

CLEITON HENRIQUE DE SEQUEIRA

**DISPONIBILIDADE DE MICRONUTRIENTES EM SOLOS E SUA
CORRELAÇÃO COM TEORES FOLIARES EM POVOAMENTOS
JOVENS DE EUCALIPTO**

**Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição
de Plantas, para obtenção do título de *Magister
Scientiae*.**

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2007**

CLEITON HENRIQUE DE SEQUEIRA

**DISPONIBILIDADE DE MICRONUTRIENTES EM SOLOS E SUA
CORRELAÇÃO COM TEORES FOLIARES EM POVOAMENTOS
JOVENS DE EUCALIPTO**

**Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição
de Plantas, para obtenção do título de *Magister
Scientiae*.**

APROVADA: 19 de outubro de 2007.

Prof. Roberto Ferreira Novais
(Co-Orientador)

Prof. Renildes Lúcio Ferreira Fontes

Profa. Hermínia Emília P. Martinez

Prof. Haroldo Nogueira de Paiva

Prof. Nairam Félix de Barros
(Orientador)

“SÓ EXISTE DOIS DIAS NO ANO QUE NADA PODE SER FEITO. UM SE CHAMA ONTEM E O OUTRO SE CHAMA AMANHÃ, PORTANTO HOJE É O DIA CERTO PARA AMAR, ACREDITAR, FAZER E PRINCIPALMENTE VIVER”.

(DALAI LAMA)

A Deus

Aos meus pais José e Neusa

À minha irmã Cássia

À amada Fernanda

Aos meus amigos

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização dos cursos de graduação e pós-graduação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de estudo durante o mestrado.

Ao professor Nairam Félix de Barros, pela oportunidade, confiança, paciência, exemplo e ensinamentos.

Aos funcionários da UFV por toda a ajuda, colaboração e convívio: Luciana, Sônia, Cardoso, Beto, Zé Luís, Geraldo, Carlinhos, Carlos Fonseca, Ciro e Jorge Orlando.

Aos professores Júlio César Lima Neves, Roberto Ferreira Novais, Ivo Ribeiro da Silva, Renildes Lúcio Ferreira Fontes, Hermínia Emília P. Martinez, Haroldo Nogueira de Paiva, Victor Hugo Alvarez Venegas e Maurício Dutra Costa pelas sugestões, ensinamentos e exemplo de profissionalismo.

Aos amigos os quais tive a oportunidade de compartilhar momentos marcantes de minha vida, em especial Digão, Mauricinho, Paçoca, Binho, Thiago, Aloísinho, Alexandre, Fabão, Fabiano, Gustavo e Marcão.

À minha mãe Neusa pelo seu constante incentivo à minha formação acadêmica, por minha formação moral, pelos conselhos, pela amizade e pelo amor. À minha irmã pela força e aconselhamento em momentos especiais de minha vida, sejam tristes ou felizes, durante o decorrer de minha formação.

A Deus, por tudo.

SUMÁRIO

RESUMO.....	v
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	3
2.1. COLETA DE AMOSTRAS DE SOLO E SUAS ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS.....	4
2.2. COLETA DE AMOSTRAS FOLIARES E SUAS ANÁLISES QUÍMICAS	5
2.3. ANÁLISE DOS DADOS	6
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	8
3.1. TEORES DE CU, MN, FE E ZN DISPONÍVEIS NO SOLO.....	8
3.2. CORRELAÇÃO ENTRE TEORES DE CU, MN, FE E ZN NO SOLO E NA PLANTA (FOLHA)	13
3.3. INFLUÊNCIA DE PROPRIEDADES DO SOLO NOS TEORES FOLIARES DE CU, MN, FE E ZN	23
3.4. INFLUÊNCIA DO MATERIAL GENÉTICO NOS TEORES FOLIARES DE CU, MN, FE E ZN	26
4. CONCLUSÕES.....	27
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
6. APÊNDICE	32

RESUMO

SEQUEIRA, Cleiton Henrique, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2007. **Disponibilidade de micronutrientes em solos e sua correlação com teores foliares em povoamentos jovens de eucalipto.** Orientador: Nairam Félix de Barros. Co-Orientadores: Júlio César Lima Neves, Roberto Ferreira Novais e Ivo Ribeiro da Silva.

O eucalipto é a essência florestal que se destaca no Brasil em área plantada, com 3,4 milhões de hectares. A utilização do solo em sucessivas rotações, a elevada produtividade e a plantação de clones contribuem para o aparecimento de sintomas de deficiência de micronutrientes como Cu, Mn, Fe e Zn. Este trabalho teve por objetivos: 1) avaliar a disponibilidade de Cu, Mn, Fe e Zn para eucalipto em diferentes solos do Estado de Minas Gerais; 2) correlacionar o estado nutricional das plantas com a capacidade de suprimento de nutrientes e características do solo; 3) avaliar o estado nutricional de diferentes clones. Amostras de solo de 0 a 20 cm de profundidade, e de folhas nas posições proximais e distais de ramos na posição mediana do terço basal (B1 e B2, respectivamente), e nas posições proximais e distais de ramos na posição mediana do terço apical da copa de árvores de eucalipto (A1 e A2, respectivamente) foram coletadas em plantios em seis regiões do Estado de Minas Gerais. No solo, foram determinados os teores de carbono orgânico total e de argila, pH e os teores de Cu, Mn, Fe e Zn extraídos por Mehlich-1, Mehlich-3 e DTPA. Nas folhas, foram determinados os teores de Cu, Mn, Fe e Zn. Os maiores teores de Cu, Mn, Fe e Zn do solo foram obtidos com os extratores Mehlich-1 e Mehlich-3 e os menores com DTPA. Os teores de Cu, Fe e Zn pelos extratores Mehlich-1 e Mehlich-3 apresentaram alta correlação entre si, e dependentes da estratificação dos solos em classes texturais. O Mehlich-1 foi o melhor extrator na avaliação da disponibilidade dos micronutrientes, de modo geral. Os teores de Cu, Mn e Zn nas folhas apresentaram correlação significativa e positiva com os teores de Cu, Mn e Zn pelos três extratores, enquanto que os de Fe correlacionaram-se negativamente com os teores disponíveis pelos extratores Mehlich-1 e Mehlich-3, e não mostraram correlação significativa com os do DTPA. A melhor correlação para Cu, Fe e Zn foi obtida com folhas da posição B1, e para Mn com folhas da posição A1. Os teores de carbono orgânico total e argila e o pH do solo, quando considerados juntamente com o teor dos micronutrientes catiônicos no solo, contribuíram para aumentar significativamente o poder dos modelos em estimar o teor foliar desses nutrientes. Nos modelos de regressão múltipla, os teores foliares de Cu e

de Fe correlacionaram-se positivamente com os teores de matéria orgânica e argila, o teor foliar de Mn correlacionou-se negativamente com o teor de matéria orgânica e com o pH do solo. No caso do Zn, não houve melhora significativa dos modelos originais com a inclusão dessas propriedades. A inclusão dessas propriedades fez com que os resultados para Mehlich-3 e DTPA se aproximassem daqueles do Mehlich-1 na predição dos teores foliares dos micronutrientes. Os clones de *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus camaldulensis*, híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, e híbridos de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus urophylla* não se diferenciaram quanto aos teores foliares de Cu, Mn, Fe e Zn, e um modelo geral para *Eucalyptus* foi adotado para correlacionar teores foliares com teores no solo. Os resultados deste estudo indicam a necessidade de se considerarem às características de solo na estimativa dos teores foliares de micronutrientes catiônicos para o eucalipto.

ABSTRACT

SEQUEIRA, Cleiton Henrique, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October, 2007.
Availability of micronutrients in soils and its correlation with foliar contents in young plantations of eucalyptus. Adviser: Nairam Félix de Barros. Co-Advisers: Júlio César Lima Neves, Roberto Ferreira Novais and Ivo Ribeiro da Silva.

Eucalypt is the most widely planted forest species in Brazil, reaching 3.4 million hectares. The utilization of the soil in ongoing rotations, the high yield and the use of highly productive clones lead to the occurrence of deficiency symptoms of micronutrients as Cu, Mn, Fe and Zn. The aims of this work were: 1) to evaluate the availability of Cu, Mn, Fe and Zn for eucalypts in different soils of the State of Minas Gerais; 2) to correlate tree nutritional status with both the capability of nutrient supply and characteristics of soil; 3) to evaluate the nutritional status of different clones. Samples were collected from the 0-20 cm soil layer, and leaf samples from two positions of the tree canopy: a) the upper third (A), or b) the bottom third (B). From each crown portion, completely expanded leaves from proximal (1) and distal (2) positions of the branch were collected. Eucalypt plantations from six regions of the State of Minas Gerais were sampled. The soil samples were analyzed for total organic carbon and clay contents, pH, and Cu, Mn, Fe and Zn contents extracted by Mehlich-1, Mehlich-3 and DTPA. In the leaves were determined Cu, Mn, Fe, and Zn contents. Mehlich-1 and Mehlich-3 were the most effective extractors for all micronutrients analyzed. Copper, Fe and Zn contents by Mehlich-1 and Mehlich-3 extractors showed high correlation to each other, but the value of the correlation coefficient depended on soil textural classes. In general, Mehlich-1 was the best extractor in evaluating the micronutrient availability. Copper, Mn and Zn leaf content showed both significant and positive correlation with soil Cu, Mn and Zn availability by the three extractors, while for Fe leaf content was negatively correlated with the available contents by Mehlich-1 and Mehlich-3 extractors. No significant correlation was observed between nutrients in the leaves and in the soil when DTPA was used as extractor. The best correlation between Cu, Zn, and Fe, in the soil, with these nutrients in the plant was obtained using leaves from the position B1; for Mn, the best correlation was for leaves from A1 position. Soil total organic carbon and clay contents and pH, along with soil nutrient content, improved significantly the power of the regression models in estimating the respective nutrient content in the leaf. In the multiple regression models the foliar Cu

and Fe contents correlated in a positive way with both organic matter and clay contents. Foliar Mn content correlated negatively with both organic matter contents and pH soil. Considering soil properties improved the predicting capacity of the regressions especially for Mehlich-3 and DTPA extractors. No difference in leaf micronutrient content was detected among clones of *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus camaldulensis*, hybrids of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, and hybrids of *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus urophylla*, and a general model for *Eucalyptus* was accepted to estimate foliar micronutrient content from soil micronutrient availability. Our results indicated the importance of considering soil properties to estimate eucalypt foliar micronutrient content.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de celulose e papel do mundo, e as atividades relacionadas às florestas plantadas contribuem com cerca de 4 % do Produto Interno Bruto (PIB) do país. O eucalipto é a essência florestal que se destaca, com uma área plantada de 3,4 milhões de hectares (SBS, 2006). A maior parte dos plantios tem ocupado áreas de pastagens degradadas e solos de baixa fertilidade natural. Mesmo sendo considerada uma essência florestal pouco exigente quanto à fertilidade do solo, elevados ganhos de produtividade do eucalipto têm sido obtidos pela aplicação de adubos (Barros & Novais, 1996; Barros et al., 2005).

Até recentemente, os programas de adubação de eucalipto estiveram voltados ao suprimento de macronutrientes, com poucas empresas utilizando micronutrientes, à exceção do boro (B) (Pinheiro, 1999; Bouchardet, 2002). Contudo, com a elevada produtividade florestal que se consegue e o plantio de clones aparentemente mais exigentes nutricionalmente, a deficiência de outros micronutrientes, especialmente cobre (Cu) e zinco (Zn), em áreas de Cerrado, e de ferro (Fe) e manganês (Mn), no litoral da região Sudeste e Sul da Bahia, tem sido detectada com maior frequência.

A deficiência de Cu tem causado mais danos físicos às plantações, pois as árvores com este problema apresentam galhos alongados e frágeis que se quebram com facilidade, com conseqüente deformação da copa. A deficiência de Zn é mais freqüente no período de seca, e redundando em plantas de tamanho reduzido, com entre-nós mais curtos e folhas novas pequenas e afiladas (Marschner, 1995; Dell et al., 2001). As deficiências de Fe e Mn têm ocorrido em plantações e brotações jovens, sendo comuns em solos mais arenosos. Observações de campo mostram que, em geral, os sintomas de deficiência dos micronutrientes catiônicos desaparecem com o avanço da idade das plantas.

À exceção dos sintomas observados e a deformação de árvores causada pela deficiência de B e de Cu, ainda não se têm na literatura brasileira registros sobre a magnitude das perdas causadas às plantações de eucalipto por deficiência de micronutrientes catiônicos. Observações de campo indicam que a ocorrência e a intensidade dos sintomas variam com o tipo de solo, com a época do ano, com o material genético, dentre outros fatores. As deficiências de Cu e de Zn são mais freqüentes em solos argilosos e mais avermelhados e escuros (mais ricos em óxi-

hidróxidos de ferro e manganês e matéria orgânica, os quais controlam a disponibilidade desses micronutrientes em solução) no período seco (Harter, 1991; Stevenson, 1991; Nascimento et al., 2002). Esse aspecto é importante para a maioria dos solos brasileiros, ricos nesses óxi-hidróxidos (Abreu et al., 2007).

A correção de deficiências causadas por nutrientes que apresentam, ao mesmo tempo, baixa mobilidade no solo e na planta é bem mais difícil, especialmente em espécies arbóreas (Barros & Novais, 1996). A localização do fertilizante na cova de plantio, como praticado na maioria dos plantios comerciais atualmente, reduz sua sorção pelo solo e facilita, inicialmente, a absorção radicular (Ceretta et al., 2007). Contudo, com o passar do tempo, o sistema radicular explora zonas do solo onde o fertilizante não foi aplicado, e a planta pode não ter sua demanda satisfeita e, devido à baixa mobilidade dos micronutrientes na planta, a deficiência mineral pode ser observada (Lopez & Souza, 2001; Abreu et al., 2007). Por outro lado, a aplicação do fertilizante a um maior volume de solo permitiria maior sorção do nutriente pelo solo, reduzindo sua disponibilidade para a árvore e sintomas de deficiência poderiam ocorrer. Em várias culturas perenes arbóreas, como algumas frutíferas, o suprimento de micronutrientes tem sido feito via aplicação foliar (Abreu et al., 2007). Porém, em plantações de eucalipto esse método de aplicação não tem sido utilizado em razão do rápido crescimento das árvores, que dificulta o acesso de adubos foliares às extremidades de galhos, onde os sintomas de deficiência de micronutrientes ocorrem com maior frequência (Del Quiqui et al., 2004).

