (2840kg/ha), 2272 gramas (5680kg/ha) e 3408 gramas, (8520kg/ha), respectivamente. Com o uso de cinza leve de biomassa, foram 597 gramas (1493kg/ha), 1194 gramas (2985kg/ha) e 1791 gramas (4478kg/ha), referentes,

Tabela 2. Altura da planta, diâmetro da copa, massa verde de folhas e massa verde de galhos de erva mate, no terceiro ano após o plantio, adubadas na base com humoativo (H) e em cobertura com diferentes combinações de humoativo (H) e cinza de biomassa (C) e adubo mineral (A). Papanduva, 2014.

Tratamentos	Altura (cm)	Diâmetro da copa (cm)	Massa verde de folhas (g planta ⁻¹)	Massa verde de galhos (g planta ⁻¹)
Testemunha	203	117	1949	603
H	214	119	2303	860
H + 50%H	199	123	1835	547
H + 100%H	208	122	1970	581
H + 150%H	217	128	2359	798
H + 50%C	195	114	1660	508
H + 100%C	180	118	1942	611
H + 150%C	200	120	2028	698
H + 50%H+50%C	211	125	2332	761
H + 100%A	182	116	1639	451
Média	201	120	1992	642
C.V.%	13,0	10,6	26,3	39,7
Valor de F (Tratamentos)	0,77 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,90 ^{ns}	1,09 ^{ns}

* As adubações de humoativo na cova no momento do plantio e as adubações de cobertura realizadas, após a poda de formação, correspondendo a 50%, 100% e 150% da necessidade de P, basearam-se na recomendação de adubação da CQFS (2004). Epagri, Estação Experimental de Canoinhas.

respectivamente às necessidades de 50%, 100% e 150%. Na adubação química em cobertura utilizou-se o superfostato triplo na dose de 17,77 gramas (44,43kg/ha).

Para o controle das ervas daninhas foram utilizados o controle mecânico (capina), no inverno, uma vez/ano, deixando o material sobre o solo. O controle químico, com o princípio ativo glifosato, realizou-se uma vez/ano, no verão.

As avaliações foram realizadas no final do primeiro ciclo, em 3/9/2012, com poda de formação e coleta de folhas para análise de macro, micronutrientes e elementos-traço; no final do terceiro ciclo, em 23/6/2014, com a coleta de folhas para análise de macro e micronutrientes (TEDESCO et. al., 1995), e elementos-traço (USEPA, 1999); em 16/7/2014 com a colheita, coleta de dados de altura, diâmetro, peso da parte comercial e peso dos galhos descartados. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e ao teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Resultados e discussão

Os dados de massa comercial (folhas e ramos finos), de massa de ramos não ►

comerciais (ramos descartados, com diâmetros superiores aos exigidos pelo mercado), de altura média e de diâmetro da copa, no terceiro ano após o plantio, estão apresentados na Tabela 2.

No terceiro ano após o plantio, as médias da massa verde comercial (folhas e ramos finos) ($1.992\text{g planta}^{-1}$), da massa de ramos não comerciais (ramos descartados) (642g planta^{-1}), a altura média (201cm) e o diâmetro da copa (120cm) não foram influenciados pelas adubações testadas (teste F, a nível de 5% de probabilidade). Isso se deve ao fato de o solo onde foi implantado o experimento, apresentar altos teores de matéria orgânica ($m/v = 4,6\%$) e provável boa estrutura do solo (avaliação visual) por não ter havido pisoteio de animais por mais de uma década, sendo mantido com cobertura de pastagem natural - condições que fizeram com que a erva-mate não respondesse à aplicação de adubação na cova com humoativo e também com as diferentes combinações de adubações de cobertura. Os teores de P na área experimental eram baixos; os de Ca, médios; e havia considerável acidez potencial e trocável (Al), segundo CQFS-RS/SC (2004), mostrando que a erva-mate é bastante tolerável a condições de baixa fertilidade do solo e à acidez. É provável que, adubações futuras sejam necessárias, em função da elevada exportação de nutrientes, que ocorre a cada colheita da erva-mate. Neste ambiente de caíva, geralmente os solos têm menor fertilidade e são mais compactados, em função da exploração com bovinos sem a devida reposição de nutrientes exportados. Além disso, muitas vezes, esses ambientes são explorados com elevada carga animal, sem piqueteamento, contribuindo para a compactação. Em trabalhos realizados em caívas, em solos com menor fertilidade e mais compactados, onde houve adubações de pastagens de azevém + ervilhaca e pastagem nativa de verão, houve resposta significativa à adubação com fosfato natural e cinza calcítica (HANISCH et al., 2014b). Os teores de macronutrientes, micronu-

trientes e elementos-traço, nas folhas, são apresentados nas tabelas 3, 4 e 5.

