



Avaliação da concentração de metais pesados em áreas olerícolas no Estado de Minas Gerais¹

Raphael B. A. Fernandes², Walcrislei V. Luz², Maurício P. F. Fontes² & Luiz E. F. Fontes²

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a presença dos metais pesados Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn, em solos agrícolas, água de irrigação e alguns vegetais, provenientes de áreas olerícolas do estado de Minas Gerais. As amostras foram submetidas a digestão ácida e os teores de metais pesados determinados em um espectrofotômetro de emissão de plasma. A maior parte das amostras de solo apresentou baixos teores totais de metais pesados não indicando acumulação desses elementos, à exceção de Cr e Cd, que exibiram teores totais os quais justificam análises complementares; entretanto, para esses elementos, os dados de extração com DTPA foram próximos de zero indicando sua baixa disponibilidade. Nas amostras de água apenas os elementos Cd e Pb não foram identificados. Considerando-se os teores máximos legais permitidos, poucas foram as amostras que superaram os limites. Nas amostras de olerícolas, os teores de Cd, Cr e Ni nem se aproximaram do limite crítico e os teores dos demais elementos ultrapassaram levemente, em sua ampla maioria, o limite considerado. De maneira geral, os dados indicaram que as amostras de solo, água e olerícolas analisadas não estão contaminadas por metais pesados.

Palavras-chave: contaminação ambiental, elementos traços, poluição

Evaluation of heavy metal concentrations in vegetable crop cultivation areas in Minas Gerais, Brazil

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the presence of heavy metals (Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Mn, Mo, Ni and Zn) in agricultural soils, irrigation waters and some vegetable crops in the State of Minas Gerais, Brazil. Samples were submitted to an acid digestion and the heavy metal contents were determined using an ICP-OES. The majority of soil samples presented low heavy metal content, and did not indicate accumulation of these elements in soil, with the exception of Cr and Cd, which presented contents justifying complementary analysis. However, for these elements, the DTPA extraction data were close to zero, indicating their low availability. In water samples the presence of Cd and Pb was not detected. Considering the maximum contents permitted by the Brazilian legislation, only a few samples were above the limits. In the vegetables samples, contents of Cd, Cr and Ni not even approached the critical limit, and the majority of the other elements barely exceeded the considered limit. In general, the data show that the soil, water and vegetables samples analyzed were not contaminated by heavy metals.

Key words: environmental contamination, trace elements, pollution

¹ Trabalho realizado com recursos da FAPEMIG (CAG 1947/95) e PRODOC/CAPES, apresentado no 4th International Symposium Environmental Geochemistry in Tropical Countries, Búzios, RJ, 2004

² DPS/UFV, Av. P.H. Rolfs, s/n, 36570-000, Viçosa, MG. Fone: (31) 3899-1071. E-mail: raphael@ufv.br; walcrisleieab@yahoo.com.br; mpfontes@ufv.br; luizfontes@ufv.br

INTRODUÇÃO

A preservação do meio ambiente e a melhoria da qualidade de vida, constituem uma preocupação cada dia mais evidente da sociedade; neste contexto e como produto de diferentes atividades antrópicas, a discussão acerca da acumulação de metais pesados em alimentos, no solo e na água de consumo humano, tem sido uma constante.

Os metais pesados estão naturalmente presentes na constituição de solos e rochas mas têm se apresentado cada vez mais próximos da cadeia alimentar dos animais e, em especial, da do homem. No tocante ao solo agrícola, recurso natural que suporta a produção de alimentos além de componente importante do ciclo hidrológico, a elevação dos teores de metais pesados vem sendo associada à aplicação de corretivos e adubos agrícolas, utilização de água de irrigação contaminada ou de produtos como lodo de esgoto, compostos de lixo urbano e resíduos diversos de indústria ou mineração. Uma vez nos solos agrícolas, esses elementos podem, ainda, sob determinadas circunstâncias, ser absorvidos pelas plantas, que fazem parte da alimentação humana ou animal.

A legislação brasileira, seja a ambiental ou mesmo a referente aos aspectos sanitários alimentares, ainda é pouco contundente com relação aos limites aceitáveis ou permitidos de metais pesados em solos, águas e alimentos. Existe uma carência muito grande de dados nacionais que subsidiem os legisladores e órgãos ambientais sendo, muitas vezes, utilizado valores limites verificados e utilizados em outros países.

Poucos são os trabalhos na literatura nacional que se propõem fazer um levantamento mais amplo da acumulação de metais pesados em mais de um compartimento ambiental, como os efetuados por Ramalho et al. (2000) e Duarte & Pasqual (2000). Alguns trabalhos restringem seus objetivos a determinado compartimento: solo (Fadigas et al., 2002; Campos et al., 2003; Marques, 2004) e água (Rietzler et al., 2001; Costa et al., 2005), ou ainda, se dedicam ao comportamento do solo a partir da aplicação de resíduos (Costa et al., 1997, 2001; Mantovani et al., 2003; Teixeira et al. 2005). Especificamente com relação ao compartimento hídrico, merece destaque o programa de monitoramento da qualidade das águas efetuado pela CETESB para o Estado de São Paulo, que inclui, dentre as variáveis analisadas, a presença de metais pesados, com relatórios disponibilizados na internet (CETESB, 2006).

Desta forma, se objetivou neste trabalho avaliar os teores totais de metais pesados em amostras de olerícolas, solos e água, e os teores disponíveis em amostras de solos provenientes de áreas com intensa atividade olerícola no estado de Minas Gerais,

MATERIAL E MÉTODOS

Pontos de amostragem

Inicialmente foram identificados municípios mineiros com produção significativa de cada uma das olerícolas escolhidas: alface (Mário Campos, Viçosa e Juiz de Fora); batata

(Bom Repouso, Borda da Mata e Araxá); beterraba (Lagoa Dourada e São João del Rei); cenoura (São Gotardo, Lagoa Dourada e Carandaí); repolho (Carandaí e Barbacena) e tomate (Carandaí, Barbacena e Coimbra). As coletas ocorreram entre abril e maio de 2003; sendo visitadas propriedades com olerícolas em ponto de colheita.