CrITÉRIOS para a determinação da disponibilidade e recomendação de micronutrientes em plantações de eucalipto não foram, ainda, estabelecidos. Para culturas agrícolas, diversos métodos de extração têm sido utilizados para quantificar os teores de micronutrientes catiônicos no solo, destacando-se o Mehlich-1 e o DTPA. Atualmente, o Mehlich-3 está sendo muito utilizado em estudos que avaliam a disponibilidade de nutrientes no solo, por ser um extrator multinutriente, independentemente do tipo de solo (Rodrigues et al., 2001). Bray (1948) estabeleceu os princípios básicos para o desenvolvimento de métodos de extração de nutrientes minerais do solo: 1) o extrator deve solubilizar as formas disponíveis do nutriente; 2) a quantidade do nutriente no extrato deve ser medida com rapidez e acurácia, e 3) as quantidades extraídas devem se correlacionar com as respostas da cultura ao nutriente em várias condições de solo. Muitos autores referem-se aos teores foliares como sendo a

bio ou fitodisponibilidade do nutriente no solo (Cancela et al., 2001; Krishnamurti & Naidu, 2002; Gonçalves Jr et al., 2006; Avarez et al., 2006; Obrador et al., 2007).

Várias propriedades do solo governam a disponibilidade de um determinado nutriente para as plantas, por controlarem a mobilidade e o teor dos nutrientes na solução do solo (Kabata-Pendias, 2004), tendo-se dentre elas o pH, teor de argila, matéria orgânica, teor de água, etc. A inclusão dessas propriedades no modelo, em geral, melhora o relacionamento entre os teores foliares e os teores no solo obtidos com algum método de extração (Krishnamurti & Naidu, 2002; Lombnaes & Singh, 2003; Obrador et al., 2007).

Diante do exposto, pode-se esperar que a avaliação da disponibilidade de Cu, Mn, Fe e Zn para eucalipto seja variável com o pH, a textura e o teor de matéria orgânica do solo, e com o material genético utilizado no plantio. No entanto, não existem estudos sistemáticos para avaliar a disponibilidade de micronutrientes catiônicos para clones de eucalipto em condições edáficas distintas. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar a disponibilidade de micronutrientes para plantas de eucalipto em idades jovens em diferentes solos do Estado de Minas Gerais; identificar o extrator mais adequado para avaliar a disponibilidade de micronutrientes para eucalipto; avaliar a influência de propriedades do solo nos teores foliares de micronutrientes; e avaliar o estado nutricional de diferentes materiais genéticos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas amostras de solo e de folhas em seis áreas de plantio comercial de eucalipto no Estado de Minas Gerais, situadas nas regiões de Itamarandiba, João Pinheiro, Paracatu, Belo Oriente, Três Marias e Curvelo, sendo amostrados 6, 8, 5, 5, 7 e 7 talhões, respectivamente (Quadro 1).

Quadro 1 – Características dos talhões amostrados quanto ao clone, à espécie e idade das árvores, e quanto aos teores de carbono orgânico total (COT) e argila e pH dos solos, nas várias regiões estudadas

Região	Talhão	Clone	Espécie	Idade meses	Argila g kg ⁻¹	pH H ₂ O	COT g kg ⁻¹
Itamarandiba	1	AEC-144	<i>E. urophylla</i>	22	800	4,59	30,1
	2	AEC-1528	<i>E. urophylla</i>	22	830	4,41	34,6
	3	AEC-1528	<i>E. urophylla</i>	30	790	4,50	31,8
	4	AEC-224	<i>E. urophylla</i>	25	780	4,57	28,9
	5	AEC-224	<i>E. urophylla</i>	25	770	4,53	33,9
	6	AEC-1528	<i>E. urophylla</i>	25	780	4,63	36,3
João Pinheiro	1	VM 01	<i>E. camaldulensis</i> x <i>E. urophylla</i>	22	200	4,86	9,5
	2	GG 100	<i>E. urophylla</i>	22	220	4,95	8,7
	3	GG 100	<i>E. urophylla</i>	20	160	5,58	7,1
	4	VM 01	<i>E. camaldulensis</i> x <i>E. urophylla</i>	21	180	5,01	6,5
	5	GG 100	<i>E. urophylla</i>	21	160	5,08	5,4
	6	VM 01	<i>E. camaldulensis</i> x <i>E. urophylla</i>	20	150	5,23	6,3
	7	GG 100	<i>E. urophylla</i>	20	140	4,73	7,5
	8	VM 01	<i>E. camaldulensis</i> x <i>E. urophylla</i>	23	150	5,33	6,3
Paracatu	1	62	<i>E. camaldulensis</i>	23	600	5,43	16,4
	2	GG 100	<i>E. urophylla</i>	23	560	5,51	16,9
	3	GG 100	<i>E. urophylla</i>	10	710	5,14	21,0
	4	62	<i>E. camaldulensis</i>	10	600	5,10	18,8
	5	62	<i>E. camaldulensis</i>	10	580	6,07	16,9
Belo Oriente	1	57	<i>E. grandis</i>	12	640	4,69	22,2
	2	57	<i>E. grandis</i>	12	540	4,51	20,0
	3	386	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	17	550	5,04	18,8
	4	386	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	17	540	4,31	18,5
	5	386	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	20	740	4,15	21,2
Três Marias	1	GG 100	<i>E. urophylla</i>	17	160	5,04	7,2
	2	GG 100	<i>E. urophylla</i>	17	390	4,73	15,8
	3	GG 702	<i>E. urophylla</i>	17	440	4,74	17,0
	4	GG 100	<i>E. urophylla</i>	23	180	4,69	8,1
	5	GG 702	<i>E. urophylla</i>	11	220	4,82	7,9
	6	GG 100	<i>E. urophylla</i>	18	670	5,06	20,9
	7	GG 702	<i>E. urophylla</i>	16	650	5,06	20,6
Curvelo	1	AEC-224	<i>E. urophylla</i>	12	760	4,98	17,7
	2	AEC-224	<i>E. urophylla</i>	13	730	5,19	20,0
	3	3334	<i>E. urophylla</i>	21	740	4,85	23,0
	4	3334	<i>E. urophylla</i>	11	300	4,66	10,7
	5	AEC-224	<i>E. urophylla</i>	17	290	4,81	10,5
	6	3334	<i>E. urophylla</i>	16	310	4,65	13,4
	7	3334	<i>E. urophylla</i>	16	740	5,16	22,4

2.1. Coleta de amostras de solo e suas análises físicas e químicas

Foram coletadas amostras de solo na camada de 0 a 20 cm de profundidade na linha e na entrelinha de plantio de cada talhão. Na linha de plantio, as amostras foram coletadas a, aproximadamente, 15 cm de distância do tronco das árvores. As amostras

foram retiradas ao redor das árvores selecionadas para a coleta de material vegetal, com quatro repetições por talhão e quatro amostras simples para compor uma composta. No talhão 5 da região de Três Marias foram utilizadas apenas duas repetições, em virtude da dificuldade encontrada em amostrar árvores, que já se encontravam muito altas.

Em algumas regiões de estudo, é realizada adubação com micronutrientes catiônicos, principalmente com Cu e Zn. Na região de Paracatu, foi aplicado 1,30 kg ha⁻¹ de Zn na adubação de plantio nos cinco talhões amostrados. Na região de Belo Oriente, foram aplicados 0,75 kg ha⁻¹ de Zn e 1,50 kg ha⁻¹ de Cu na adubação de manutenção de um ano, nos talhões 1, 2, 3 e 4; e 1,50 kg ha⁻¹ de Zn e 3,00 kg ha⁻¹ de Cu na adubação de manutenção de um ano no talhão 5. Na região de Três Marias, foram aplicados 0,45 kg ha⁻¹ de Zn na adubação de plantio no talhão 1; 0,75 kg ha⁻¹ de Zn na adubação de plantio nos talhões 2 e 3; e 0,50 kg ha⁻¹ de Zn na adubação de plantio nos talhões 4, 5, 6 e 7. Na região de Curvelo, foram aplicados 1,10 kg ha⁻¹ de Cu e de Zn na adubação de plantio nos talhões 1, 2, 3 e 7; e 1,50 kg ha⁻¹ de Cu e de Zn na adubação de plantio nos talhões 4, 5 e 6.

As amostras de solo foram secas à temperatura ambiente e passadas em peneira com malhas de 2 mm de abertura. Após este preparo, utilizaram-se os extratores Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹), Mehlich-3 (NH₄F 0,015 mol L⁻¹, CH₃COOH 0,2 mol L⁻¹, NH₄NO₃ 0,25 mol L⁻¹, HNO₃ 0,013 mol L⁻¹ e o EDTA 0,001 mol L⁻¹) e DTPA (DTPA 0,005 mol L⁻¹, TEA 0,1 mol L⁻¹ e CaCl₂.2H₂O 0,01 mol L⁻¹) para a extração de Cu, Mn, Fe e Zn. Os teores desses micronutrientes nos extratos foram determinados utilizando-se espectrômetro de absorção atômica. As demais análises realizadas foram a textural (Ruiz, 2005), o pH em água (EMBRAPA, 1997) e o carbono orgânico total (Yeomans & Bremner, 1988).

2.2. Coleta de amostras foliares e suas análises químicas

A amostragem foi realizada entre os meses de outubro e novembro de 2006, quando as plantas se achavam em plena atividade metabólica. Foram selecionados no mínimo dois materiais genéticos por região de cultivo, com o intuito de verificar possível diferença no estado nutricional destas plantas quanto aos teores de Cu, Mn, Fe e Zn. Foram selecionados os clones AEC-144, AEC-224 e AEC 1528 na região de Itamarandiba; VM 01 e GG 100 na região de João Pinheiro; 62 e GG 100 na região de Paracatu; 57 e 386 na região de Belo Oriente; GG 100 e GG 702 na região de Três

Marias; e AEC-224 e 3334 na região de Curvelo. As folhas foram coletadas em quatro diferentes posições da árvore, sendo duas em ramos posicionados no meio do terço basal da copa e duas em ramos posicionados no meio do terço apical. Essa estratificação na coleta das folhas visou, sendo os micronutrientes catiônicos pouco móveis no floema (Marschner, 1995), estabelecer qual seria a melhor destas posições para amostrar o tecido para determinação destes nutrientes. Em cada terço da copa, as folhas completamente expandidas foram coletadas na posição proximal e na posição distal dos ramos selecionados. As folhas das posições proximal e distal dos ramos do terço basal foram denominadas como B1 e B2, respectivamente. As folhas das posições proximal e distal dos ramos do terço apical foram denominadas como A1 e A2, respectivamente. As plantas amostradas tinham idade variando de dez a trinta meses, pois observações de campo mostram que é nesta faixa de idade que sintomas de deficiência de micronutrientes aparecem com mais intensidade. Foram realizadas quatro repetições por talhão, com exceção do talhão 5 na região de Três Marias onde foram realizadas somente duas repetições. Em cada talhão, as repetições subsequentes encontravam-se distanciadas por quatro linhas de plantio uma da outra. Cada repetição foi composta de quatro árvores distanciadas entre si de outras quatro árvores.

As folhas amostradas foram lavadas com água corrente para remover partículas de solo, poeira e resíduos de algum insumo eventualmente sobre elas. Após a lavagem e pré-secagem ao sol, as folhas foram secas à temperatura de 65 °C em estufa com circulação de ar forçado até peso constante, passadas em moinho tipo Willey e submetidas à digestão nítrico-perclórica. Utilizaram-se amostras de 0,50 g de material seco e moído em 10 mL de solução nítrico-perclórica para digestão à temperatura de, no máximo, 200 °C. No extrato obtido, determinaram-se os teores de Cu, Mn, Fe e Zn em espectrômetro de absorção atômica.

2.3. Análise dos dados

Ao final, no conjunto dos 38 talhões amostrados em todas as regiões, totalizaram-se 600 amostras de material vegetal (somando-se as amostras B1, B2, A1 e A2) e 300 amostras de solo (somando-se as amostras de linha e entrelinha). Os teores encontrados para Cu, Mn, Fe e Zn no solo pelos diferentes métodos de extração (Mehlich-1, Mehlich-3 e DTPA) foram expressos como a média dos valores de linha e

entrelinha de plantio. O mesmo procedimento foi adotado para os teores de carbono orgânico total, argila e pH.

Avaliaram-se as correlações entre os teores dos quatro micronutrientes no solo pelos diferentes extratores, considerando o conjunto de 38 talhões ou separando-os por classe textural (arenoso, textura média, argiloso e muito argiloso). Os teores foliares de cada micronutriente, em cada uma das quatro posições amostradas na copa das árvores, foram correlacionados com os respectivos teores no solo pelos extratores por meio de modelos de regressão simples, considerando o conjunto de 38 talhões, ou com a inclusão do carbono orgânico total e, ou, teor de argila e, ou, pH em modelos de regressão múltipla.

Após verificar-se o comportamento dos teores foliares em plantas de eucalipto, quando o conjunto dos dez clones contidos nos 38 talhões amostrados foi considerado, optou-se em verificar o comportamento destes teores foliares agrupando os clones segundo as espécies que lhes deram origem. Assim, foram identificados os materiais genéticos de *Eucalyptus urophylla* (clones AEC-144, AEC-224, AEC 1528, GG 100, GG 702 e 3334), de *Eucalyptus grandis* (clone 57), de *Eucalyptus camaldulensis* (clone 62), híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (clone 386) e híbrido de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus urophylla* (clone VM 01) (Quadro 1). Os teores foliares de cada micronutriente, para cada espécie, foram correlacionados com os respectivos teores disponíveis no solo e com as propriedades do solo que influenciaram significativamente a melhoria dos modelos (R^2) quando o conjunto dos 38 talhões foi considerado. Após a obtenção dos modelos significativos por espécie, realizou-se teste de identidade dos modelos para averiguar se estes diferiam estatisticamente entre si.

O software Statistica 6 foi utilizado para a análise dos dados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Teores de Cu, Mn, Fe e Zn disponíveis no solo

De modo geral, os maiores teores de Cu, Mn, Fe e Zn nos solos foram obtidos com os extratores Mehlich-1 e Mehlich-3 e os menores com DTPA, com a exceção de Cu em Itamarandiba e João Pinheiro, e Zn em Três Marias (Quadro 2). Resultados semelhantes foram obtidos por vários autores (Cancela et al., 2001; Nascimento et al., 2003; Silva et al., 2003; Gonçalves Jr. et al., 2006; Obrador et al., 2007). Os extratores ácidos apresentam maior poder de extração em virtude de sua dissolução ácida, o que causa a extração de frações que não são prontamente disponíveis para as plantas, como, por exemplo, dos óxidos (Cancela et al., 2001; Nascimento, 2001; Ferreira, 2003; Abreu et al., 2004).