Os macronutrientes N, P, K, Ca e S tiveram seus teores diminuídos para todos os tratamentos no terceiro ano após o plantio, quando comparados com os teores do primeiro ano. O teor de Mg, entre os macronutrientes aumentou seu teor nas folhas ao final do terceiro ano, quando comparado com o primeiro ano, em todos os tratamentos. Os micronutrientes Zn, Cu e Fe tiveram seus teores diminuídos nas folhas ao final do terceiro ano em relação ao primeiro ano e o micronutriente B aumentou ao final do terceiro ano. O micronutriente Mn, de forma geral, apresentou teores elevados, variando conforme o tratamento, estando dentro da normalidade, visto que tais concentrações já foram observadas por outros autores (HEINRICHES & MALAVOLTA, 2001). Apenas na testemunha houve redução do teor de Mn no terceiro ano em relação ao primeiro ano. Não houve diferença no teor de Na entre os tratamentos e entre os anos.

Os elementos-traço (medidos em mg/kg), a saber, Cd ($< 0,2$), Hg ($< 0,01$), Se (< 4), As (< 2), Pb (< 2) e Ni com valores variando entre 1e 2, e Cr (com valores variando de 0,53 a 2) mantiveram-se em níveis abaixo do que é permitido pela legislação vigente para a erva-mate (BRASIL, 2013) e abaixo ou semelhantes aos de outros trabalhos que mensuram teores para a erva-mate (FRIETTO, 2008; SAIDELLES et al., 2010; SAIDELLES, et al., 2013). Analisando amostras de erva-mate adquiridas comercialmente em diferentes estabelecimentos dos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, Saideles et al. (2010) encontraram, na média das amostras de cada estado, os seguintes valores: para Cd 0,43, 1,206 e 0,352 ($\mu\text{g.g}^{-1}$); para Cr: 1,365, 1,295 e 1,634 ($\mu\text{g.g}^{-1}$); para Ni: 4,208, 3,93 e 4,676 ($\mu\text{g.g}^{-1}$), respectivamente, concluindo que as concentrações foram diferenciadas, mas dentro do limite permitido. Fonseca & Hanisch (2016), trabalhando com a cultura da couve-flor, não observaram efeitos das doses de

humoativo de 17, 34, 51, 68, 85 e 102 t/ha⁻¹, sobre os teores de elementos-traço no tecido foliar da couve-flor em função dos diferentes tratamentos aplicados.

Nas condições testadas, os resultados desta pesquisa permitem concluir que não há problemas de contaminação do produto erva-mate com a utilização, como insumos, de humoativo na dose de 4.750 kg/ha (base seca) no plantio; e de humoativo e cinza leve de biomassa nas doses máximas em cobertura de 8.520 kg/ha e 4.478 kg/há, respectivamente.

Conclusão

1. A utilização de humoativo na adubação de base e de humoativo e cinza leve de biomassa nas adubações de cobertura, isolados ou combinados, e a utilização de adubo mineral em cobertura, não afetaram os teores de elementos-traço nas folhas da erva-mate, os quais se mantiveram dentro dos limites da legislação.

2. A cultura da erva-mate, cultivada em solos de caíva, com altos teores de matéria orgânica e boa estrutura de solo, como é o caso da presente pesquisa, não foi responsiva na produção de massa verde, à aplicação de adubação na cova com humoativo e também com as diferentes combinações de adubações de cobertura até o terceiro ano de cultivo.

Agradecimentos

Os autores agradecem à empresa MWV Rigesa, hoje WestRock Company, pelo financiamento da pesquisa.

Referências

CQFS – RS/SC. Comissão de Química e Fertilidade do Solo-RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina/Sociedade Brasileira de Ciência do solo**. 10.ed. Comissão Química e Fertilidade do solo. Porto Alegre, 2004. 394p.

HANISCH, A.L.; BALBINOT JÚNIOR, A.A.;

Tabela 3. Teores de macronutrientes em folhas e talos de erva-mate, no primeiro e terceiro ano após o plantio, adubada na base com humoativo (H) e em cobertura em diferentes combinações de adubação de humoativo (H), cinza de biomassa (C) e adubo mineral (A). Papanduva, 2014.