Obtiveram-se, no momento da coleta das amostras, informações acerca do tempo de cultivo da gleba amostrada, da adubação utilizada mais recentemente e da origem da água utilizada para irrigação. Com a utilização de um equipamento do tipo GPS foram tomadas as coordenadas geográficas do ponto de amostragem de solo, que foi coletado sempre lateralmente ao local de coleta da olerícola em análise.

Coleta das amostras

Em cada município foram visitados cinco diferentes produtores das olerícolas, onde se coletaram amostras de solo e de olerícolas e, quando possível, também da água utilizada para irrigação; no total, foram coletadas 80 amostras de solo e de vegetais e 65 amostras de água de irrigação.

As amostras de solo foram coletadas com um trado de inox, introduzido até 20 cm de profundidade. A partir de determinado número de amostras simples, variável em função do tamanho da área e nunca inferior a 10 tomadas, o material foi homogeneizado e uma porção de aproximadamente 500 g foi transferida para sacos plásticos.

Na amostragem das olerícolas coletaram-se as partes comestíveis de alface (folhas), batata (tubérculos), beterraba (raiz), cenoura (raiz), repolho (folhas) e tomate (frutos), todos em ponto de colheita, após a qual as amostras foram imediatamente acondicionadas em sacos plásticos e mantidas sob refrigeração. No caso da alface e repolho uma única amostra foi retirada por gleba e, para as demais olerícolas, no mínimo cinco unidades de frutos, tubérculos ou raízes foram coletadas.

Amostras de água foram coletadas, quando possível, no ponto de captação do sistema de irrigação da propriedade com a utilização de frascos de polietileno. As amostras foram imediatamente acidificadas com ácido nítrico diluído, levando-se a pH inferior a 4. Uma vez lacrados, os frascos foram mantidos sob refrigeração.

No dia 26/03/2003, se visitou a Central de Abastecimento de Minas Gerais S/A (CEASA-MG), localizada em Belo Horizonte, onde foram recolhidas 114 amostras das mesmas olerícolas coletadas a campo, provenientes de 32 diferentes municípios mineiros. Após a coleta, as amostras foram imediatamente submetidas a refrigeração. A sede dos municípios em que foram efetuadas as coletas de campo e os de origem dos produtos coletados no CEASA-MG, é apresentada na Figura 1.

Preparação das amostras

Uma vez no laboratório, as amostras de solo foram secadas à sombra e, posteriormente, submetidas a tamisação em peneira de 2 mm, de forma a se obter a terra fina seca ao ar (TFSA). Subamostras foram submetidas à caracterização física (composição textural, segundo Ruiz, 2004) e química de rotina (EMBRAPA, 1997; Deffellipo & Ribeiro, 1996).



Figura 1. Localização da sede dos municípios visitados para a coleta de amostras na expedição de campo e os de origem dos produtos coletados no CEASA-MG

Uma vez no laboratório, as olerícolas foram lavadas sob água corrente destilada e deionizada para a retirada de impurezas e transferidas para estufa para secagem a 60 °C. Uma vez secas, as amostras foram moídas e o material guardado em sacos plásticos. As amostras de água foram acondicionadas em geladeira até posterior análise.

Digestão das amostras e análises de solos, vegetais e águas

Subamostras dos solos, em triplicata, foram submetidas ao ataque ácido para a completa dissolução dos componentes minerais. A digestão ácida foi efetuada em cadinhos de teflon dispostos em banho de areia sobre chapa quente, com a adição de HF, HNO₃, H₂SO₄ e HClO₄ concentrados (Baker & Amacher, 1982). Cada cadinho recebeu de 0,2300 a 0,2500 g de TFSA, previamente moída e passada em peneira de 100 mesh. Nas amostras de solo, também em triplicata, determinaram-se os teores de metais pesados, em suas formas consideradas disponíveis pelo extrator DTPA (Abreu et al., 2001), só que com base em peso. Ao final, calculou-se um índice de disponibilidade a partir da relação entre os teores disponíveis (DTPA) e os totais (digestão ácida).

Alíquotas de 20 mL das amostras de água foram submetidas a digestão ácida com 5 mL de mistura (3:1) nitroperclórica em erlemeyers, dispostos sobre chapa quente. Finalizada a digestão, o extrato foi guardado em geladeira, até posterior análise.

Amostras de aproximadamente 0,500 g do material vegetal foram digeridas até completa dissolução sobre chapa quente com adição de 10 mL de mistura (3:1) nitroperclórica. O extrato digerido foi guardado em geladeira, até posterior análise.

A determinação dos teores de metais pesados nos extratos das amostras de água, solo e vegetais e nos extratos de DTPA de solos, foi feita usando um espectrofotômetro de emissão ótica de plasma acoplado por indução (ICP-OES). Os metais pesados analisados foram: Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn. Os resultados obtidos, quando possível, foram contrastados com a legislação brasileira correspondente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização físico-química dos solos

As classes texturais predominantes nos solos estudados foram a argila e a muito argilosa, que representaram 77,5% das amostras avaliadas. Os solos argilosos são freqüentemente preferidos pelos agricultores, em especial por aqueles que desempenham atividades hortícolas. Esses solos apresentam maior potencial se comparados com os de textura média e arenosa, de reter contaminantes, entre eles os metais pesados, evitando que os mesmos sejam lixiviados e atinjam o lençol freático.

De forma geral, as amostras analisadas representam solos de boa qualidade química, o que é muito comum na atividade olerícola, tendo em vista as repetidas e volumosas adubações aplicadas. Os valores de pH denotam uma reação do solo favorável ao desenvolvimento vegetal e os teores de nutrientes se situam muito acima da média normalmente observada para solos mineiros. Considerando-se os valores médios obtidos (dados não apresentados) para as variáveis analisadas e de acordo com as classes de interpretação de fertilidade (Alvarez et al., 1999), o pH dos solos foi considerado “alto”; os teores de P e K disponíveis como “muito bons”; os teores de Ca e os valores de SB, CTC efetiva e V como “bons”; H+Al e CTC total como “médios”; teores de Mg como “baixos” e os teores de Al e os valores m como “muito baixos”. Esses níveis de fertilidade justificam este trabalho de monitoramento, uma vez que a significativa adição de fertilizantes químicos e orgânicos no solo por olericultores, pode permitir a entrada de contaminantes, em especial de metais pesados.