Houve grande oscilação dos teores de micronutrientes extraídos por Mehlich-1, Mehlich-3 e DTPA entre e dentro de uma mesma região (Quadro 2). Essa variação pode ser explicada por diferenças entre os solos (Quadro 1) e nas práticas de manejo silvicultural, como o suprimento ou não de micronutrientes na adubação. O efeito de características do solo, como material de origem, textura, pH e potencial redox na disponibilidade de micronutrientes tem sido registrado por trabalhos sobre o tema (Corey, 1977; Nascimento, 2001; Silva Neto, 2003).

Quadro 2 – Teores médios de Cu, Mn, Fe e Zn extraídos por Mehlich-1, Mehlich-3 e DTPA de amostras de solos de várias regiões do Estado de Minas Gerais cultivadas com eucalipto

Região	Talhão	Cu			Mn			Fe			Zn		
		Mehlich-1	Mehlich-3	DTPA	Mehlich-1	Mehlich-3	DTPA	Mehlich-1	Mehlich-3	DTPA	Mehlich-1	Mehlich-3	DTPA
-----mg dm ⁻³ -----													
Itamarandiba	1	0,98	0,40	1,81	8,07	4,81	3,04	175,55	191,60	130,25	3,22	1,54	1,27
	2	0,68	0,27	1,15	8,50	6,05	4,57	172,14	173,59	129,35	5,13	3,83	2,42
	3	1,48	0,84	2,70	10,80	3,52	4,61	164,78	109,80	139,80	17,38	13,87	5,15
	4	2,65	1,03	2,77	15,61	7,93	6,74	148,24	100,48	118,51	51,01	28,92	30,87
	5	0,77	0,56	1,25	4,24	2,19	1,65	198,85	197,39	167,32	4,38	3,77	6,33
	6	0,48	0,09	0,53	4,48	2,37	2,12	206,09	148,03	170,90	1,06	0,47	0,75
	Média	1,17	0,53	1,70	8,62	4,78	3,79	177,61	153,48	142,69	13,70	8,73	7,80
João Pinheiro	1	0,19	0,10	0,36	10,04	6,93	3,26	173,07	211,68	84,00	0,47	0,39	0,20
	2	0,20	0,09	0,31	7,47	5,72	2,74	197,80	194,17	57,61	0,32	0,25	0,16
	3	0,21	0,09	0,30	6,12	3,44	2,38	135,19	123,32	35,27	0,45	0,21	0,21
	4	0,19	0,10	0,40	5,35	3,22	2,41	131,41	124,33	43,33	0,43	0,16	0,32
	5	0,29	0,19	0,75	4,84	3,49	1,77	152,59	145,81	38,18	0,37	0,20	0,16
	6	0,43	0,33	0,94	5,13	3,61	2,01	125,75	138,47	32,98	0,52	0,31	0,20
	7	0,31	0,24	0,87	9,71	6,19	4,00	125,19	149,28	44,29	0,58	0,40	0,27
	8	0,24	0,20	0,80	7,93	6,35	2,99	133,75	182,42	45,16	0,48	0,42	0,21
Média	0,26	0,17	0,59	7,07	4,87	2,69	146,85	158,69	47,60	0,45	0,29	0,22	
Paracatu	1	1,25	0,61	0,65	32,90	22,06	6,08	125,99	131,96	35,65	4,31	2,61	1,49
	2	1,29	0,67	0,73	24,83	16,84	4,82	128,92	139,55	37,50	5,81	3,58	2,13
	3	2,34	1,21	1,28	54,13	35,16	13,84	129,78	147,05	43,56	9,47	5,14	3,63
	4	1,90	1,06	1,17	73,86	46,81	20,86	135,05	159,46	48,21	5,62	3,97	2,26
	5	1,67	1,36	1,28	78,09	48,73	11,85	137,45	138,06	33,63	7,92	5,11	3,28
	Média	1,69	0,98	1,02	52,76	33,62	11,49	131,44	143,22	39,71	6,63	4,08	2,56

Continua

Quadro 2 – Continuação

Região	Talhão	Cu			Mn			Fe			Zn		
		Mehlich-1	Mehlich-3	DTPA	Mehlich-1	Mehlich-3	DTPA	Mehlich-1	Mehlich-3	DTPA	Mehlich-1	Mehlich-3	DTPA
-----mg dm ⁻³ -----													
Belo Oriente	1	1,93	1,82	1,47	52,30	41,46	21,57	110,40	196,48	64,96	0,65	0,49	0,44
	2	0,74	0,57	0,73	17,88	9,46	6,14	137,93	156,72	81,83	0,48	0,31	0,38
	3	1,19	1,07	1,14	128,95	103,70	55,83	82,54	134,52	54,27	1,28	0,72	0,87
	4	0,45	0,37	0,59	14,55	11,47	6,78	201,52	244,91	121,17	0,39	0,34	0,40
	5	1,21	0,85	1,29	6,09	3,73	2,27	192,47	226,92	120,74	0,79	0,60	0,69
	Média	1,10	0,94	1,04	43,95	33,96	18,52	144,97	191,91	88,59	0,96	0,75	0,77
Três Marias	1	0,48	0,37	0,35	13,10	7,02	3,32	121,53	100,52	41,91	1,13	0,76	0,56
	2	0,36	0,19	0,39	5,57	3,01	2,62	176,76	117,89	70,97	0,83	0,47	5,91
	3	0,31	0,18	0,35	7,18	4,88	2,65	168,55	135,01	66,41	0,49	0,39	1,95
	4	0,77	0,63	0,62	18,21	7,12	4,63	106,29	81,84	43,06	0,98	0,72	0,51
	5	0,92	0,65	0,68	17,34	6,31	4,18	118,70	72,40	44,62	0,80	0,84	0,63
	6	1,40	0,93	0,93	24,98	13,37	7,76	88,88	86,84	36,58	8,08	2,27	2,22
	Média	0,77	0,52	0,59	15,77	8,01	4,95	124,88	98,20	49,03	2,12	2,02	2,54
Curvelo	1	3,48	2,78	2,43	34,63	17,96	12,17	78,60	57,13	24,00	3,28	5,52	1,24
	2	1,12	0,78	1,03	27,01	13,67	7,26	70,24	65,61	25,97	0,69	0,42	0,29
	3	1,38	0,76	1,07	22,68	10,14	6,12	68,14	57,54	28,04	1,27	1,15	0,76
	4	1,58	1,58	1,07	15,36	9,15	5,66	133,75	157,94	33,39	19,43	16,92	9,45
	5	2,73	2,49	2,08	13,33	7,34	3,84	234,68	217,44	46,07	1,04	1,23	0,80
	6	0,85	0,64	0,91	4,62	2,26	1,56	289,77	188,69	47,53	0,76	0,65	0,49
	7	1,02	0,76	1,11	32,59	17,01	8,55	58,49	53,81	28,54	1,34	0,78	0,91
	Média	1,74	1,40	1,39	21,46	11,08	6,45	133,38	114,02	33,36	4,27	4,05	2,14

Os teores de micronutrientes pelos métodos testados apresentaram alta correlação entre si (Quadro 3). Contudo, os valores de coeficiente de correlação foram menores ao se comparar o DTPA com os dois extratores ácidos para Cu e Fe. Os três extratores tiveram comportamento semelhante na extração de Mn e Zn.

Quadro 3 – Equações e coeficientes de correlação linear simples entre os teores de Cu, Mn, Fe e Zn extraídos por Mehlich-1, Mehlich-3 e DTPA (n = 150)

	Cu	Mn	Fe	Zn
Mehlich-1 vs Mehlich-3	$\hat{y} = -0,02+0,70x$ $r = 0,94^{***}$	$\hat{y} = -1,79+0,73x$ $r = 0,98^{***}$	$\hat{y} = 28,67+0,71x$ $r = 0,70^{***}$	$\hat{y} = 0,60+0,53x$ $r = 0,94^{***}$
Mehlich-1 vs DTPA	$\hat{y} = 0,28+0,63x$ $r = 0,82^{***}$	$\hat{y} = -0,44+0,36x$ $r = 0,92^{***}$	$\hat{y} = 5,67+0,35x$ $r = 0,49^{***}$	$\hat{y} = 0,55+0,37x$ $r = 0,95^{***}$
Mehlich-3 vs DTPA	$\hat{y} = 0,39+0,77x$ $r = 0,75^{***}$	$\hat{y} = 0,39+0,49x$ $r = 0,95^{***}$	$\hat{y} = 9,78+0,35x$ $r = 0,50^{***}$	$\hat{y} = 0,33+0,63x$ $r = 0,90^{***}$

*** = significativo a 0,1 % pelo teste F. O \hat{y} corresponde ao teor do micronutriente pelo DTPA, nas comparações com Mehlich-1 e Mehlich-3; e pelo Mehlich-3, na comparação com o Mehlich-1.

Os resultados encontrados para Mn e Fe, quanto a correlação de seus teores por diferentes extratores, estão de acordo com os obtidos por Rodrigues et al. (2001), os quais relatam terem sido significativas ($p < 0,05$) as correlações lineares entre os teores destes nutrientes determinados por Mehlich-1, Mehlich-3 e DTPA para um conjunto de solos da Amazônia. Correlações altamente significativas ($p < 0,001$) entre Mehlich-3 e DTPA na extração de Mn e de Zn (0,86 e 0,78, respectivamente) foram obtidas em um estudo com amostras de 29 solos ácidos da Espanha (Obrador et al., 2007). Coeficientes de correlação significativos ($p < 0,01$) foram encontrados ao serem correlacionados os teores de Cu pelos extratores Mehlich-1, Mehlich-3 e DTPA para solos de diversas regiões do Estado de São Paulo, sendo que as melhores correlações foram observadas entre Mehlich-3 e DTPA (Cancela et al., 2001). Portanto, diante dos dados obtidos no presente trabalho, a avaliação da disponibilidade de Cu, Mn, Fe e Zn nos solos cultivados com eucalipto no Estado de Minas Gerais poderá ser feita com qualquer um dos três extratores testados. Contudo, como o Mehlich-1 é aquele utilizado nos laboratórios de análise de rotina no Estado (Lopes & Alvarez V., 1999), este seria mais recomendado, por questões práticas e operacionais. A correlação inferior entre os teores de Cu e de Fe extraídos com o DTPA e os extratores Mehlich-1 e Mehlich-3 indica possível maior interferência de características dos solos na capacidade extrativa do DTPA, especialmente de Fe (Quadro 3).

A análise dos dados de acordo com a classe textural dos solos indicou a influência desta característica na correlação entre os teores de Cu, Fe e Zn pelos

diversos extratores, enquanto que para o Mn este efeito não foi observado (Quadro 4). Com isso, correlações que ao se considerar todos os solos independentemente de classe textural eram significativas deixaram de ser para determinadas classes. As correlações não significativas foram as que envolveram o DTPA com os outros dois extratores para Cu nos solos arenosos; e as que envolvem o DTPA com o Mehlich-1 para Fe nos solos mais arenosos (arenoso e textura média) (Quadro 4). As correlações foram sempre significativas entre os extratores Mehlich-1 e Mehlich-3 possivelmente pelo caráter ácido de ambos e semelhança quanto à solubilização de formas dos micronutrientes nos solos. A melhoria das correlações dos teores dos quatro micronutrientes extraídos, com o aumento do teor de argila (solos muito argilosos), pode ser decorrente de maior teor deles em solos com esta textura, como será visto mais adiante. Todavia, trabalhando em um solo de textura média, Gonçalves Jr. et al. (2006) encontraram um coeficiente de correlação de 0,99 para os teores de Zn obtidos pelos extratores Mehlich-1 e DTPA em experimento de aplicação de doses crescentes de Zn no solo. Trabalho realizado como o citado acima faz com o efeito solo seja minimizado pelo fato de se estar aplicando doses crescentes de um determinado nutriente em um único tipo de solo; logo a correlação entre os extratores é potencializada.