Tratamentos	N (mg kg ⁻¹)			P (mg kg ⁻¹)			K (mg kg ⁻¹)			Ca (mg kg ⁻¹)			Mg (mg kg ⁻¹)			S (mg kg ⁻¹)		
	Ano 1	Ano 3	ŷ	Ano 1	Ano 3	ŷ	Ano 1	Ano 3	ŷ	Ano 1	Ano 3	ŷ	Ano 1	Ano 3	ŷ	Ano 1	Ano 3	ŷ
Testemunha	2,75	1,80	2,28	0,12	0,09	0,11	3,57	2,49	3,03	0,75	0,64	0,70	0,67	0,85	0,76	0,13	0,09	0,11
H	2,75	1,78	2,26	0,12	0,10	0,11	3,43	1,53	2,48	0,90	0,93	0,91	0,70	1,04	0,87	0,13	0,10	0,12
H + 50%H	2,70	1,95	2,33	0,12	0,11	0,12	3,75	2,58	3,17	0,86	0,65	0,76	0,67	0,75	0,71	0,14	0,09	0,12
H + 100%H	2,58	1,78	2,18	0,12	0,09	0,10	3,92	1,94	2,93	0,88	0,74	0,81	0,63	0,87	0,75	0,14	0,10	0,12
H + 150%H	2,63	1,65	2,14	0,11	0,09	0,10	3,90	2,61	3,26	0,88	0,69	0,78	0,66	0,77	0,72	0,13	0,09	0,11
H + 50%C	2,48	1,80	2,14	0,12	0,10	0,11	4,00	1,86	2,93	0,84	0,69	0,77	0,64	0,82	0,73	0,13	0,10	0,11
H + 100%C	2,45	2,03	2,24	0,12	0,11	0,11	3,72	2,52	3,12	0,89	0,65	0,77	0,66	0,80	0,73	0,14	0,10	0,12
H + 150%C	2,80	1,80	2,30	0,12	0,10	0,11	3,87	2,49	3,18	0,94	0,68	0,81	0,69	0,75	0,72	0,14	0,10	0,12
H + 50%H+50%C	2,53	1,80	2,16	0,12	0,09	0,10	4,27	1,88	3,08	0,87	0,80	0,84	0,63	0,86	0,75	0,13	0,10	0,11
H + 100%A	2,43	1,90	2,16	0,11	0,13	0,12	3,37	1,70	2,53	0,85	0,77	0,81	0,66	0,96	0,81	0,13	0,11	0,12
Média	2,61A	1,83B	2,22	0,12A	0,10B	0,11	3,78A	2,16B	2,97	0,87A	0,72B	0,79	0,66B	0,85A	0,75	0,13A	0,10B	0,11
C.V. (%)	10,29			15,47			23,29			14,83			15,88			11,01		
F (Trat.)	0,764^{ns}			0,955^{ns}			1,176^{ns}			1,864^{ns}			1,407^{ns}			0,466^{ns}		
F (Ano)	233,567^{**}			16,314^{**}			109,666^{**}			28,512^{**}			49,328^{**}			157,791^{**}		
F (Interação)	1,535^{ns}			1,057^{ns}			0,887^{ns}			1,094^{ns}			1,193^{ns}			0,744^{ns}		

Fonte: UFRGS- Laboratório de solos da faculdade de Agronomia-Porto Alegre/RS. Método das análises: Elementos-traço (USEPA, 1999); Nutrientes (TEDESCO et al.,1995). ** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ^{ns} não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Tabela 4. Teores de micronutrientes em folhas e talos de erva-mate, no primeiro e terceiro ano após o plantio, adubada na base com humoativo (H) e em cobertura em diferentes combinações de adubação de humoativo (H), cinza de biomassa (C) e adubo mineral (A). Papanduva, 2014.