Teores totais de metais pesados nos solos

Os teores totais dos metais pesados indicam a grande variabilidade de concentração desses elementos nos solos estudados (Tabela 1). Os teores de Cd variaram de 1,82 a 16,22 mg kg⁻¹ (média: 6,53 ± 3,1); os de Cr de 13,47 a 411,65 mg kg⁻¹ (média: 111,71 ± 74,3); os de Cu de 0 a 118,75 mg kg⁻¹ (média: 13,18 ± 17,1); os de Fe de 19.709 a 929.143 mg kg⁻¹ (média: 148.695 ± 358.382); os de Mn de 70 a 1.756 mg kg⁻¹ (média: 367 ± 291); os de Ni de 4,10 a 85,27 mg kg⁻¹ (média: 23,96 ± 16,8); os de Pb de 0 a 36,12 mg kg⁻¹ (média: 5,23 ± 7,8) e os de Zn de 8,33 a 275,41 mg kg⁻¹ (média: 41,88 ± 34,5). O único elemento não verificado nas amostras de solo foi o molibdênio.

Como não existe, para o Estado de Minas Gerais, norma legal acerca de limites aceitáveis de metais pesados em solos utilizaram-se, para fins de comparação, os valores orientadores de referência de qualidade, prevenção e intervenção (Tabela 2), segundo a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo (CETESB, 2005).

O valor de referência de qualidade (VRQ) reflete a concentração natural média dos elementos, indicando situações de não contaminação. O valor de prevenção (VP) indica uma possível alteração prejudicial à qualidade dos solos, sendo utilizado em caráter preventivo e, quando excedido no solo, deverá ser exigido o monitoramento dos impactos decorrentes; já o valor de intervenção (VI) indica o limite

Tabela 1. Teores totais de metais pesados presentes nas amostras de solo coletadas em cultivos olerícolas no Estado de Minas Gerais com o índice de disponibilidade entre parêntesis. Média de três repetições