Quadro 4 - Equações e coeficientes de correlação linear simples entre os teores de Cu, Mn, Fe e Zn extraídos por Mehlich-1, Mehlich-3 e DTPA, para as diferentes classes texturais

Solos Arenosos (n = 12)				
	Cu	Mn	Fe	Zn
Mehlich-1 vs Mehlich-3	$\hat{y} = 0,02+0,69x$ $r = 0,98^{***}$	$\hat{y} = 0,21+0,68x$ $r = 0,98^{***}$	$\hat{y} = -24,29+1,30x$ $r = 0,58^*$	$\hat{y} = -0,07+0,92x$ $r = 0,86^{**}$
Mehlich-1 vs DTPA	$\hat{y} = 0,74+0,37x$ $r = 0,44^{ns}$	$\hat{y} = -0,13+0,42x$ $r = 0,91^{***}$	$\hat{y} = 41,51-0,02x$ $r = 0,04^{ns}$	$\hat{y} = 0,01+0,40x$ $r = 0,94^{***}$
Mehlich-3 vs DTPA	$\hat{y} = 0,71+0,57x$ $r = 0,48^{ns}$	$\hat{y} = -0,17+0,60x$ $r = 0,92^{***}$	$\hat{y} = 19,34+0,13x$ $r = 0,54^*$	$\hat{y} = 0,09+0,31x$ $r = 0,78^{**}$
Solos Textura Média (n = 42)				
	Cu	Mn	Fe	Zn
Mehlich-1 vs Mehlich-3	$\hat{y} = -0,09+1,0x$ $r = 0,98^{***}$	$\hat{y} = 1,25+0,38x$ $r = 0,86^{***}$	$\hat{y} = 44,49+0,56x$ $r = 0,61^{***}$	$\hat{y} = 0,32+0,89x$ $r = 0,93^{***}$
Mehlich-1 vs DTPA	$\hat{y} = 0,24+0,62x$ $r = 0,93^{***}$	$\hat{y} = 0,48+0,23x$ $r = 0,87^{***}$	$\hat{y} = 29,74+0,07x$ $r = 0,25^{ns}$	$\hat{y} = 0,07+0,48x$ $r = 0,99^{***}$
Mehlich-3 vs DTPA	$\hat{y} = 0,31+0,61x$ $r = 0,93^{***}$	$\hat{y} = -0,09+0,57x$ $r = 0,93^{***}$	$\hat{y} = 17,23+0,17x$ $r = 0,59^{***}$	$\hat{y} = 0,02+0,47x$ $r = 0,93^{***}$
Solos Argilosos (n = 36)				
	Cu	Mn	Fe	Zn
Mehlich-1 vs Mehlich-3	$\hat{y} = 0,02+0,60x$ $r = 0,89^{***}$	$\hat{y} = -1,54+0,76x$ $r = 0,99^{***}$	$\hat{y} = 37,63+0,69x$ $r = 0,59^{***}$	$\hat{y} = 0,06+0,65x$ $r = 0,98^{***}$
Mehlich-1 vs DTPA	$\hat{y} = 0,21+0,47x$ $r = 0,85^{***}$	$\hat{y} = -1,10+0,37x$ $r = 0,91^{***}$	$\hat{y} = -12,66+0,46x$ $r = 0,69^{***}$	$\hat{y} = 1,78+0,16x$ $r = 0,17^{ns}$
Mehlich-3 vs DTPA	$\hat{y} = 0,19+0,79x$ $r = 0,97^{***}$	$\hat{y} = -0,61+0,51x$ $r = 0,95^{***}$	$\hat{y} = -11,19+0,47x$ $r = 0,82^{***}$	$\hat{y} = 1,76+0,25x$ $r = 0,18^{ns}$
Solos Muito Argilosos (n = 60)				
	Cu	Mn	Fe	Zn
Mehlich-1 vs Mehlich-3	$\hat{y} = -0,06+0,68x$ $r = 0,95^{***}$	$\hat{y} = -1,42+0,65x$ $r = 0,96^{***}$	$\hat{y} = 3,75+0,89x$ $r = 0,83^{***}$	$\hat{y} = 0,79+0,51x$ $r = 0,95^{***}$
Mehlich-1 vs DTPA	$\hat{y} = 0,33+0,65x$ $r = 0,81^{***}$	$\hat{y} = 0,39+0,31x$ $r = 0,94^{***}$	$\hat{y} = -33,24+0,84x$ $r = 0,88^{***}$	$\hat{y} = 0,43+0,37x$ $r = 0,98^{***}$
Mehlich-3 vs DTPA	$\hat{y} = 0,54+0,80x$ $r = 0,71^{***}$	$\hat{y} = 1,23+0,47x$ $r = 0,95^{***}$	$\hat{y} = 1,47+0,61x$ $r = 0,68^{***}$	$\hat{y} = 0,17+0,65x$ $r = 0,93^{***}$

*** = significativo a 0,1 % pelo teste F. ** = significativo a 1 % pelo teste F. * = significativo a 5 % pelo teste F. ^{ns} = não significativo pelo teste F. O \hat{y} corresponde ao teor do micronutriente pelo DTPA, nas comparações com Mehlich-1 e Mehlich-3; e pelo Mehlich-3, nas comparações com o Mehlich-1.

3.2. Correlação entre teores de Cu, Mn, Fe e Zn no solo e na planta (folha)

Os teores foliares dos micronutrientes nas posições B1, B2, A1 e A2 apresentaram variações de região para região e mesmo entre talhões dentro de uma mesma região. Estas variações podem ser devidas a diferenças nas características do solo, material genético cultivado e adubações aplicadas.

Ao correlacionar os teores de cada um do micronutrientes no solo, pelos diferentes extratores, e os teores nas folhas das diferentes posições (B1, B2, A1 e A2),

os melhores resultados foram obtidos com os teores foliares na posição B1 para Cu e Zn, e na posição A1 para Mn (Quadro 5). Para os teores de Fe os melhores relacionamentos foram obtidos com a posição B1 para o Mehlich-1 e com a posição B2 para Mehlich-3. Estes resultados para Cu, Zn e Fe colocam-se de forma contrária à esperada, pois de modo geral, as folhas recém-maduras do terço apical são consideradas os órgãos da planta que mais bem refletem seu estado nutricional, ou seja, apresentam maior variação no teor com a alteração do suprimento de nutrientes (Dell et al., 2001; Cantarutti et al., 2007).

Os teores de Cu e Zn nas folhas da posição B1 e de Mn nas folhas da posição A1 das árvores de eucalipto aumentaram com os teores de Cu, Zn e Mn no solo pelos três extratores, com os maiores valores de coeficiente de determinação observados para o Mehlich-1 (Figuras 1, 2 e 3). No trabalho de Dell et al. (2001) há faixas de teores foliares de nutrientes ditas como adequadas para plantas de eucalipto, com dois anos de idade, cultivadas na Austrália, China, Indonésia e Filipinas, em que as folhas analisadas foram colhidas da posição distal de ramos da região mediana do terço apical da copa das árvores. Assim, o procedimento de amostragem do trabalho de Dell et al. (2001) corresponde às folhas da posição A2 coletadas nas árvores de eucalipto no presente trabalho. No trabalho citado, os teores foliares de Cu, Zn e Mn considerados como adequados para eucalipto estão na faixa de 2 a 19; 15 a 50; e 60 a 4000 mg kg⁻¹, respectivamente. Os teores médios de Cu, Zn e Mn nas folhas da posição A2 observados no presente trabalho variaram de 1 a 18; 6 a 26; e 66 a 972 mg kg⁻¹, respectivamente. Apesar de os teores de Cu e Zn estarem abaixo daquela tida como adequada para o eucalipto, não foram observados sintomas de deficiência nas regiões amostradas.

A correlação entre teores foliares e teores disponíveis no solo tem sido bastante variável para culturas como arroz, cevada, milho, soja e trigo. Em geral, o extrator adequado para uma cultura não é, necessariamente, o melhor para outras, conforme relatado por vários autores (Cancela et al., 2001; Rodrigues et al., 2001; Silva et al., 2003; Abreu et al., 2004; Gonçalves Jr. et al., 2006; Obrador et al., 2007). Isso indica a necessidade de estudos para cada condição e cultura específica na seleção do extrator mais eficiente para os micronutrientes catiônicos.

Quadro 5 - Relação entre os teores de Cu, Mn Fe e Zn nas folhas de várias posições de árvores de eucalipto e os teores no solo por Mehlich-1 (M-1), Mehlich-3 (M-3) e DTPA

Teor (mg kg ⁻¹)	Posição	Equação	R ²
Cu	B1	= 5,58 + 2,68 Ln(M-1)** (eq. 1)	0,59
		= 5,92 + 1,62 Ln(M-3)** (eq. 2)	0,33
		= 5,38 + 2,88 Ln(DTPA)** (eq. 3)	0,27
	B2	= 4,96 + 2,00 Ln(M-1)** (eq. 4)	0,48
		= 5,27 + 1,36 Ln(M-3)** (eq. 5)	0,30
		= 4,75 + 2,22 Ln(DTPA)** (eq. 6)	0,24
	A1	= 6,68 + 2,65 Ln(M-1)** (eq. 7)	0,39
		= 6,80 + 1,45 Ln(M-3)** (eq. 8)	0,17
		= 6,27 + 2,62 Ln(DTPA)** (eq. 9)	0,15
	A2	= 6,99 + 1,99 Ln(M-1)** (eq. 10)	0,26
		= 7,53 + 1,50 Ln(M-3)** (eq. 11)	0,24
		= 6,98 + 2,44 Ln(DTPA)** (eq. 12)	0,17
Mn	B1	= 208,71 + 147,87 Ln(M-1)** (eq. 13)	0,29
		= 333,68 + 123,23 Ln(M-3)** (eq. 14)	0,23
		= 361,39 + 149,35 Ln(DTPA)** (eq. 15)	0,21
	B2	= 170,46 + 122,48 Ln(M-1)** (eq. 16)	0,25
		= 286,03 + 97,47 Ln(M-3)** (eq. 17)	0,17
		= 297,42 + 125,38 Ln(DTPA)** (eq. 18)	0,18
	A1	= -1,69 + 166,40 Ln(M-1)** (eq. 19)	0,41
		= 104,83 + 156,56 Ln(M-3)** (eq. 20)	0,40
		= 147,74 + 184,37 Ln(DTPA)** (eq. 21)	0,33
	A2	= 22,99 + 126,83 Ln(M-1)** (eq. 22)	0,19
		= 144,96 + 100,39 Ln(M-3)** (eq. 23)	0,13
		= 149,21 + 133,37 Ln(DTPA)** (eq. 24)	0,15
Fe	B1	= 291,70 - 35,43 Ln(M-1)** (eq. 25)	0,14
		= 221,25 - 19,26 Ln(M-3)** (eq. 26)	0,06
		= 111,07 + 1,42 Ln(DTPA) ^{ns} (eq. 27)	0,00
	B2	= 233,71 - 29,61 Ln(M-1)** (eq. 28)	0,10
		= 210,49 - 25,01 Ln(M-3)** (eq. 29)	0,11
		= 93,43 - 1,25 Ln(DTPA) ^{ns} (eq. 30)	0,00
	A1	= 113,73 - 2,43 Ln(M-1) ^{ns} (eq. 31)	0,00
		= 115,47 - 2,80 Ln(M-3) ^{ns} (eq. 32)	0,00
		= 80,87 + 5,30 Ln(DTPA) ^{ns} (eq. 33)	0,01
	A2	= 107,08 - 7,67 Ln(M-1) ^{ns} (eq. 34)	0,02
		= 89,33 - 4,05 Ln(M-3) ^{ns} (eq. 35)	0,01
		= 71,62 - 0,50 Ln(DTPA) ^{ns} (eq. 36)	0,00
Zn	B1	= 13,66 + 5,11 Ln(M-1)** (eq. 37)	0,34
		= 15,47 + 4,81 Ln(M-3)** (eq. 38)	0,31
		= 16,04 + 4,34 Ln(DTPA)** (eq. 39)	0,23
	B2	= 10,72 + 1,97 Ln(M-1)** (eq. 40)	0,29
		= 11,44 + 1,88 Ln(M-3)** (eq. 41)	0,27
		= 11,65 + 1,69 Ln(DTPA)** (eq. 42)	0,20
	A1	= 13,11 + 1,85 Ln(M-1)** (eq. 43)	0,12
		= 13,92 + 2,03 Ln(M-3)** (eq. 44)	0,15
		= 14,19 + 1,87 Ln(DTPA)** (eq. 45)	0,11
	A2	= 15,69 + 0,59 Ln(M-1) ^{ns} (eq. 46)	0,01
		= 15,97 + 0,68 Ln(M-3) ^{ns} (eq. 47)	0,01
		= 16,45 + 1,16 Ln(DTPA) ^{ns} (eq. 48)	0,04

B1 = teor do micronutriente nas folhas da posição proximal do terço basal. B2 = teor do micronutriente nas folhas da posição distal do terço basal. A1 = teor do micronutriente nas folhas da posição proximal do terço apical. A2 = teor do micronutriente nas folhas da posição distal do terço apical.

** = significativo a 1 % pelo teste F. ^{ns} = não significativo pelo teste F.

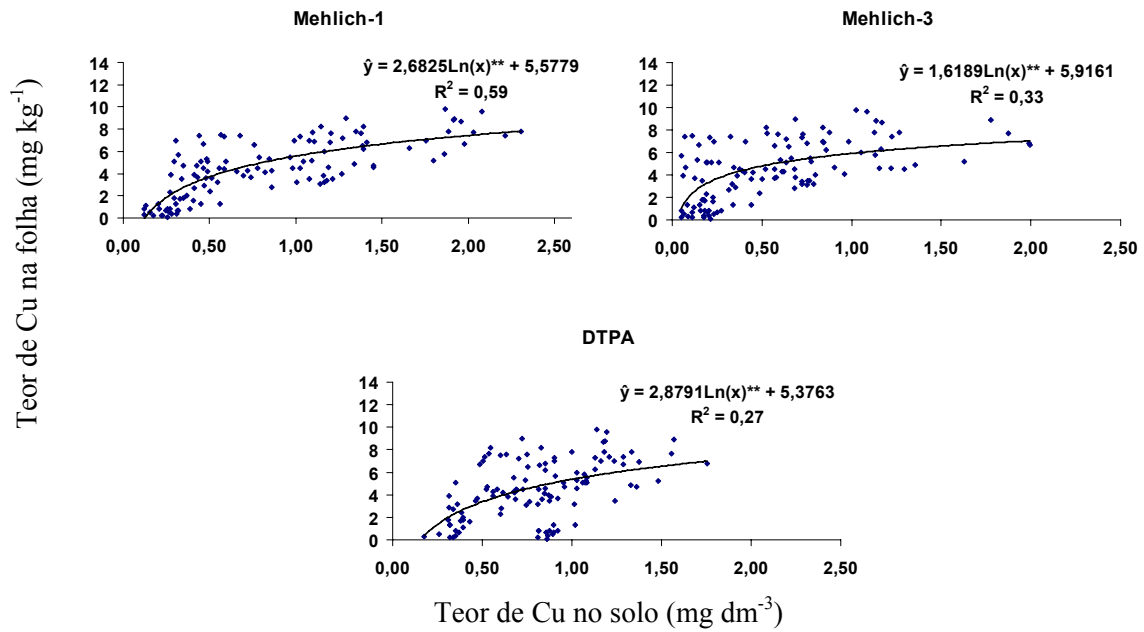


Figura 1 – Equações de regressão entre o teor de Cu nas folhas da posição basal proximal das árvores de eucalipto (B1) e os teores de Cu no solo por Mehlich-1, Mehlich-3 e DTPA. (n = 114).