Tratamentos	B (mg kg ⁻¹)			Zn (mg kg ⁻¹)			Cu (mg kg ⁻¹)			Mn (mg kg ⁻¹)			Fe (mg kg ⁻¹)			Na (mg kg ⁻¹)		
	Ano1	Ano 3	ŷ	Ano1	Ano 3	ŷ	Ano1	Ano 3	ŷ	Ano1	Ano 3	ŷ	Ano1	Ano 3	ŷ	Ano1	Ano 3	ŷ
Testemunha	26,5	35,8	31,1	17,0	10,8	13,9	9,8	7,3	8,5	1600A	506B	1053	194,0	51,3	122,6	25,5	35,5	30,5
H	36,5	40,5	38,5	27,0	11,8	19,4	8,5	7,3	7,9	1181A	1079A	1130	217,8	50,3	134,0	24,0	42,8	33,4
H + 50%H	33,0	35,0	34,0	25,5	12,5	19,0	9,5	9,3	9,4	989A	651A	820	230,0	51,3	140,6	24,3	30,0	27,1
H + 100%H	35,0	43,8	39,4	27,3	11,3	19,3	9,5	8,5	9,0	1150A	1012A	1081	176,5	54,5	115,5	30,8	42,3	36,5
H + 150%H	36,0	44,3	40,1	29,3	15,0	22,1	9,0	7,5	8,3	1029A	830A	930	227,0	70,0	148,5	31,3	32,8	32,0
H + 50%C	32,3	36,5	34,4	30,3	12,0	21,1	9,0	7,3	8,1	869A	834A	851	219,8	64,0	141,9	29,5	24,3	26,9
H + 100%C	34,3	37,5	35,9	26,5	13,0	19,8	9,5	10,0	9,8	1032A	637A	834	207,3	53,8	130,5	26,3	33,8	30,0
H + 150%C	35,0	45,8	40,4	25,0	14,8	19,9	10,0	8,0	9,0	1055A	709A	882	167,8	56,8	112,3	28,5	26,8	27,6
H + 50%H+50%C	30,5	46,3	38,4	32,8	8,7	20,7	8,3	7,7	8,0	979A	897A	938	180,0	52,0	116,0	20,0	43,0	31,5
H + 100%A	33,3	45,3	39,3	30,8	21,0	25,9	8,5	6,8	7,6	1122A	927A	1024	186,5	57,8	122,1	20,0	20,3	20,1
Média	33,2B	41,1A	37,1	27,1A	13,1B	20,1	9,2A	7,9B	8,5	1045	842	943	200,7A	56,2B	128,4	26,0	33,1	29,6
C.V. (%)	17,83			35,18			17,77			31,57			36,31			57,19		
F (Trat.)	1,776^{ns}			1,427^{ns}			1,719^{ns}			1,084^{ns}			0,583^{ns}			0,558^{ns}		
F (Ano)	27,994^{**}			79,070^{**}			12,658^{**}			18,856^{**}			192,125^{**}			3,552^{ns}		
F (Interação)	0,889^{ns}			0,972^{ns}			0,698^{ns}			2,071[*]			0,431^{ns}			0,567^{ns}		

Fonte: UFRGS- Laboratório de solos da faculdade de Agronomia-Porto Alegre/RS. Método das análises: Elementos-traço (USEPA, 1999); Nutrientes (TEDESCO et al., 1995). ** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ^{ns} não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Tabela 5. Teores de elementos-traço em folhas e talos de erva-mate, no primeiro e terceiro ano após o plantio, adubada na base com humoativo (H) e em cobertura em diferentes combinações de adubação de humoativo (H), cinza de biomassa (C) e adubo mineral (A). Papanduva, 2014.

Tratamentos	Cd (mg kg ⁻¹)		Hg (mg kg ⁻¹)		Se (mg kg ⁻¹)		As (mg kg ⁻¹)		Pb (mg kg ⁻¹)		Ni (mg kg ⁻¹)		Cr (mg kg ⁻¹)				
	Ano 1	Ano 3	Ano 1	Ano 3	Ano 1	Ano 3	Ano 1	Ano 3	Ano 1	Ano 3	Ano 1	Ano 3	Ano 1	Ano 3			
Testemunha	<0,2	<0,2	0,01	0,01	0,01	<4,0	<4,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	1,00	2,00	1,50	0,95aA	1,25bcA	1,10
H	<0,2	<0,2	0,01	0,01	0,01	<4,0	<4,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	0,90	2,00	1,45	0,80aB	2,00aA	1,40
H + 50%H	<0,2	<0,2	0,01	0,01	0,01	<4,0	<4,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	0,93	1,50	1,21	0,68aB	1,25bcA	0,96
H + 100%H	<0,2	<0,2	0,01	0,01	0,01	<4,0	<4,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	1,00	2,00	1,50	0,70aB	1,75abA	1,23
H + 150%H	<0,2	<0,2	0,01	0,01	0,01	<4,0	<4,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	0,93	2,00	1,46	0,80aB	1,25bcA	1,03
H + 50%C	<0,2	<0,2	0,01	0,01	0,01	<4,0	<4,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	0,93	1,75	1,34	0,95aB	1,50abcA	1,23
H + 100%C	<0,2	<0,2	0,01	0,01	0,01	<4,0	<4,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	1,00	1,25	1,13	0,70aB	1,25bcA	0,98
H + 150%C	<0,2	<0,2	0,01	0,01	0,01	<4,0	<4,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	1,20	2,00	1,60	0,65aB	1,00cA	0,83
H + 50%H+50%C	<0,2	<0,2	0,01	0,01	0,01	<4,0	<4,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	0,88	2,00	1,44	0,53aB	1,67abA	1,10
H + 100%A	<0,2	<0,2	0,01	0,01	0,01	<4,0	<4,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	0,85	1,25	1,05	0,58aB	2,00aA	1,29
Média			0,01	0,01	0,01							0,96B	1,78A	1,37	0,73	1,49	1,11
C.V. (%)				18,52									33,00			25,72	
F (Trat.)					0,972^{ns}								1,285^{ns}			2,941^{**}	
F (Ano)					3,662^{ns}								65,224^{**}			140,893^{**}	
F (Interação)					0,972^{ns}								0,941^{ns}			3,977^{**}	