Nº	Id	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn
1	VI1 ⁽¹⁾	4,94(0 ⁽²⁾)	74,59(0)	16,61(27)	43.428(0)	1.135(10)	0 ⁽³⁾ (-)	29,89(1)	6,94(15)	98,47(38)
2	VI2	11,82(0)	86,35(0)	118,75(13)	851.753(0)	1756(7)	0(-)	37,20(1)	20,15(5)	125,44(24)
3	VI3	7,78(0)	65,59(0)	9,76(39)	63.191(0)	276(10)	0(-)	27,13(1)	0,00(-)	64,81(35)
4	VI4	7,60(0)	113,57(0)	56,43(18)	66.542(0)	641(12)	0(-)	62,58(1)	6,71(31)	97,66(30)
5	VI5	7,37(0)	124,22(0)	37,18(16)	59.040(0)	606(15)	0(-)	58,70(1)	9,32(25)	80,92(26)
6	MC1	4,28(0)	136,48(0)	19,94(16)	39.178(0)	527(14)	0(-)	35,00(1)	0,00(-)	37,14(21)
7	MC2	6,14(0)	207,79(0)	26,51(20)	58.458(0)	837(7)	0(-)	59,10(1)	0,00(-)	52,13(17)
8	MC3	11,37(0)	178,52(0)	0,00 ⁽³⁾ (-)	902.325(0)	570(3)	0(-)	21,09(2)	0,00(-)	52,23(24)
9	MC4	1,82(0)	18,77(0)	2,41(81)	19.709(1)	179(18)	0(-)	7,63(2)	0,00(-)	32,88(17)
10	MC5	11,52(0)	117,68(0)	0,43(1.174)	912.365(0)	901(14)	0(-)	23,26(1)	6,24(26)	50,53(17)
11	JF1	5,14(0)	104,62(0)	32,18(34)	44.306(0)	326(22)	0(-)	44,07(2)	0,00(-)	80,33(18)
12	JF2	5,76(0,4)	199,21(0)	13,28(26)	53.754(0)	286(11)	0(-)	54,65(1)	1,71(99)	78,19(22)
13	JF3	5,96(5,1)	67,81(0)	51,00(37)	46.617(0)	572(14)	0(-)	29,97(2)	36,12(30)	275,41(35)
14	JF4	6,31(0)	93,96(0)	18,79(61)	52.946(1)	281(16)	0(-)	25,38(2)	17,88(47)	87,51(29)
15	JF5	2,70(0)	59,62(0)	14,77(62)	22.653(1)	151(19)	0(-)	17,84(1)	0,02(5.368)	45,31(32)
16	SG1	12,64(0)	244,98(0)	19,24(62)	727.815(0)	313(3)	0(-)	19,33(2)	14,31(6)	34,20(34)
17	SG2	14,71(0)	255,39(0)	0,00(-)	670.676(0)	260(2)	0(-)	12,79(2)	26,46(4)	27,89(45)
18	SG3	14,53(0)	231,65(0)	0,00(-)	766.228(0)	277(4)	0(-)	20,51(2)	19,09(6)	33,23(51)
19	SG4	16,22(0)	312,56(0)	0,00(-)	916.995(0)	287(2)	0(-)	10,91(2)	17,78(5)	23,60(45)
20	SG5	11,19(0)	175,13(0)	0,00(-)	79.859(0)	208(2)	0(-)	9,18(2)	0,00(-)	19,12(37)
21	AR1	7,27(0)	129,06(0)	5,85(54)	56.804(0)	218(3)	0(-)	19,75(1)	0,00(-)	63,41(19)
22	AR2	11,26(0,1)	143,93(0)	0,00(-)	795.357(0)	278(2)	0(-)	6,88(2)	0,00(-)	28,65(31)
23	AR3	7,84(0)	173,87(0)	19,44(13)	66.330(0)	229(2)	0(-)	35,44(0)	0,00(-)	28,09(9)
24	AR4	9,15(0,4)	117,50(0)	7,11(51)	64.043(0)	220(2)	0(-)	18,20(1)	0,27(594)	48,57(27)
25	AR5	8,90(0,4)	111,01(0)	6,77(39)	60.935(0)	230(2)	0(-)	19,04(1)	0,00(-)	46,74(22)
26	BM1	8,44(0)	119,27(0)	17,62(19)	70.314(0)	755(3)	0(-)	50,69(1)	1,54(69)	55,33(7)
27	BM2	3,89(0)	20,82(0)	7,26(34)	36.224(0)	745(2)	0(-)	9,28(1)	5,29(38)	32,91(6)
28	BM3	3,13(0)	17,84(0,1)	0,00(-)	27.983(0)	244(4)	0(-)	13,16(1)	7,40(24)	28,05(13)
29	BM4	6,75(0)	42,78(0,1)	2,71(99)	54.347(0)	810(5)	0(-)	21,33(2)	6,61(20)	62,44(5)
30	BM5	3,32(0)	30,35(0,1)	0,42(523)	32.382(0)	310(8)	0(-)	12,04(3)	21,26(16)	27,97(10)
31	BR1	4,46(0)	44,19(0)	0,00(-)	38.402(0)	280(3)	0(-)	10,38(2)	11,22(14)	36,16(6)
32	BR2	6,15(0)	17,58(0)	0,93(328)	48.966(0)	525(2)	0(-)	11,26(1)	12,57(8)	51,75(6)
33	BR3	3,14(0)	16,44(0)	0,00(-)	28.324(0)	159(5)	0(-)	6,18(2)	20,21(7)	25,98(12)
34	BR4	2,28(0)	16,37(0,1)	0,00(-)	21.992(1)	198(6)	0(-)	5,40(3)	29,16(16)	25,09(7)
35	CA1	10,07(0)	151,79(0)	0,00(-)	75.762(0)	399(4)	0(-)	9,69(2)	4,30(18)	26,88(13)
36	CA2	10,11(0)	159,39(0)	0,00(-)	80.891(0)	341(3)	0(-)	9,94(1)	3,70(17)	19,49(12)
37	CA3	9,58(0)	139,37(0)	7,93(61)	856.317(0)	544(4)	0(-)	17,23(1)	7,71(35)	50,45(11)
38	CA4	10,01(0)	159,90(0)	0,00(-)	929.143(0)	405(2)	0(-)	14,23(1)	4,14(28)	37,74(7)
39	CA5	3,88(0)	82,78(0)	0,00(-)	36.172(0)	94(8)	0(-)	10,44(1)	3,43(40)	25,50(24)
40	CA6	4,04(0)	64,92(0)	0,41(793)	35.005(0)	138(9)	0(-)	15,83(1)	0,00(-)	24,05(9)
41	CA7	7,55(0)	120,92(0)	28,97(13)	66.263(0)	1.148(1)	0(-)	63,53(0)	1,32(51)	61,04(4)
42	CA8	7,41(0)	38,93(0)	12,02(33)	58.322(0)	419(2)	0(-)	12,76(1)	0,06(1.134)	41,72(8)
43	CA9	4,56(0)	94,88(0)	12,59(41)	43.466(0)	135(6)	0(-)	37,04(0)	6,12(28)	28,49(15)
44	CA10	4,38(0)	67,89(0)	4,87(66)	41.157(0)	127(6)	0(-)	15,36(1)	1,15(87)	22,20(19)
45	CA11	9,70(0)	94,12(0)	32,63(12)	80.821(0)	321(3)	0(-)	20,81(0)	3,68(30)	36,94(6)
46	CA12	8,40(0)	154,45(0)	17,66(32)	74.474(0)	207(5)	0(-)	28,01(0)	13,82(10)	27,22(8)
47	CA13	3,45(0)	67,90(0)	10,43(37)	30.087(0)	152(7)	0(-)	15,59(1)	5,44(92)	21,23(9)
48	CA14	3,80(0)	89,16(0)	5,57(58)	36.598(0)	108(9)	0(-)	15,86(1)	1,62(76)	27,00(14)
49	CA15	3,57(0)	50,71(0)	0,00(-)	33.624(0)	108(5)	0(-)	7,13(1)	0,00(-)	13,07(7)
50	CA16	3,30(0)	39,93(0)	0,00(-)	32.700(0)	93(3)	0(-)	7,87(1)	0,00(-)	16,50(12)
51	BA1	3,56(0)	63,58(0)	10,24(58)	33.190(0)	151(8)	0(-)	29,33(1)	0,00(-)	15,25(15)
52	BA2	4,84(0)	59,79(0)	6,77(40)	42.412(0)	176(4)	0(-)	27,28(0)	1,21(128)	25,01(10)
53	BA3	4,19(0)	37,08(0)	13,71(22)	36.998(0)	109(4)	0(-)	8,70(1)	0,00(-)	15,92(17)
54	BA4	7,59(0)	159,80(0)	9,15(83)	65.065(0)	465(3)	0(-)	19,76(2)	0,06(1.583)	27,83(10)
55	BA5	4,75(0)	142,91(0)	11,60(38)	46.386(0)	145(7)	0(-)	28,52(1)	0,00(-)	19,72(13)
56	BA6	3,17(0)	52,51(0)	0,00(-)	29.648(0)	70(5)	0(-)	5,63(1)	1,08(154)	14,99(25)
57	BA7	4,46(0)	162,63(0)	21,95(35)	44.373(0)	222(7)	0(-)	34,05(1)	3,06(43)	16,79(15)

continua

Tabela 1. (continuação)