** = significativo a 1 % pelo teste F.

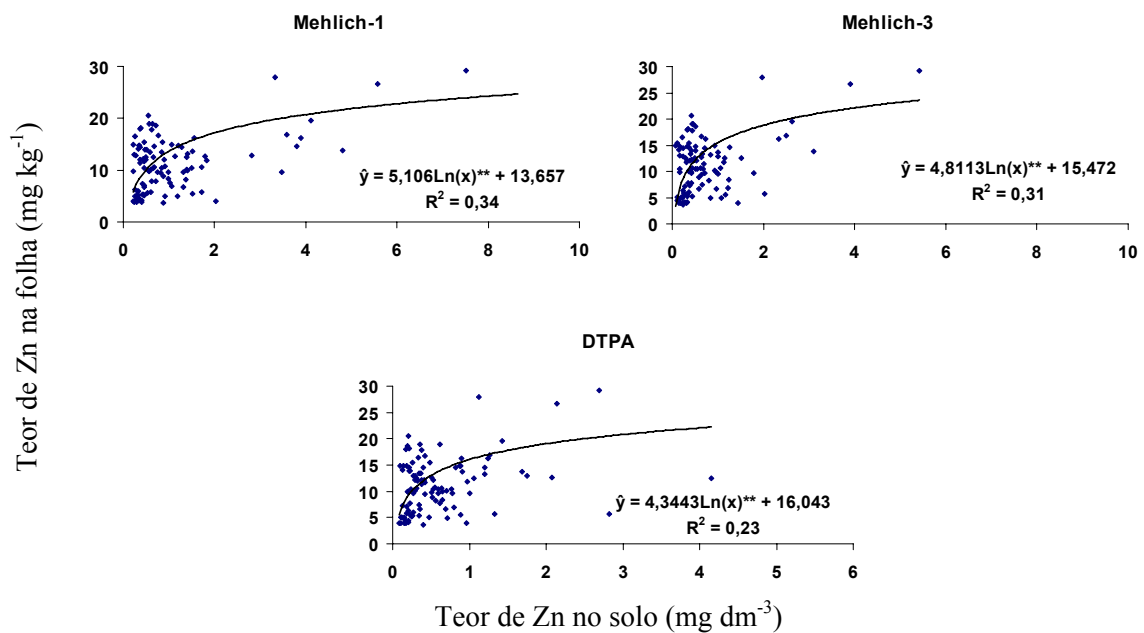


Figura 2 – Equações de regressão entre o teor de Zn nas folhas da posição basal proximal das árvores de eucalipto (B1) e os teores de Zn no solo por Mehlich-1, Mehlich-3 e DTPA. (n = 112).

** = significativo a 1 % pelo teste F.

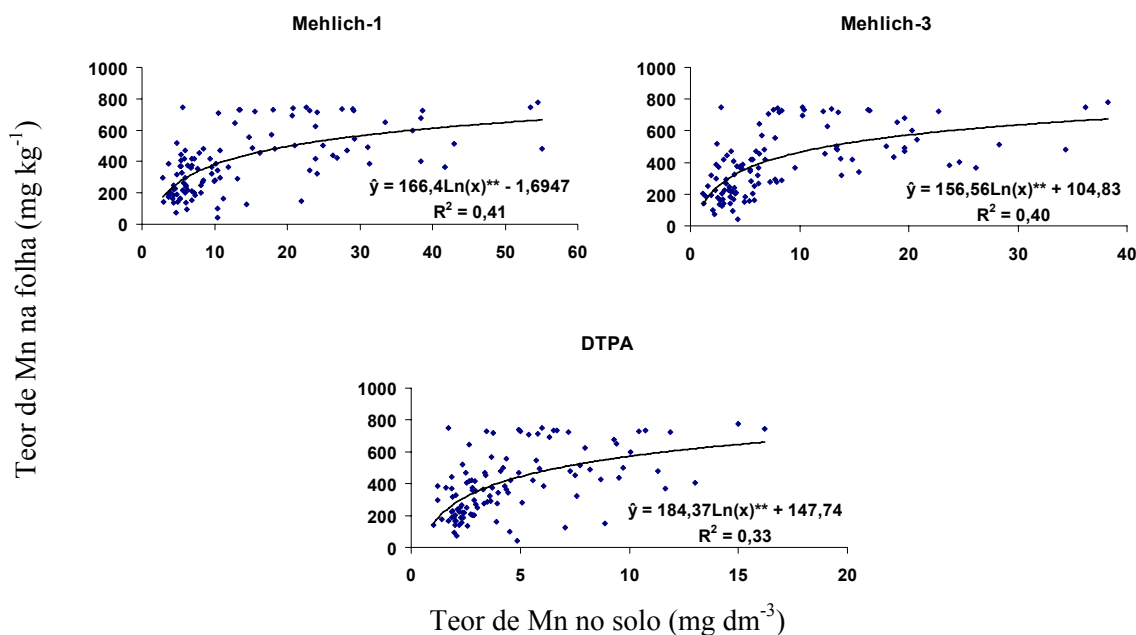


Figura 3 – Equações de regressão entre o teor de Mn nas folhas da posição apical proximal das árvores de eucalipto (A1) e os teores de Mn no solo por Mehlich-1, Mehlich-3 e DTPA. (n = 111).

** = significativo a 1 % pelo teste F.

Os teores de Fe nas folhas da posição B1 de eucalipto correlacionaram-se negativa e significativamente com os teores disponíveis pelos extratores Mehlich-1 e Mehlich-3 e não apresentaram correlação significativa com os teores pelo DTPA (Quadro 5 e Figura 4). A tendência de diminuição dos teores foliares de Fe com o aumento dos teores extraídos por Mehlich-1 e Mehlich-3 ocorre, possivelmente, em consequência da diminuição do fluxo difusivo do Fe em solos mais argilosos quando comparado a solos mais arenosos. Nesta situação, menor quantidade de Fe seria absorvida pelas plantas. Esta explicação é justificada pela correlação negativa ($p < 0,1$) entre o teor de argila do solo e os teores de Fe extraídos por Mehlich-1 e Mehlich-3 (Quadros 6 e 7). Fato semelhante tem sido observado com outros nutrientes com maior interação com a fase sólida do solo como, por exemplo, o fósforo. Na avaliação do fluxo difusivo do P, Costa et al. (2006) observaram que, de modo geral, os solos mais arenosos apresentaram maior fluxo difusivo que os mais argilosos.

Os teores foliares de Fe considerados como adequados para eucalipto estão na faixa de 25 a 130 mg kg⁻¹ (Dell et al., 2001). Os teores de Fe nas folhas da posição A2 variaram de 41 a 191 mg kg⁻¹. Novais et al. (1990) relatam que teores de Fe acima de 170 mg kg⁻¹ em mudas de eucalipto já seriam tóxicos. Portanto, os resultados obtidos

para os teores foliares de Fe demonstram que este nutriente não tem se mostrado limitante ao crescimento das árvores até a idade estudada.

O Mehlich-3 foi o melhor extrator, mas com baixa capacidade na predição dos teores de Fe, em plantas de soja cultivadas em dezoito solos distintos do Estado do Paraná, seguido do Mehlich-1 e DTPA, com coeficientes de determinação ($p < 0,01$) de 0,15; 0,11 e 0,11, respectivamente (Silva et al., 2004). Rodrigues et al. (2001), utilizando dez solos da Região Amazônica, verificaram que os melhores coeficientes de correlação ($p < 0,05$) entre os teores de Fe no solo e os teores em plantas de arroz foram obtidos com o extrator Mehlich-3 em relação ao Mehlich-1 e DTPA. Abreu et al. (2004) não encontraram correlação significativa entre os teores de Fe no solo pelos extratores Mehlich-1, Mehlich-3 e DTPA na estimativa da disponibilidade deste micronutriente para plantas de milho e soja utilizando amostras de quarenta e quatro solos do Estado de São Paulo. Portanto, fica evidente a necessidade de mais estudos para a avaliação da disponibilidade de Fe para as várias culturas, incluindo o eucalipto, diante da inexistência ou da baixa correlação entre o teor deste nutriente no solo com seu teor na planta.

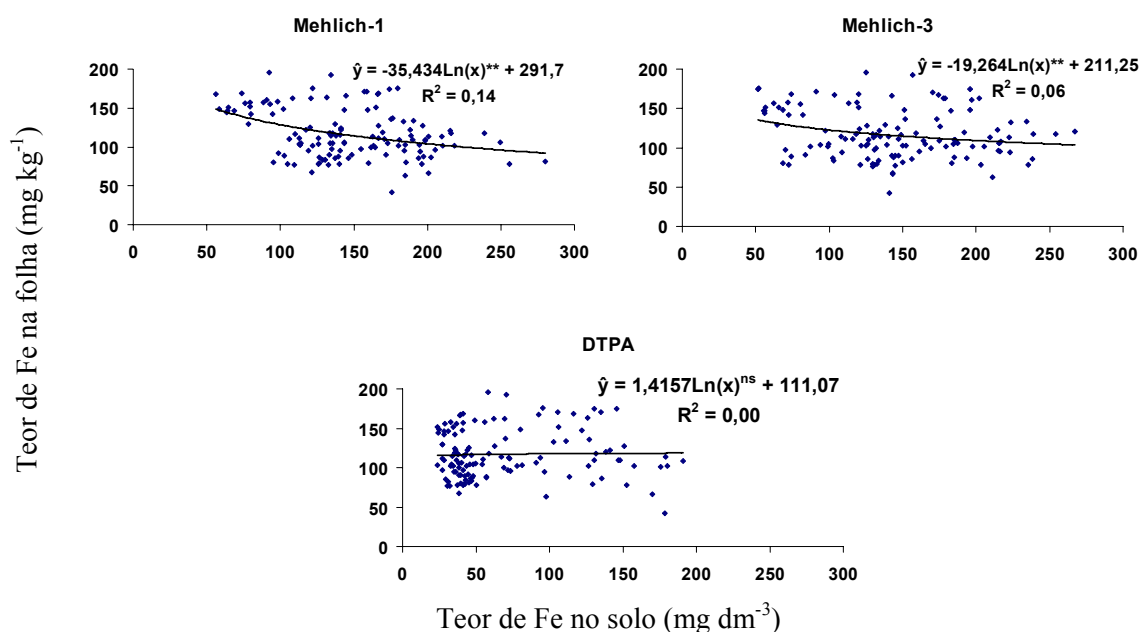


Figura 4 – Equações de regressão entre o teor de Fe nas folhas da posição basal proximal das árvores de eucalipto (B1) e os teores de Fe no solo por Mehlich-1, Mehlich-3 e DTPA. (n = 137).

** = significativo a 1 % pelo teste F. ^{ns} = não significativo pelo teste F.

Assim, ao se avaliar o relacionamento entre os teores foliares de micronutrientes catiônicos e seus teores disponíveis no solo para árvores de eucalipto com idade variando de dez a trinta meses, deve-se trabalhar com folhas amostradas na posição proximal de ramos do terço basal (B1) no estudo de Cu, Zn e Fe, e com folhas amostradas na posição proximal de ramos do terço apical (A1) no estudo de Mn.

Quadro 6 – Coeficientes de correlação entre propriedades do solo e os teores de Cu, Mn, Fe e Zn obtidos com o extrator Mehlich-1 (M-1) e os encontrados nas folhas de diferentes posições das plantas amostradas

	pH	Argila	COT	M-1 Cu	M-1 Mn	M-1 Fe	M-1 Zn	B1 Cu	B2 Cu	A1 Cu	A2 Cu	B1 Mn	B2 Mn	A1 Mn	A2 Mn	B1 Fe	B2 Fe	A1 Fe	A2 Fe	B1 Zn	B2 Zn	A1 Zn	A2 Zn
pH	1,00																						
Argila	-0,19	1,00																					
COT	-0,33	0,91	1,00																				
M-1 Cu	0,00	0,43	0,26	1,00																			
M-1 Mn	0,45	0,24	0,09	0,30	1,00																		
M-1 Fe	-0,33	-0,14	0,08	-0,12	-0,38	1,00																	
M-1 Zn	-0,09	0,23	0,27	0,49	0,01	0,08	1,00																
B1 Cu	0,07	0,42	0,36	0,18	0,27	-0,15	0,02	1,00															
B2 Cu	0,01	0,18	0,23	0,05	0,01	0,01	0,00	0,20	1,00														
A1 Cu	-0,03	0,12	0,10	0,08	0,04	-0,04	0,00	0,09	0,08	1,00													
A2 Cu	0,08	-0,08	-0,06	-0,02	-0,06	-0,06	-0,02	-0,10	0,00	-0,02	1,00												
B1 Mn	0,05	0,30	0,11	0,34	0,22	-0,37	-0,13	0,21	-0,01	0,14	0,02	1,00											
B2 Mn	0,06	0,21	0,05	0,27	0,28	-0,32	-0,08	0,23	-0,03	0,13	0,02	0,73	1,00										
A1 Mn	-0,02	0,00	-0,14	0,40	0,13	-0,04	-0,14	-0,01	-0,04	0,12	0,08	0,63	0,47	1,00									
A2 Mn	0,01	0,03	-0,13	0,39	0,25	-0,21	-0,15	0,02	-0,08	0,10	0,10	0,56	0,61	0,79	1,00								
B1 Fe	0,07	0,05	-0,03	0,10	0,10	-0,36	-0,01	0,28	-0,08	-0,05	0,07	0,14	0,10	0,12	0,15	1,00							
B2 Fe	0,04	0,15	0,06	0,17	0,02	-0,32	0,08	0,18	-0,10	-0,01	0,08	0,14	0,09	0,22	0,21	0,83	1,00						
A1 Fe	0,06	-0,09	-0,06	-0,08	-0,01	0,02	0,06	0,03	-0,06	-0,10	-0,09	-0,14	-0,11	-0,13	-0,17	0,25	0,22	1,00					
A2 Fe	0,08	0,20	0,11	0,18	0,11	-0,18	0,15	0,14	-0,03	0,02	-0,02	0,27	0,31	0,15	0,10	0,33	0,52	0,21	1,00				
B1 Zn	0,41	0,19	0,04	0,14	0,52	-0,20	-0,04	0,36	0,17	0,05	-0,15	0,11	0,05	-0,11	-0,11	-0,04	-0,11	0,09	0,11	1,00			
B2 Zn	0,27	0,31	0,15	0,23	0,45	-0,23	0,01	0,42	0,25	0,15	-0,12	0,11	0,04	-0,02	-0,02	0,03	0,06	0,08	0,14	0,84	1,00		
A1 Zn	0,14	0,20	0,05	0,19	0,22	-0,19	-0,07	0,17	0,10	0,19	-0,02	0,24	0,13	0,36	0,34	0,09	0,22	0,35	0,14	0,38	0,55	1,00	
A2 Zn	0,05	0,09	-0,03	0,17	0,12	-0,26	-0,05	0,01	0,12	0,22	0,05	0,28	0,26	0,31	0,44	0,04	0,13	-0,13	0,10	0,18	0,35	0,60	1,00

COT = carbono orgânico total. M-1 = teor do micronutriente extraído do solo pelo Mehlich-1. B1 = teor do micronutriente nas folhas da posição proximal do terço basal. B2 = teor do micronutriente nas folhas da posição distal do terço basal. A1 = teor do micronutriente nas folhas da posição proximal do terço apical. A2 = teor do micronutriente nas folhas da posição distal do terço apical.