Fonte: UFRGS- Laboratório de solos da faculdade de Agronomia-Porto Alegre/RS. Método das análises: Elementos-traço (USEPA, 1999); Nutrientes (TEDESCO et al., 1995). ** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ^{ns} não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

VEIGA, M.; FONSECA, J.A. Atributos de solo afetados pela aplicação de cinza calcítica® e fosfato natural em ecossistema associado caíva. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, SC, v. 27, n. 2, p. 70-75, 2014a.

HANISCH, A. L.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; ALMEIDA, E. X. de; VOGT, G. A. Produção de forragem em ecossistema associado de caíva em função da aplicação de cinza calcítica e fosfato natural do solo. **Agropecuária Catarinense**, v. 27, n.3, p. 63-67, 2014b.

HEINRICH, R.; MALAVOLTA, E. Composição Mineral do produto comercial da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill). **Ciência Rural**, v.31, n.5, p.781-785, 2001.

BELLOTE, A.F.J.; SILVA, H.D.; FERREIRA, C.A.; ANDRADE, G.C. Resíduos da indústria de celulose em plantios florestais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 37, p. 99-106, 1998.

BRASIL. Resolução – DRC n.42, de 29 de agosto de 2013. **Diário Oficial da União** – Seção 1, n.168, sexta-feira, 30 de agosto de 2013.

FONSECA, J.A.; HANISCH, A.L. Efeito de Humoativo comercial na produtividade de couve-flor no estado de Santa Catarina. **Revista**

Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.10, n.2, p.245-250, 2015.

FRIETTO, A.L. **Avaliação de contaminantes metálicos e impactos ambientais no cultivo e processamento de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill)**. 2008. 91f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Universidade de Santa Cruz do Sul, RS, 2008.

GUERRA, M.A.S.L. **Avaliação de indicadores biológicos e físico-químicos no composto orgânico produzido a partir de resíduos da indústria de celulose**. 2007. 70f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

SAIDELLES, A P F; KIRCHNER, R.M.; FLORES, E.M. de M.; SANTOS, N.R.Z.; BENEDETTI, J.K.; CRUZ, L.C. Determinação de Cu, Ni e Zn por IPC-MS em infusões da erva-mate comercializadas nas regiões do sul do Brasil. **Alim. Nutr.=Braz. J. Food. Nutr.**, Araraquara, SP, v.24, n. 3, p.283-289, 2013.

SAIDELLES, A. P. F; KIRCHNER, R. M.; SANTOS, N. R. Z.; FLORES, E. M. de M.; BARTZ, F. R. Análise de metais em amostras comerciais de erva-mate do sul do Brasil. **Alim. Nutr.=Braz. J. Food. Nutr.**, Araraquara, SP,

v.21, n.2, p.259-265, 2010.

SANTOS, E.D.; ROCHA, I.J.B. da Gerenciamento dos resíduos sólidos: Estudo de caso de uma indústria de papel tissue em Campina Grande-PE. **Polêmica**, v.11, n. 4, p.707-716, 2012.

SOUZA, A.M. **Dos ervais ao mate: possibilidades de revalorização dos ervais tradicionais: processos de produção e de transformação de erva-mate no planalto norte catarinense**. 1998. 124p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 1998.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS/ Departamento de Solos, 1995. 174p.

USEPA. **Soil screening guidance: thechnical background document**. Washington, EPA, Office of Solid Waste and Emergency Response, 1999. ■