Nº	Id	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn
58	BA8	3,59(0)	128,89(0)	20,32(21)	35.152(0)	140(5)	0(-)	40,83(1)	1,36(180)	29,15(10)
59	BA9	4,43(0)	121,39(0)	1,32(228)	41.883(0)	325(5)	0(-)	10,00(2)	0,00(-)	23,65(15)
60	BA10	4,19(0)	114,60(0)	12,12(45)	40.117(0)	157(5)	0(-)	29,45(1)	2,15(74)	17,74(20)
61	LD1	6,91(0)	273,99(0)	29,91(16)	61.217(0)	273(6)	0(-)	62,85(0)	1,42(79)	54,92(14)
62	LD2	2,99(0)	185,15(0)	23,16(31)	24.210(0)	198(10)	0(-)	57,67(1)	0,00(-)	40,99(13)
63	LD3	6,86(0)	199,84(0)	13,10(32)	61.435(0)	232(5)	0(-)	38,18(1)	1,95(41)	35,72(12)
64	LD4	5,25(0)	125,35(0)	16,20(32)	48.940(0)	178(6)	0(-)	32,61(1)	0,17(577)	36,81(25)
65	LD5	5,44(0)	87,51(0)	15,39(38)	48.095(0)	242(7)	0(-)	12,21(2)	0,16(1.967)	20,89(12)
66	LD6	8,59(0)	139,98(0)	0,00(-)	72.726(0)	253(4)	0(-)	4,10(3)	0,60(278)	8,33(15)
67	LD7	3,94(0)	13,47(0)	18,73(23)	35.703(0)	283(5)	0(-)	6,20(2)	0,00(-)	36,76(13)
68	LD8	7,29(0)	197,52(0)	32,96(24)	64.623(0)	390(5)	0(-)	33,79(1)	0,00(-)	33,70(13)
69	LD9	7,58(0)	17,25(0)	37,16(17)	60.617(0)	540(3)	0(-)	10,00(1)	0,00(-)	49,69(9)
70	LD10	3,95(0)	22,49(0)	15,31(27)	34.628(0)	197(5)	0(-)	6,86(1)	0,00(-)	34,96(13)
71	CO1	7,46(0)	105,23(0)	18,64(24)	64.750(0)	527(12)	0(-)	32,09(2)	0,00(-)	73,77(24)
72	CO2	6,70(0)	69,02(0)	10,07(28)	55.036(0)	320(3)	0(-)	23,86(1)	0,00(-)	34,47(14)
73	CO3	6,24(0)	57,75(0)	8,46(34)	50.557(0)	908(9)	0(-)	22,30(1)	10,59(10)	35,69(12)
74	CO4	8,70(0)	411,65(0)	26,82(13)	66.560(0)	870(7)	0(-)	85,27(1)	1,16(78)	47,38(9)
75	CO5	7,35(0)	52,49(0)	9,05(27)	56.834(0)	608(8)	0(-)	22,22(1)	10,61(16)	39,31(12)
76	SJ1	5,80(0)	111,02(0)	4,07(58)	46.510(0)	277(3)	0(-)	16,44(0)	1,10(176)	23,43(15)
77	SJ2	1,88(0)	47,37(0)	18,61(42)	184.021(0)	278(18)	0(-)	16,05(2)	10,78(32)	50,05(18)
78	SJ3	2,61(0)	53,29(0)	11,19(20)	26.913(0)	214(13)	0(-)	25,35(0)	16,26(23)	26,82(9)
79	SJ4	6,21(0)	151,14(0)	0,00(-)	55.040(0)	120(1)	0(-)	14,11(0)	0,00(-)	9,57(15)
80	SJ5	5,69(0)	125,81(0)	0,00(-)	50.907(0)	175(2)	0(-)	14,658(0)	0,00(-)	13,14(20)

¹ Município de coleta: AR: Araxá, BA: Barbacena, BR: Bom Repouso, BM: Borda da Mata, CA: Carandaí, CO: Coimbra, JF: Juiz de Fora, LD: Lagoa Dourada, MC: Mário Campos, SG: São Gotardo, SJ: São João del Rei e VI: Viçosa

² Índice de disponibilidade: percentual do teor disponível (DTPA) em relação ao teor total

³ Valores referidos como iguais a zero não indicam, obrigatoriamente, ausência dos elementos analisados e, sim, que os teores não atingiram o limite de detecção do equipamento ICP-OES

Tabela 2. Valores orientadores de referência de qualidade (VRQ), de prevenção (VP) e intervenção (VI) para alguns metais pesados no Estado de São Paulo (CETESB, 2005)

Elemento	Solos				
	VRQ	VP	VI		
			Agrícola	Residencial	Industrial
			mg kg ⁻¹		
Cd	< 0,5	1,3	3	8	20
Pb	17	72	180	300	900
Cu	35	60	200	400	600
Cr	40	75	150	300	400
Fe	—	—	—	—	—
Mn	—	—	—	—	—
Mo	< 4	30	50	100	120
Ni	13	30	70	100	130
Zn	60	300	450	1.000	2.000

de contaminação acima do qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana e, quando excedido, a área será classificada contaminada sob investigação, indicando a necessidade de ações de intervenção (CETESB, 2005). Nesta análise foram desconsiderados os teores de Fe e Mn, por serem elementos comuns na composição de muitos componentes da fase sólida do solo.

À exceção do Zn e Pb, todos os demais metais pesados apresentaram em algum ponto de amostragem, teor superior ao VP. A situação pode ser considerada mais preocupante ainda uma vez que os elementos Cd, Cr e Ni foram diagnosticados em ao menos uma amostra com teor superior ao

VI agrícola, denotando a necessidade de mais estudos nessas áreas, de forma a subsidiar e direcionar trabalhos de mediação.

Dada as conseqüências legais e ambientais de tais achados, ressalta-se que os resultados foram obtidos a partir de uma única amostra composta e tiveram caráter exploratório e preliminar. Conclusões definitivas acerca desses maiores teores observados devem ser tomadas com cautela, devendo ser precedidas de análise mais intensa dos pontos de coleta com problemas, a partir de um número maior de amostras.

Dos elementos com teores acima do VI agrícola, o Ni foi o de menor ocorrência, com apenas uma amostra (CO4) superando este limite. Na seqüência vem o Cr, com 21 amostras com teores acima do VI. O elemento com maior número de ocorrência de teores superiores ao VI foi o Cd, com seis amostras em que esse limite não foi superado.