Valores em vermelho são significativos a 5 % pelo teste F.

Quadro 7 – Coeficientes de correlação entre propriedades do solo e os teores de Cu, Mn, Fe e Zn obtidos com o extrator Mehlich-3 (M-3) e os encontrados nas folhas de diferentes posições das plantas amostradas

	pH	Argila	COT	M-3 Cu	M-3 Mn	M-3 Fe	M-3 Zn	B1 Cu	B2 Cu	A1 Cu	A2 Cu	B1 Mn	B2 Mn	A1 Mn	A2 Mn	B1 Fe	B2 Fe	A1 Fe	A2 Fe	B1 Zn	B2 Zn	A1 Zn	A2 Zn	
pH	1,00																							
Argila	-0,19	1,00																						
COT	-0,33	0,91	1,00																					
M-3 Cu	0,06	0,29	0,10	1,00																				
M-3 Mn	0,41	0,19	0,07	0,32	1,00																			
M-3 Fe	-0,29	-0,14	0,01	-0,09	-0,04	1,00																		
M-3 Zn	-0,12	0,22	0,27	0,26	-0,03	-0,03	1,00																	
B1 Cu	0,07	0,42	0,36	0,13	0,23	-0,07	0,01	1,00																
B2 Cu	0,01	0,18	0,23	0,08	0,01	-0,02	0,01	0,20	1,00															
A1 Cu	-0,03	0,12	0,10	0,12	0,04	-0,05	0,00	0,09	0,08	1,00														
A2 Cu	0,08	-0,08	-0,06	0,01	-0,07	-0,12	-0,02	-0,10	0,00	-0,02	1,00													
B1 Mn	0,05	0,30	0,11	0,40	0,15	-0,37	-0,12	0,21	-0,01	0,14	0,02	1,00												
B2 Mn	0,06	0,21	0,05	0,31	0,23	-0,33	-0,10	0,23	-0,03	0,13	0,02	0,73	1,00											
A1 Mn	-0,02	0,00	-0,14	0,55	0,08	-0,18	-0,11	-0,01	-0,04	0,12	0,08	0,63	0,47	1,00										
A2 Mn	0,01	0,03	-0,13	0,55	0,19	-0,25	-0,11	0,02	-0,08	0,10	0,10	0,56	0,61	0,79	1,00									
B1 Fe	0,07	0,05	-0,03	0,14	0,08	-0,21	-0,04	0,28	-0,08	-0,05	0,07	0,14	0,10	0,12	0,15	1,00								
B2 Fe	0,04	0,15	0,06	0,18	0,00	-0,27	0,04	0,18	-0,10	-0,01	0,08	0,14	0,09	0,22	0,21	0,83	1,00							
A1 Fe	0,06	-0,09	-0,06	-0,11	0,01	0,11	0,04	0,03	-0,06	-0,10	-0,09	-0,14	-0,11	-0,13	-0,17	0,25	0,22	1,00						
A2 Fe	0,08	0,20	0,11	0,11	0,10	-0,14	0,10	0,14	-0,03	0,02	-0,02	0,27	0,31	0,15	0,10	0,33	0,52	0,21	1,00					
B1 Zn	0,41	0,19	0,04	0,12	0,47	0,04	-0,07	0,36	0,17	0,05	-0,15	0,11	0,05	-0,11	-0,11	-0,04	-0,11	0,09	0,11	1,00				
B2 Zn	0,27	0,31	0,15	0,27	0,42	0,05	0,00	0,42	0,25	0,15	-0,12	0,11	0,04	-0,02	-0,02	0,03	0,06	0,08	0,14	0,84	1,00			
A1 Zn	0,14	0,20	0,05	0,24	0,19	-0,07	-0,06	0,17	0,10	0,19	-0,02	0,24	0,13	0,36	0,34	0,09	0,22	0,35	0,14	0,38	0,55	1,00		
A2 Zn	0,05	0,09	-0,03	0,26	0,08	-0,23	-0,01	0,01	0,12	0,22	0,05	0,28	0,26	0,31	0,44	0,04	0,13	-0,13	0,10	0,18	0,35	0,60	1,00	

COT = carbono orgânico total. M-3 = teor do micronutriente extraído do solo pelo Mehlich-3. B1 = teor do micronutriente nas folhas da posição proximal do terço basal. B2 = teor do micronutriente nas folhas da posição distal do terço basal. A1 = teor do micronutriente nas folhas da posição proximal do terço apical. A2 = teor do micronutriente nas folhas da posição distal do terço apical.

Valores em vermelho são significativos a 5 % pelo teste F.

Quadro 8 – Coeficientes de correlação entre propriedades do solo e os teores de Cu, Mn, Fe e Zn obtidos com o extrator DTPA e os encontrados nas folhas de diferentes posições das plantas amostradas

	pH	Argila	COT	DTPA Cu	DTPA Mn	DTPA Fe	DTPA Zn	B1 Cu	B2 Cu	A1 Cu	A2 Cu	B1 Mn	B2 Mn	A1 Mn	A2 Mn	B1 Fe	B2 Fe	A1 Fe	A2 Fe	B1 Zn	B2 Zn	A1 Zn	A2 Zn
pH	1,00																						
Argila	-0,19	1,00																					
COT	-0,33	0,91	1,00																				
DTPA Cu	-0,11	0,41	0,36	1,00																			
DTPA Mn	0,15	0,21	0,12	0,17	1,00																		
DTPA Fe	-0,57	0,44	0,69	0,18	-0,15	1,00																	
DTPA Zn	-0,12	0,22	0,27	0,50	0,01	0,28	1,00																
B1 Cu	0,07	0,42	0,36	0,11	0,18	0,08	-0,01	1,00															
B2 Cu	0,01	0,18	0,23	0,11	0,02	0,15	-0,02	0,20	1,00														
A1 Cu	-0,03	0,12	0,10	0,05	0,07	-0,04	-0,03	0,09	0,08	1,00													
A2 Cu	0,08	-0,08	-0,06	0,04	-0,04	-0,11	-0,03	-0,10	0,00	-0,02	1,00												
B1 Mn	0,05	0,30	0,11	0,11	0,17	-0,36	-0,17	0,21	-0,01	0,14	0,02	1,00											
B2 Mn	0,06	0,21	0,05	0,06	0,27	-0,34	-0,12	0,23	-0,03	0,13	0,02	0,73	1,00										
A1 Mn	-0,02	0,00	-0,14	0,18	0,13	-0,42	-0,16	-0,01	-0,04	0,12	0,08	0,63	0,47	1,00									
A2 Mn	0,01	0,03	-0,13	0,16	0,26	-0,45	-0,17	0,02	-0,08	0,10	0,10	0,56	0,61	0,79	1,00								
B1 Fe	0,07	0,05	-0,03	0,15	0,12	-0,20	-0,02	0,28	-0,08	-0,05	0,07	0,14	0,10	0,12	0,15	1,00							
B2 Fe	0,04	0,15	0,06	0,22	0,05	-0,13	0,08	0,18	-0,10	-0,01	0,08	0,14	0,09	0,22	0,21	0,83	1,00						
A1 Fe	0,06	-0,09	-0,06	-0,04	0,00	0,06	0,07	0,03	-0,06	-0,10	-0,09	-0,14	-0,11	-0,13	-0,17	0,25	0,22	1,00					
A2 Fe	0,08	0,20	0,11	0,10	0,10	-0,06	0,20	0,14	-0,03	0,02	-0,02	0,27	0,31	0,15	0,10	0,33	0,52	0,21	1,00				
B1 Zn	0,41	0,19	0,04	-0,01	0,31	-0,16	-0,08	0,36	0,17	0,05	-0,15	0,11	0,05	-0,11	-0,11	-0,04	-0,11	0,09	0,11	1,00			
B2 Zn	0,27	0,31	0,15	0,14	0,32	-0,10	-0,04	0,42	0,25	0,15	-0,12	0,11	0,04	-0,02	-0,02	0,03	0,06	0,08	0,14	0,84	1,00		
A1 Zn	0,14	0,20	0,05	0,08	0,17	-0,25	-0,10	0,17	0,10	0,19	-0,02	0,24	0,13	0,36	0,34	0,09	0,22	0,35	0,14	0,38	0,55	1,00	
A2 Zn	0,05	0,09	-0,03	0,08	0,10	-0,29	-0,03	0,01	0,12	0,22	0,05	0,28	0,26	0,31	0,44	0,04	0,13	-0,13	0,10	0,18	0,35	0,60	1,00

COT = carbono orgânico total. DTPA = teor do micronutriente extraído do solo pelo DTPA. B1 = teor do micronutriente nas folhas da posição proximal do terço basal. B2 = teor do micronutriente nas folhas da posição distal do terço basal. A1 = teor do micronutriente nas folhas da posição proximal do terço apical. A2 = teor do micronutriente nas folhas da posição distal do terço apical.

Valores em vermelho são significativos a 5 % pelo teste F.

3.3. Influência de propriedades do solo nos teores foliares de Cu, Mn, Fe e Zn

A disponibilidade dos micronutrientes no solo foi afetada por pelo teor de carbono orgânico total (COT) e argila (Arg) e pelo pH, conforme apontado por Havlin et al. (1999). A inclusão dessas três propriedades junto aos teores dos micronutrientes catiônicos melhorou significativamente o poder dos modelos em estimar os teores dos micronutrientes nas folhas de eucalipto (Quadro 9). No caso específico do Zn, com essa inclusão não houve melhoras significativas dos modelos originais.

Quadro 9 – Equações de regressão múltipla com a inclusão de propriedades do solo na estimativa da concentração foliar de Cu e Fe (folhas da posição B1) e Mn (folhas da posição A1) a partir do teor disponível no solo pelos extratores Mehlich-1 (M-1), Mehlich-3 (M-3) e DTPA

Teor (mg kg ⁻¹)	Equação de regressão múltipla	R ²
Cu	= 3,55 + 1,09 COT** + 2,28 Ln(M-1)**	(eq. 49) 0,70
	= 3,30 + 0,04 Arg** + 1,99 Ln(M-1)**	(eq. 50) 0,69
	= 2,99 + 1,65 COT** + 1,52 Ln(M-3)**	(eq. 51) 0,60
	= 2,51 + 0,06 Arg** + 1,15 Ln(M-3)**	(eq. 52) 0,60
	= 2,77 + 1,37 COT** + 2,05 Ln(DTPA)**	(eq. 53) 0,43
	= 1,93 + 0,06 Arg** + 1,45 Ln(DTPA)**	(eq. 54) 0,50
Mn	= 542,01 – 110,14 pH** – 2,04 Arg** + 205,94 Ln(M-1)**	(eq. 55) 0,45
	= 674,53 – 128,4 pH** – 65,45 COT** + 194,79 Ln(M-1)**	(eq. 56) 0,48
	= 682,1 – 108,27 pH** – 45,9 COT** + 174,63 Ln(M-3)**	(eq. 57) 0,44
	= 224,33 – 52,36 COT** + 196,57 Ln(DTPA)**	(eq. 58) 0,38
	= 190,48 – 1,38 Arg* + 202,77 Ln(DTPA)**	(eq. 59) 0,35
	= 241,45 – 160,14 COT** + 4,55 Arg** + 161,16 Ln(DTPA)**	(eq. 60) 0,42
Fe	= 290,11 + 13,75 COT** – 40,11 Ln(M-1)**	(eq. 61) 0,29
	= 251,34 + 0,56 Arg** – 32,96 Ln(M-1)**	(eq. 62) 0,32
	= 196,41 + 12,38 COT** – 20,77 Ln(M-3)**	(eq. 63) 0,18
	= 176,58 + 0,58 Arg** – 18,12 Ln(M-3)**	(eq. 64) 0,25
	= 160,54 + 20,55 COT** – 19,86 Ln(DTPA)*	(eq. 65) 0,18
	= 130,25 + 0,73 Arg** – 12,30 Ln(DTPA)*	(eq. 66) 0,24

** = significativo a 1 % pelo teste F. * = significativo a 5 % pelo teste F.

A inclusão simultânea dos teores de COT e argila do solo nos modelos não aumentou o seu poder de predição do teor foliar de Cu. Contudo, a estimativa deste teor foi melhorada com a inclusão dos teores de COT ou de argila em combinação com o teor disponível para os três extratores (Quadro 9). Os modelos gerados com a inclusão do pH não foram significativos. O Mehlich-3 foi o extrator para o qual se obteve o maior aumento da capacidade de predição dos teores foliares de Cu (Quadro 9), comparado com os modelos originais (Figura 1). O Mehlich-1 permitiu melhor estimativa do teor de Cu nas folhas (Quadro 9) com a inclusão do COT, seguido do

Mehlich-3 e DTPA (equações 49, 51 e 54, respectivamente). A variação no teor foliar de Cu causada pela inclusão do teor de COT foi semelhante àquela causada pelo teor de argila, conforme indicam as equações 49, 50, 51 e 52 (Quadro 9).

A inclusão dos teores totais de Cu, argila e areia melhorou o poder de predição pelo DTPA para cereais, com o valor de R^2 passando de 0,31 ($p < 0,01$), quando somente o extrator foi utilizado na predição, para 0,59 ($p < 0,01$), quando essas propriedades foram incluídas ao teor disponível no solo (Lombnaes & Singh, 2003). A disponibilidade do Cu na solução do solo foi positivamente correlacionada com o Cu trocável e, negativamente, correlacionada com o pH do solo, sendo que nas regressões múltiplas significativas o coeficiente de determinação ajustado foi maior (Krishnamurti & Naidu, 2002).