Embora os dados obtidos, principalmente de Cr e Cd, indiquem uma situação de contaminação ambiental, merece ressalva que os limites considerados são os recomendados para o Estado de São Paulo e não para Minas Gerais, o que reforça a necessidade do estabelecimento de valores orientadores por unidade da Federação, de forma a contemplar adequadamente a variabilidade de solos de cada Estado. Destaca-se ainda que a situação aqui constatada não seria verificada até bem pouco tempo atrás, uma vez que os valores orientadores de São Paulo foram recentemente alterados (CETESB, 2005). Na classificação anterior, de 2001, a situação seria mais amena, com o Cr e Cd apresentando, respectivamente, apenas 2 e 12 amostras com teores além do

VI. A redução dos limites de 300 para 150 mg kg⁻¹ e de 10 para 3 mg kg⁻¹ para Cr e Cd, respectivamente, foi decisiva para os achados e demonstram a necessidade de revisão constante dos valores orientadores e a definição de valores próprios de cada Estado, adaptados a cada realidade.

Analisando-se as amostras identificadas com problemas de contaminação, que já exigiriam programas de remediação, não se verifica, à luz das informações coletadas em campo, qualquer indício de que determinada fonte de nutrientes ou corretivo pudesse ser associada ao aumento do teor de metais pesados. Neste ponto, ressalta-se a falta de uma amostragem no entorno das áreas agrícolas estudadas e em local menos perturbado, para permitir comparações mais adequadas com os teores naturalmente presentes.

Ainda que alguns teores tenham superado os limites legais, de forma geral os valores médios observados são próximos dos obtidos via análise de fluorescência, por Marques et al. (2004), para solos do cerrado brasileiro, à exceção dos valores máximos para Cr, Ni e Zn. Os dados concordam também com os verificados por Ramalho et al. (2000), à exceção dos teores máximos verificados para o Ni, Mn, Cd e Cu, mas, por outro lado, discordam dos obtidos por Duarte & Pasqual (2000) para solos paulistas.

Teores disponíveis de metais pesados nos solos, extraídos com DTPA

Os teores de metais pesados disponíveis com potencial de serem absorvidos pelas plantas e com implicações diretas e indiretas sobre a saúde humana apresentaram, de maneira geral, baixos valores. Muito embora alguns elementos, em especial Cd e Cr, tenham apresentado teores totais relativamente elevados, os teores disponíveis obtidos indicam que apenas uma pequena parte pode ser considerada passível de ser absorvida pelas plantas, como indicado pelos dados do índice de disponibilidade (Tabela 1). Os elementos Cd, Cr e Ni exibiram valores desprezíveis de disponibilidade, com índices de disponibilidade próximos a zero; já o Cu, Pb e Zn indicaram percentuais disponíveis mais expressivos em relação aos teores totais estimados.

Esses resultados diferem um pouco daqueles apresentados por Gomes et al. (2001) e Fontes & Gomes (2003) que, estudando adsorção competitiva, constataram que Cu e Pb seriam extremamente retidos pelo solo enquanto Cd e Ni não o seriam; já os elementos Cr e Zn se comportaram de acordo com o observado nesses estudos.

Alguns índices de disponibilidade exibem valores absurdos para os elementos Cu e Pb, muito próximos ou mesmo superiores a 100%, o que pode ser atribuído a erros analíticos, principalmente associados aos baixos teores totais observados nessas amostras de elevado percentual disponível.

Teores totais de metais pesados nos vegetais

Os teores de metais pesados dos vegetais coletados no campo (Tabela 3) foram semelhantes aos observados nas amostras recolhidas na CEASA-MG (Tabela 4). Considerando-se o conjunto de dados, os teores mínimos e máximos (mg kg⁻¹ matéria seca) observados foram de: 0,000 a 0,480

para o Cd; 0,253 a 2,053 para o Cr; 0,440 a 37,400 para o Cu; 12,613 a 627,053 para o Fe; 3,267 a 571,547 para o Mn; 0,000 a 2,667 para o Mo; 0,013 a 1,533 para o Ni; 0,000 a 331,600 para o Pb e 8,840 a 115,36 para o Zn.

Os teores totais nos vegetais foram superiores aos verificados por Ramalho et al. (2000) em uma microbacia com uso intensivo de agroquímicos, porém, os resultados obtidos para Cd, Cr, Mo e Ni não se aproximam dos limites críticos (LC) definidos por Alloway (1997), a partir de compilação de Kabata-Pendias & Pendias (1992), como as concentrações na planta acima das quais a toxicidade é possível. No caso dos metais citados, esses limites seriam, em mg kg⁻¹ de matéria seca, de: 5 a 30 para o Cd e Cr, 10 a 50 para o Mo e, 10 a 100 para o Ni. Para os demais elementos, poucas amostras ultrapassaram os limites inferiores considerados: para o Cu (LC: 20 a 100 mg kg⁻¹), apenas uma amostra de campo (AL5/VI5) e uma do CEASA (AL3/BR); para o Mn (LC: 300 a 500 mg kg⁻¹), uma amostra de campo (AL4/VI4) e uma do CEASA (AL5/BE); para o Pb (LC: 30 a 300 mg kg⁻¹), duas amostras de campo (AL7/MC2 e RE12/LD2) e três do CEASA (CE16/LD, CE19/LD e BE4/CG) e, para o Zn (LC: 100 a 400 mg kg⁻¹), só uma amostra do CEASA (BE7/QU). De todas as amostras analisadas, apenas uma (RE17/SJ) superou o limite superior da faixa do limite crítico para o Pb.

A legislação brasileira não disciplina limites críticos para olerícolas com vistas ao consumo humano. A única referência encontrada foi a Portaria nº 685/1998, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2004); nessa norma, apenas o elemento Cu é contemplado em termos de produtos hortícolas, com limite de 10 mg kg⁻¹ de peso fresco. Considerando-se este limite e o conjunto de vegetais analisados (n = 194), apenas seis amostras de alface, duas de beterraba e uma de tomate, superaram o limite; entretanto, os dados deste trabalho são expressos em peso seco e se considerando a umidade média desses vegetais in natura (NEPA, 2004), admite-se que nenhuma das amostras analisadas apresenta problemas de contaminação para este elemento.

Teores totais de metais pesados nas águas

Os dados obtidos indicaram que o único elemento não identificado nas águas amostradas foi o Pb (Tabela 5); os demais metais pesados foram observados, em pelo menos uma amostra, embora os teores tenham sido, de forma geral, muito baixos. Os teores mínimos e máximos (mg L⁻¹) observados foram de 0,000 a 0,001 para o Cd (média de 0,000); 0,000 a 0,297 (0,011) para o Cr; 0,000 a 0,067 para o Cu (0,004); 0,018 a 14,228 para o Fe (2,158); 0,000 a 0,639 para o Mn (0,111); 0,000 a 0,002 para o Mo (0,000); 0,000 a 0,060 para o Ni (0,004) e 0,000 a 0,129 para o Zn (0,010). Esses teores são muito inferiores aos verificados por Ramalho et al. (2000) em dois córregos da microbacia Caetés, no Rio de Janeiro, com intensiva utilização de agroquímicos.

Ainda que se tenha recolhido apenas uma amostra por ponto de análise, que foi coletada em um único dia, considera-se que os dados obtidos são interessantes pela dimensão

Tabela 3. Teores totais de metais pesados em olerícolas coletadas no Estado de Minas Gerais

Nº	Id ⁽¹⁾	Id ⁽²⁾	mg kg ⁻¹								
			Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn
Alface											
1	AL1	VI1	0,040	1,653	5,080	106,253	27,987	0,587	0,093	9,640	33,800
2	AL2	VI2	0,040	1,373	4,440	74,253	47,547	0,067	0,133	1,360	30,120
3	AL3	VI3	0,080	1,453	4,360	110,253	29,667	0,147	0,133	2,080	39,360
4	AL4	VI4	0,120	1,613	6,240	78,653	571,547	0,027	0,333	1,520	64,560
5	AL5	VI5	0,080	1,453	37,400	66,253	70,747	0,107	0,093	0,440	44,560
6	AL6	MC1	0,040	1,493	8,560	175,853	63,147	0,067	0,213	0,560	30,080
7	AL7	MC2	0,040	0,693	7,000	139,453	50,347	0,147	0,773	66,400	29,720
8	AL8	MC3	0,160	0,733	3,760	189,053	34,307	0,347	0,213	2,520	43,360
9	AL9	MC4	0,120	0,693	4,800	154,653	179,947	0,000 ⁽³⁾	0,413	1,520	74,160
10	AL10	MC5	0,120	0,733	4,320	221,053	146,347	0,107	0,293	0,000	36,040
11	AL11	JF1	0,200	0,973	6,640	204,653	25,587	0,307	0,773	0,480	31,520
12	AL12	JF2	0,240	0,893	10,480	137,053	19,947	0,307	0,413	17,600	63,360
13	AL13	JF3	0,480	0,893	13,400	205,053	30,907	2,667	0,973	2,320	74,960
14	AL14	JF4	0,200	0,773	5,160	106,653	56,347	0,427	0,253	0,440	80,560
15	AL15	JF5	0,080	0,733	5,040	103,453	27,867	0,307	0,093	1,280	32,160
Batata											
16	BA1	AR1	0,040	0,573	2,560	33,573	5,707	0,027	0,133	0,000	10,760
17	BA2	AR2	0,040	0,533	1,920	18,933	4,507	0,107	0,133	0,000	12,120
18	BA3	AR3	0,160	0,733	2,880	36,853	4,907	0,000	0,533	0,000	9,080
19	BA4	AR4	0,120	0,493	2,200	16,413	4,227	0,187	0,053	0,000	12,360
20	BA5	AR5	0,080	0,493	1,800	12,613	4,067	0,067	0,093	0,000	10,720
21	BA6	BM1	0,040	0,813	3,000	29,133	8,387	0,027	0,253	0,000	14,360
22	BA7	BM2	0,040	0,573	3,520	29,533	5,427	0,027	0,133	0,000	14,480
23	BA8	BM3	0,000	0,533	5,880	25,373	3,827	0,000	0,173	0,000	14,560
24	BA9	BM4	0,000	0,493	4,120	20,373	7,587	0,027	0,133	0,000	16,040
25	BA10	BM5	0,080	0,533	4,520	36,413	11,347	0,147	0,453	0,000	15,160
26	BA11	BR1	0,040	0,613	3,720	30,533	8,347	0,067	0,253	0,000	13,480
27	BA12	BR2	0,040	0,573	2,880	24,133	5,387	0,067	0,133	0,000	14,280
28	BA13	BR3	0,080	0,653	3,680	49,053	14,827	0,000	0,493	0,000	15,040
29	BA14	BR4	0,000	0,533	2,040	43,453	12,307	0,067	0,213	0,000	14,640
Beterraba											
30	BE1	LD1	0,160	0,573	3,720	55,853	39,547	0,027	0,253	0,000	33,960
31	BE2	LD3	0,080	0,573	5,480	41,053	42,747	0,067	0,413	0,000	44,160
32	BE3	LD5	0,160	0,613	5,960	46,253	122,747	0,147	1,373	0,000	34,360
33	BE4	LD7	0,080	0,653	2,040	41,453	17,547	0,000	0,573	0,000	18,120
34	BE5	LD9	0,040	0,653	3,080	59,053	22,427	0,027	0,333	0,000	25,200
35	BE6	SJ1	0,040	0,533	2,320	37,693	8,867	0,107	0,053	0,000	20,760
36	BE7	SJ2	0,040	0,533	3,520	28,453	4,987	0,027	0,013	0,000	14,000
37	BE8	SJ3	0,000	0,573	1,960	32,573	6,267	0,027	0,133	0,000	19,080
38	BE9	SJ4	0,040	0,613	11,920	37,173	6,227	0,027	0,053	0,000	21,440
39	BE10	SJ5	0,040	0,573	5,480	28,453	10,507	0,027	0,093	0,000	21,920
Cenoura											
40	CE1	SG1	0,040	0,453	4,840	21,133	11,147	0,227	0,253	0,000	13,920
41	CE2	SG2	0,040	0,533	4,280	30,253	16,027	0,067	0,093	0,000	12,760
42	CE3	SG3	0,080	0,613	7,600	48,253	15,307	0,267	0,213	0,000	23,040
43	CE4	SG4	0,040	0,613	6,480	51,853	15,427	0,147	0,573	0,000	17,160
44	CE5	SG5	0,040	0,573	5,080	49,453	11,107	0,347	0,213	0,000	19,840
45	CE6	CA2	0,080	0,613	6,400	36,653	23,467	0,027	0,613	0,000	29,720
46	CE7	CA3	0,080	0,613	3,080	41,053	14,347	0,387	0,333	0,000	21,720
47	CE8	CA4	0,040	0,373	3,960	44,653	28,267	0,027	0,413	0,000	23,920
48	CE9	CA5	0,040	1,293	1,240	38,093	12,267	0,507	0,293	0,000	21,680
49	CE10	CA15	0,040	0,333	7,720	37,453	23,587	0,067	0,693	0,000	24,840
Repolho											
50	RE1	CA1	0,000	0,293	7,840	38,893	21,267	0,000	0,413	0,000	18,680
51	RE2	CA6	0,080	0,333	6,360	32,413	15,427	0,067	0,253	0,000	22,840
52	RE3	CA7	0,000	0,253	0,440	22,373	11,427	0,307	0,213	0,000	11,400
53	RE4	CA9	0,040	0,333	7,640	45,053	10,907	0,147	0,133	0,000	24,880