A correlação positiva dos teores de COT e argila com os teores foliares de Cu pode ser melhor compreendido ao se analisar as correlações entre estas propriedades do solo e os teores de Cu nas folhas da posição B1 e no solo pelos três extratores (Quadros 6, 7 e 8). Por meio destas correlações, pode-se verificar que os solos com maiores teores de COT e argila promovem maior disponibilidade de Cu e, conseqüentemente, o aumento do teor de Cu nas folhas basais das plantas de eucalipto (B1 e B2). A fração argila possui em sua constituição minerais silicatados 1:1 e oxi-hidróxidos, os quais, através da adsorção, desempenham importante papel no controle dos teores de Cu em solução (Harter, 1991; Arias et al., 2006). A matéria orgânica do solo é constituída por ácidos húmicos e fúlvicos, polifenóis, aminoácidos, peptídeos, proteínas e polissacarídeos. Esses compostos são responsáveis pela formação de complexos orgânicos com Cu, Mn, Fe e Zn do solo (complexos organometálicos), podendo diminuir a solubilidade desses micronutrientes, em virtude da formação de complexos com ácidos húmicos, ou aumentar sua disponibilidade em virtude da complexação com ácidos fúlvicos e outros compostos orgânicos de baixo peso molecular (Harter, 1991; Stevenson, 1994; Abreu et al., 2007). A liberação de compostos orgânicos de baixo peso molecular (ex.: citrato e malato), oriundos da decomposição de resíduos de feijão guandu e milho, aumentou o fluxo difusivo do Cu no solo pela formação de complexos organometálicos com carga líquida negativa (Pegoraro et al., 2006a,b). No estudo conduzido por Arias et al. (2006), a adsorção do Cu ao solo foi maior do que a do Zn, com as maiores diferenças entre eles encontradas nos solos com os maiores teores de matéria orgânica, o que dá a idéia da maior afinidade do Cu com a matéria orgânica do solo do que o Zn.

Um maior número de características do solo influenciou o teor de Mn nas folhas de eucalipto (Quadro 9). O DTPA foi o extrator que apresentou o maior aumento da capacidade de predição dos teores foliares de Mn (Quadro 9, equação 60). O Mehlich-1 continuou como o melhor extrator nesta predição (Quadro 9, equações 55 e 56). Os modelos de regressão mostram que os teores foliares de Mn aumentaram com sua disponibilidade no solo, enquanto que COT e pH afetaram negativamente. Em alguns modelos, o teor de argila relacionou-se negativamente com os teores foliares de Mn (Quadro 9, equações 55 e 59), e em outro a relação foi positiva (Quadro 6, equação 60). O teor de argila do solo correlacionou-se positivamente com os teores de Mn disponíveis no solo pelos três extratores, mas apresentou correlação significativa somente com os teores de Mn nas folhas da posição basal das árvores (Quadros 6, 7 e 8), as quais não foram utilizadas na elaboração dos modelos de regressão múltipla (Quadro 9). Assim, ao se observar a correlação entre os teores foliares de Mn na posição A1 e estas três propriedades do solo (Quadros 6, 7 e 8), nota-se que estas correlações não são significativas. Isto indica que os resultados observados nos modelos de regressão múltipla (Quadro 9) ocorrem em virtude da covariação das propriedades do solo com os teores disponíveis pelos extratores.

Os teores de Mn em plantas de cevada não tiveram correlação significativa com os teores de Mn extraídos por Mehlich-3 e DTPA, e mesmo quando propriedades do solo, como teores de carbono e de argila e pH, foram incluídas nos modelos, como observado por Obrador et al. (2007).

A inclusão do teor de COT ou do teor de argila, isoladamente, aumentou o poder da predição dos modelos para o teor de Fe nas folhas de eucalipto (Quadro 9). As melhorias geradas pela inclusão dessas propriedades ocorreram inclusive para o DTPA, com o qual não havia se estabelecido correlação significativa dos teores no solo com os teores foliares. Assim, o DTPA foi o extrator que apresentou maior aumento da capacidade de predição dos teores foliares de Fe, já que passou de um modelo não significativo a modelos significativos com coeficiente de determinação de 0,18 e 0,24 (Quadro 9, equações 65 e 66, respectivamente). Os modelos gerados com a inclusão do pH não foram significativos. Mesmo com as melhorias geradas pela inclusão dessas propriedades, o Fe continuou sendo o elemento para o qual se obtiveram as piores predições dos teores foliares. O teor de argila foi a propriedade que mais contribuiu para a melhoria da predição dos teores foliares de Fe para os três extratores em comparação ao COT (Quadro 9). Entretanto, estas propriedades do solo não apresentaram correlação

significativa com os teores de Fe das folhas localizadas nas posições basais (B1 e B2), mesmo com os teores disponíveis deste nutriente no solo pelo DTPA, correlacionando-se positivamente com estas propriedades (Quadros 6, 7 e 8).

O Fe apresenta disponibilidade adequada para pastagem na região do Cerrado, mesmo em solos mais arenosos (Vendrame et al., 2007). Nas regiões de Três Marias e Curvelo, onde ocorreram maiores variações quanto à textura entre talhões amostrados, os teores de Fe nos solos de textura média e argilosa são menores do que os encontrados nos solos de textura muito argilosa pelos extratores Mehlich-1 e Mehlich-3 (Quadros 1 e 2). Estes menores teores de Fe encontrados nos solos muito argilosos se devem provavelmente ao desgaste dos extratores ácidos pelo solo, efeito relatado, com frequência, na extração de P por extratores ácidos (Novais & Smyth, 1999).

3.4. Influência do material genético nos teores foliares de Cu, Mn, Fe e Zn

Alguns dos modelos de regressão entre os teores foliares de Cu, Mn, Fe e Zn, dos clones agrupados segundo as espécies que lhe deram origem, e os teores extraídos do solo e, ou os teores de COT e, ou os teores de argila e, ou o pH do solo foram significativos ($p < 0,05$). Porém, ao se avaliar a identidade desses modelos para cada nutriente, verificou-se que eles não diferiram estatisticamente entre si ($p < 0,05$), indicando não haver diferença significativa nos teores foliares dos micronutrientes catiônicos entre os materiais genéticos estudados. Por esta razão, a estimativa dos teores foliares deve ser feita utilizando o modelo geral para *Eucalyptus*, sejam eles de regressão simples ou múltipla (Figuras 1, 2, 3 e 4; e Quadro 9, respectivamente), independente da origem do material genético. Assim, a hipótese de que a exigência desses micronutrientes é diferente entre materiais genéticos não pode ser suportada pelos dados deste trabalho. A grande variabilidade edafoclimática e a interação genótipo-ambiente (Gomes, 1996) podem ter contribuído para que a hipótese não pudesse ser validada.

4. CONCLUSÕES

O Mehlich-1 é o melhor extrator para avaliar a disponibilidade de micronutrientes catiônicos para eucalipto.

O teor foliar de Cu e de Fe em eucalipto é afetado principalmente pelos teores de carbono orgânico total e argila do solo, e o de Mn pelos teores de argila e pH do solo.

A disponibilidade dos micronutrientes catiônicos avaliada pelo Mehlich-3 e pelo DPTA é mais afetada pelo pH e teores de carbono orgânico total e argila do solo do que a avaliada pelo Mehlich-1.

Não há diferença significativa nos teores foliares dos micronutrientes catiônicos entre os materiais genéticos estudados.

Os resultados deste estudo indicam a necessidade de se considerar às características de solo na avaliação da disponibilidade de micronutrientes catiônicos para o eucalipto no solo e dos teores foliares desses nutrientes.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, C.A.; LOPEZ, A.S. & SANTOS, G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.N., eds. Fertilidade do solo. Viçosa, SBCS, 2007. p.645-736.
- ABREU, C.A.; RAIJ, B. van; ABREU, M.F. & PAZ GONZALEZ, A. Avaliação da disponibilidade de manganês e ferro em solos pelo uso do método modificado da resina de troca iônica. R. Bras. Ci. Solo, 28:579-584, 2004.
- ARIAS, M.; PÉREZ-NOVO, C.; LÓPEZ, E. & SOTO, B. Competitive adsorption and desorption of copper and zinc in acid soils. Geoderma, 133:151-159, 2006.
- ALVAREZ, J.M.; LOPEZ-VALDIVIA, L.M.; NOVILLO, J.; OBRADOR, A. & RICO, M.I. Comparison of EDTA and sequential extraction tests for phytoavailability prediction of manganese and zinc in agricultural alkaline soils. Geoderma, 132:450-463, 2006.
- BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F. Eucalypt nutrition and fertilizer regimes in Brazil. In: ATTIWILL, P.M. & ADAMS, M.A., eds. Nutrition of eucalypts. Collingwood, CISRO, 1996. p.335-356.
- BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L. & NOVAIS, R.F. Fertilidade de solos, nutrientes e produção florestal. Visão Agri., 4:76-79, 2005.
- BRAY, R.H. Requirements for successful soils tests. Soil Sci., 66:83-89, 1948.
- BOUCHARDET, J.A. Crescimento características físicas e anatômicas da madeira juvenil de dois clones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em resposta à aplicação de boro. Piracicaba, ESALQ, 2002. 69p. (Dissertação de Mestrado)
- CANCELA, R.C.; FREIRE, A.R.; ABREU, C.A. & GONZÁLEZ, A.P. Eficacia de cuatro extractantes an la evaluación de la disponibilidad de cobre para maíz y soja. Bragantia, 60:205-212, 2001.
- CANTARUTTI, R.B.; BARROS, N.F.; MARTINEZ, H.E.P. & NOVAIS, R.F. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.N., eds. Fertilidade do solo. Viçosa, SBCS, 2007. p.769-845.
- CERETTA, C.A.; SILVA, L.S. & PAVINATO, A. Manejo da adubação. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.N., eds. Fertilidade do solo. Viçosa, SBCS, 2007. p.851-871.

- COREY, R.B. Factors affecting the availability of nutrients to plants. In: WALSH, L.M. & BEATON, J.D., eds. Soil testing and plant analysis. Madison, SSSA, 1977. p.23-34.
- COSTA, J.P.V.; BARROS, N.F.; ALBUQUERQUE, A.W.; FILHO, G.M. & SANTOS, J.R. Fluxo difusivo de fósforo em função de doses e da umidade do solo. R. Bras. Eng. Agrí. Ambien., 10:828-835, 2006.
- DELL, B.; MALAJCZUK, D.; XU, D. & GROVE, T.S. Nutrient disorders in plantation eucalypts. 2.ed. Canberra, ACIAR, 2001. 188p.
- DEL QUIQUI, E.M.; MARTINS, S.S.; PINTRO, J.C.; ANDRADE, P.J.P. & MUNIZ, A.S. Crescimento e composição mineral de mudas de eucalipto cultivadas sob condições de diferentes fontes de fertilizantes. Acta Scient., 26:293-299, 2004.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2 ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de pesquisa de Solos, 1997. 212p.
- FERREIRA, G.B. Dinâmica das frações de micronutrientes catiônicos e esgotamento de formas disponíveis de boro, cobre, ferro, manganês e zinco, em solos de Minas Gerais. Universidade Federal de Viçosa, 2003. 169p. (Tese de Doutorado)
- GOMES, F.S. Interação genótipo x ambiente e eficiência nutricional de clones de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake na Bacia do Rio Jarí-Pará. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1996, 85p. (Dissertação de Mestrado)
- GONÇALVES Jr., A.C.; PRESTES, A.L.; RIBEIRO, O.L. & SANTOS, A.L. Métodos extratores e fitodisponibilidade de zinco para milho em Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico. Scient. Agra., 7:35-40, 2006.
- HARTER, R.D. Micronutrient adsorption-desorption reactions in soil. In: MORTVEDT, J.J.; COX, F.R.; SHUMAN, L.M. & WELCH, R.M., eds. Micronutrients in agriculture. 2.ed. Madison, SSSA, 1991. p.59-53.
- HAVLIN, J.L.; BEATON, J.D.; TISDALE, S.L. & NELSON, W.L. Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management 6.ed. New Jersey, IUSR, 1999. 499p.
- KABATA-PENDIAS, A. Soil-plant transfer of trace elements: An environmental issue. Geoderma, 122:143-149, 2004.
- KRISHNAMURTI, G.S.R. & NAIDU, R. Solid-solution speciation and phytoavailability of copper and zinc in soils. Environ. Sci. Technol., 36:2645-2651, 2002.
- LOMBNAES, P. & SINGH, B.R. Predicting Zn and Cu status in cereals – potential for a multiple regression model using soil parameters. J. Agri. Sci., 141:349-357, 2003.

- LOPES, A.S. & ALVAREZ V., V.H. Apresentação dos resultados das análises de solo. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ, V.H., eds. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5.ed. Viçosa, CFSEMG, 1999. p.21-24.
- LOPEZ, A.S. & SOUZA, E.C.A. Filosofias e eficiência de aplicação. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B. van & ABREU, C.A., eds. Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. Jaboticabal, POTAFOS, 2001. p.255-282.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2.ed. San Diego, Academic Press, 1995. 889p.
- NASCIMENTO, C.W.A. Dessorção, extração e fracionamento de zinco, cobre e manganês em solos. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 60p. (Tese de Doutorado)
- NASCIMENTO, C.W.A.; FONTES, R.L.F.; NEVES, L.C.L. & MELICIO, A.C.F.D. Fracionamento, dessorção e extração química de Zn em Latossolos. R. Bras. Ci. Solo, 26:599-606, 2002.
- NASCIMENTO, C.W.A.; FONTES, R.L.F. & MELICIO, A.C.F.D. Copper availability as related to soil copper fractions in Oxisols under liming. Scient. Agri., 60:167:173, 2003.
- NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F. & NEVES, J.C.L. Nutrição mineral do eucalipto. In: BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F., eds. Relação solo-eucalipto. Viçosa, UFV, 1990. p.25-98.
- NOVAIS, R.F. & SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa, UFV, 1999, 399p.
- OBRADOR, A.; ALVAREZ, J.M.; LOPEZ-VALDIVIA, L.M.; GONZALEZ, D.; NIVILLO, M.I. & RICO, M.I. Relationships of soil properties with Mn and Zn distribution in acid soils and their uptake by a barley crop. Geoderma, 137:432-443, 2007.
- PEGORARO, R.F.; SILVA, I.R.; NOVAIS, R.F.; MENDONÇA, E.S.; GEBRIM, F.O. & MOREIRA, F.F. Fluxo difusivo e biodisponibilidade de zinco, cobre, ferro e manganês no solo: Influência da calagem, textura do solo e resíduos vegetais. R. Bras. Ci. Solo, 30:859-868, 2006.a
- PEGORARO, R.F.; SILVA, I.R.; NOVAIS, R.F.; MENDONÇA, E.S.; ALVAREZ V., V.H.; NUNES, F.N. & GEBRIM, F.O. Fluxo difusivo de micronutrientes catiônicos afetado pelo tipo, dose e época de incorporação de adubos verdes no solo. R. Bras. Ci. Solo, 30:997-1006, 2006.b

- PINHEIRO, A.L. Reflexos da fertilização mineral de boro na estrutura anatômica, no crescimento e na seca-de-ponteiro de *Eucalyptus citriodora* Hook e *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh no Cerrado de Minas Gerais. Curitiba, UFPR, 1999. 191p. (Tese de Doutorado)
- RODRIGUES, M.R.L.; MALAVOLTA, E. & MOREIRA, A. Comparação de soluções extratoras de ferro e manganês em solos da Amazônia. *Pesq. Agropec. Bras.*, 36:143-149, 2001.
- RUIZ, H.A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). *R. Bras. Ci. Solo*, 29:297-300, 2005.
- SILVA, M.A.G.; MUNIZ, A.S.; MATA, J.D.V. & CEGANA, A.C.V. Extratores para a quantificação do zinco e do cobre em solos cultivados com soja. *Acta Scient.*, 26:361-366, 2003.
- SILVA, M.A.G.; MUNIZ, A.S.; COSTA, A.C.S. & CEGANA, A.C.V. Extratores para a quantificação de Fe em solos cultivados com soja. *Acta Scient.*, 26:367-371, 2004.
- SILVA NETO, J.A. Taxas de recuperação de zinco, cobre e boro por diferentes extratores em solos da Bahia e Minas Gerais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2003, 51p. (Dissertação de Mestrado)
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA (SBS). Fatos e números do Brasil florestal. Brasil, SBS, 2006. 105p.
- STEVENSON, F.J. Organic matter-micronutrient reactions in soil. In: MORTVEDT, J.J.; COX, F.R.; SHUMAN, L.M. & WELCH, R.M., eds. *Micronutrients in Agriculture*. 2.ed. Madison, SSSA, 1991. p.145-181.
- STEVENSON, F.J. *Humus chemistry*. 2.ed. Illinois, JW, 1994. 496p.
- VENDRAME, P.R.S.; BRITO, O.R.; QUANTIN, C. & BECQUER, T. Disponibilidade de cobre, ferro, manganês e zinco em solos sob pastagem na região do Cerrado. *Pesq. Agropec. Bras.*, 42:859-864, 2007.
- YEOMANS, J.C. & BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of carbon in soil. *Commun. in Soil Sci. Plant Anal.*, 19:1467-1476, 1988.

6. APÊNDICE

Quadro 1 - Teores de Cu nas folhas das posições B1, B2, A1 e A2 nos talhões amostrados nas diferentes regiões (n = 150)

Região	Talhão	B1	B2	A1	A2	Média
		-----mg kg ⁻¹ -----				
Itamarandiba	1	5,08	6,03	6,53	5,53	5,79
	2	6,75	6,43	7,88	8,75	7,45
	3	4,73	10,65	7,78	8,23	7,84
	4	3,95	5,20	5,23	7,08	5,36
	5	3,80	4,43	4,38	4,93	4,38
	6	9,00	22,15	10,03	8,05	12,31
	Média	5,55	9,15	6,97	7,09	7,19
João Pinheiro	1	0,93	1,18	1,63	2,85	1,64
	2	0,55	0,68	3,65	1,23	1,53
	3	0,98	3,53	0,18	17,88	5,64
	4	0,13	0,53	24,78	4,58	7,50
	5	2,33	1,65	2,20	16,65	5,71
	6	1,03	17,23	2,07	6,05	6,59
	7	5,23	1,03	1,58	17,73	6,39
	8	5,78	1,80	1,88	8,15	4,40
Média	2,12	3,45	4,74	9,39	4,92	
Paracatu	1	7,50	6,35	6,03	4,85	6,18
	2	7,65	8,05	9,03	6,53	7,81
	3	7,78	4,55	5,93	5,65	5,98
	4	8,80	11,48	6,43	4,83	7,88
	5	6,90	5,05	4,75	4,60	5,33
	Média	7,73	7,10	6,43	5,29	6,64
Belo Oriente	1	7,13	13,63	19,43	10,75	12,73
	2	5,23	4,88	7,83	8,90	6,71
	3	4,93	4,45	5,00	5,45	4,96
	4	4,33	3,93	4,33	4,05	4,16
	5	4,38	4,28	5,75	5,73	5,03
	Média	5,20	6,23	8,47	6,98	6,72
Três Marias	1	2,80	3,55	6,78	7,53	5,16
	2	1,68	1,63	1,73	4,83	2,46
	3	2,25	3,28	2,70	5,73	3,49
	4	4,10	4,48	4,05	6,18	4,70
	5	4,40	5,55	6,25	8,05	6,06
	6	6,70	4,73	7,55	7,95	6,73
	7	3,53	5,80	11,33	8,80	7,36
	Média	3,64	4,14	5,77	7,01	5,14

B1 = folhas da posição proximal do terço basal. B2 = folhas da posição distal do terço basal. A1 = folhas da posição proximal do terço apical. A2 = folhas da posição distal do terço apical.

Quadro 1 - Continuação

Curvelo	1	2,88	3,78	4,48	6,63	4,44
	2	3,30	3,88	6,03	9,43	5,66
	3	6,58	6,83	12,75	12,70	9,71
	4	4,43	11,53	12,30	11,98	10,06
	5	1,95	3,50	7,68	9,35	5,62
	6	3,58	4,70	12,43	10,65	7,84
	7	7,55	5,78	10,23	11,18	8,68
	Média	4,32	5,71	9,41	10,27	7,43

B1 = folhas da posição proximal do terço basal. B2 = folhas da posição distal do terço basal. A1 = folhas da posição proximal do terço apical. A2 = folhas da posição distal do terço apical.

Quadro 2 - Teores de Mn nas folhas das posições B1, B2, A1 e A2 nos talhões amostrados nas diferentes regiões (n = 150)

Região	Talhão	B1	B2	A1	A2	Média
		-----mg kg ⁻¹ -----				
Itamarandiba	1	610,15	236,73	230,58	144,50	305,49
	2	1258,18	593,03	339,60	250,40	610,30
	3	347,38	253,48	100,55	65,48	191,72
	4	287,05	300,18	117,43	77,85	195,63
	5	365,63	236,90	206,53	93,33	225,59
	6	362,93	344,20	220,45	139,43	266,75
	Média	538,55	327,42	202,52	128,50	299,25
João Pinheiro	1	243,30	253,98	259,35	120,88	219,38
	2	290,10	171,60	345,98	187,75	248,86
	3	263,95	207,13	197,90	138,10	201,77
	4	594,33	402,98	208,93	130,68	334,23
	5	381,53	359,10	246,53	203,80	297,74
	6	271,23	183,05	141,53	104,63	175,11
	7	577,10	442,63	629,65	347,35	499,18
	8	412,08	317,68	377,33	185,08	323,04
Média	379,20	292,27	300,90	177,28	287,41	
Paracatu	1	1372,10	654,63	505,20	223,38	688,83
	2	673,95	537,75	412,00	119,10	435,70
	3	898,48	653,38	769,33	277,98	649,79
	4	873,28	715,43	742,93	483,93	703,89
	5	745,58	521,48	412,55	290,60	492,55
	Média	912,68	616,53	568,40	279,00	594,15
Belo Oriente	1	842,65	556,05	549,38	303,45	562,88
	2	793,83	463,98	368,63	286,73	478,29
	3	849,48	839,23	852,58	664,78	801,51
	4	435,90	368,53	476,38	174,25	363,76
	5	567,88	608,88	387,68	387,35	487,94
	Média	697,95	567,33	526,93	363,31	538,88
Três Marias	1	787,68	678,83	641,25	682,85	697,65
	2	632,25	585,30	374,35	295,18	471,77
	3	607,45	316,93	373,93	262,73	390,26
	4	936,98	693,98	948,85	381,55	740,34
	5	1034,50	403,60	998,15	366,95	700,80
	6	1804,60	1821,95	663,33	612,43	1225,58
	7	1659,78	1273,80	1489,75	679,45	1275,69
	Média	1066,18	824,91	784,23	468,73	786,01
Curvelo	1	1595,23	678,75	1807,45	675,45	1189,22
	2	935,68	628,00	853,18	648,60	766,36
	3	1725,63	678,95	1760,73	635,93	1200,31
	4	695,50	611,53	1208,43	620,08	783,88
	5	1388,23	732,53	2503,53	972,25	1399,13
	6	730,38	691,75	1797,20	634,20	963,38
	7	702,58	533,95	710,40	584,33	632,81
	Média	1110,46	650,78	1520,13	681,55	990,73

B1 = folhas da posição proximal do terço basal. B2 = folhas da posição distal do terço basal. A1 = folhas da posição proximal do terço apical. A2 = folhas da posição distal do terço apical.

Quadro 3 - Teores de Fe nas folhas das posições B1, B2, A1 e A2 nos talhões amostrados nas diferentes regiões (n = 150)

Região	Talhão	B1	B2	A1	A2	Média
		-----mg kg ⁻¹ -----				
Itamarandiba	1	145,23	114,45	153,35	61,60	118,66
	2	102,30	69,23	75,13	41,05	71,93
	3	115,23	87,80	92,53	57,50	88,26
	4	166,05	153,28	178,25	121,70	154,82
	5	114,65	102,38	130,95	81,20	107,29
	6	92,95	83,93	114,68	61,95	88,38
	Média	122,73	101,84	124,15	70,83	104,89
João Pinheiro	1	104,20	76,53	327,85	63,45	143,01
	2	88,13	55,30	87,08	61,95	73,11
	3	92,83	59,38	78,20	45,00	68,85
	4	81,23	71,93	97,25	52,53	75,73
	5	95,53	69,65	72,00	52,88	72,51
	6	83,35	64,28	80,08	52,35	70,01
	7	429,98	218,78	201,30	91,75	235,45
	8	286,00	192,35	212,20	93,30	195,96
Média	157,65	101,02	144,49	64,15	116,83	
Paracatu	1	118,95	68,88	113,40	81,70	95,73
	2	110,98	82,43	119,63	74,43	96,86
	3	127,38	71,68	126,58	89,80	103,86
	4	97,88	62,85	114,33	79,23	88,57
	5	121,50	69,18	110,48	71,03	93,04
	Média	115,34	71,00	116,88	79,24	95,61
Belo Oriente	1	172,35	81,80	97,38	74,20	106,43
	2	181,73	86,28	73,63	72,05	103,42
	3	160,63	100,40	115,13	63,40	109,89
	4	126,03	92,90	136,93	63,73	104,89
	5	80,43	78,08	81,78	78,50	79,69
	Média	144,23	87,89	100,97	70,38	100,87
Três Marias	1	111,25	85,13	149,43	65,75	102,89
	2	114,03	60,40	101,53	66,78	85,68
	3	113,55	69,40	98,33	64,38	86,41
	4	84,28	76,10	92,70	56,05	77,28
	5	93,10	74,80	96,95	67,30	83,04
	6	152,98	77,48	91,55	73,65	98,91
	7	205,93	180,38	135,45	191,00	178,19
Média	125,01	89,10	109,42	83,56	101,77	
Curvelo	1	273,63	196,45	121,75	79,68	167,88
	2	142,68	134,93	78,38	66,05	105,51
	3	148,43	109,58	80,90	73,95	103,21
	4	105,68	88,80	75,85	69,65	84,99
	5	112,70	101,00	67,73	53,20	83,66
	6	81,23	76,53	67,65	56,40	70,45
	7	289,80	233,15	84,18	59,78	166,73
Média	164,88	134,35	82,35	65,53	111,77	

B1 = folhas da posição proximal do terço basal. B2 = folhas da posição distal do terço basal. A1 = folhas da posição proximal do terço apical. A2 = folhas da posição distal do terço apical.

Quadro 4 - Teores de Zn nas folhas das posições B1, B2, A1 e A2 nos talhões amostrados nas diferentes regiões (n = 150)

Região	Talhão	B1	B2	A1	A2	Média
-----mg kg ⁻¹ -----						
Itamarandiba	1	10,13	10,83	10,85	15,30	11,78
	2	8,73	7,25	9,10	11,20	9,07
	3	7,38	8,30	7,15	11,53	8,59
	4	9,28	10,50	11,25	14,45	11,37
	5	7,90	9,70	9,28	11,23	9,53
	6	11,45	10,35	11,33	11,88	11,25
	Média	9,14	9,49	9,83	12,60	10,26
João Pinheiro	1	16,73	11,23	21,13	14,28	15,84
	2	4,03	5,30	4,83	5,50	4,91
	3	3,98	5,68	4,60	7,78	5,51
	4	14,93	11,13	13,03	19,55	14,66
	5	5,13	6,75	5,30	11,58	7,19
	6	14,25	11,70	16,77	26,43	17,29
	7	5,13	6,40	5,50	8,83	6,46
	8	16,60	11,53	16,23	13,15	14,38
Média	10,09	8,71	10,92	13,38	10,78	
Paracatu	1	32,30	17,23	16,40	14,73	20,16
	2	16,28	13,98	15,18	10,68	14,03
	3	15,20	11,15	10,83	10,20	11,84
	4	35,43	17,73	16,65	14,98	21,19
	5	32,35	15,08	14,98	17,90	20,08
	Média	26,31	15,03	14,81	13,70	17,46
Belo Oriente	1	18,13	14,80	16,23	23,10	18,06
	2	13,03	12,28	14,15	22,88	15,58
	3	15,10	11,73	15,15	15,68	14,41
	4	12,33	11,10	12,35	13,10	12,22
	5	9,98	10,60	15,43	15,48	12,87
	Média	13,71	12,10	14,66	18,05	14,63
Três Marias	1	9,33	9,53	11,58	21,83	13,06
	2	5,78	5,25	4,93	11,33	6,82
	3	11,63	8,45	11,55	21,60	13,31
	4	5,73	6,65	5,33	11,00	7,18
	5	11,15	8,20	10,60	16,00	11,49
	6	7,25	7,45	7,63	18,10	10,11
	7	11,15	8,48	18,15	20,80	14,64
Média	8,86	7,71	9,96	17,24	10,94	
Curvelo	1	9,10	10,53	15,50	18,18	13,33
	2	10,65	10,85	16,93	21,58	15,00
	3	13,43	12,88	28,68	25,10	20,02
	4	7,03	10,03	15,95	18,58	12,89
	5	6,05	9,00	15,05	18,43	12,13
	6	5,63	7,50	20,05	20,90	13,52
	7	10,88	11,43	23,35	21,80	16,86
Média	8,96	10,31	19,36	20,65	14,82	

B1 = folhas da posição proximal do terço basal. B2 = folhas da posição distal do terço basal. A1 = folhas da posição proximal do terço apical. A2 = folhas da posição distal do terço apical.