continua

Tabela 3. (continuação)

Nº	Id ⁽¹⁾	Id ⁽²⁾	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn
54	RE5	CA13	0,040	0,293	0,480	17,973	10,587	0,267	0,013	0,000	13,320
55	RE6	CA16	0,000	0,293	1,280	54,253	26,347	0,547	0,453	0,000	29,720
56	RE7	BA2	0,040	1,533	3,480	53,453	14,787	0,027	0,373	0,000	23,400
57	RE8	BA4	0,000	0,333	3,480	32,053	3,267	0,000	0,253	0,000	10,880
58	RE9	BA6	0,040	0,253	2,720	23,293	14,427	0,027	0,093	0,000	18,320
59	RE10	BA8	0,040	0,333	4,280	28,413	10,987	0,000	1,053	0,000	28,440
60	RE11	BA10	0,040	0,333	1,360	41,853	39,027	0,107	0,693	0,000	20,520
61	RE12	LD2	0,000	0,293	1,400	16,933	9,827	0,347	0,213	38,160	10,720
62	RE13	LD4	0,040	1,293	7,200	40,253	7,307	0,227	0,373	0,000	17,480
63	RE14	LD6	0,080	0,333	1,000	32,053	13,707	0,107	0,253	0,000	23,440
64	RE15	LD8	0,080	0,373	8,080	57,853	14,947	0,067	0,933	0,000	26,000
65	RE16	LD10	0,040	0,413	6,440	32,733	7,987	0,067	0,413	0,000	16,080
Tomate											
66	T01	CA8	0,040	0,653	5,760	65,053	12,587	0,107	0,493	0,000	13,640
67	T02	CA10	0,000	0,253	0,920	34,853	12,347	0,107	0,293	0,000	18,080
68	T03	CA11	0,040	0,293	6,560	30,013	8,667	0,067	0,293	0,000	14,280
69	T04	CA12	0,040	0,333	4,880	25,853	12,147	0,000	0,133	0,000	20,280
70	T05	CA14	0,040	0,293	1,400	41,853	16,707	0,667	0,293	0,000	19,200
71	T06	BA1	0,040	0,253	9,000	44,253	17,187	0,067	0,773	0,000	14,000
72	T07	BA3	0,040	0,293	1,720	33,493	20,667	0,027	0,413	0,000	14,960
73	T08	BA5	0,040	0,453	5,360	49,453	10,107	0,307	0,333	0,000	15,920
74	T09	BA7	0,000	0,253	1,400	23,213	22,107	0,067	0,293	0,000	16,280
75	T010	BA9	0,040	0,293	6,720	33,133	11,107	0,000	0,213	0,120	14,800
76	T011	CO1	0,040	0,293	0,920	30,493	32,227	0,107	0,773	0,000	35,200
77	T012	CO2	0,040	0,373	7,080	39,453	15,827	0,107	0,453	0,000	14,040
78	T013	CO3	0,040	0,333	2,200	29,973	23,827	0,067	0,493	0,000	23,440
79	T014	CO4	0,040	0,413	5,880	45,053	19,787	0,427	0,213	0,000	19,080
80	T015	CO5	0,040	0,373	1,320	34,373	17,187	0,667	0,213	0,000	21,320

¹ Identificação dos vegetais (AL: alface, BA: batata, BE: beterraba, CE: cenoura, RE: repolho, TO: tomate)

² Municípios de coleta: AR: Araxá, BA: Barbacena, BR: Bom Repouso, BM: Borda da Mata, CA: Carandá, CO: Coimbra, JF: Juiz de Fora, LD: Lagoa Dourada, MC: Mário Campos, SG: São Gotardo, SJ: São João del Rei e Viçosa

³ Valores referidos como iguais a zero não indicam, obrigatoriamente, ausência dos elementos analisados e, sim, que os teores não atingiram o limite de detecção do equipamento ICP-OES

Tabela 4. Teores totais de metais pesados avaliados nas amostras de olerícolas coletadas no CEASA-MG

Nº	Id	Id ⁽¹⁾	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn
Alface											
1	AL1	BJ	0,160	1,933	9,600	370,653	66,747	2,067	0,693	6,360	54,160
2	AL2	MC	0,160	2,053	9,440	278,653	137,547	0,747	0,693	1,320	56,560
3	AL3	BR	0,160	1,813	24,400	627,053	122,347	0,467	0,733	0,120	47,760
4	AL4	MC	0,120	1,493	3,240	237,453	115,547	0,347	0,253	1,440	30,920
5	AL5	BE	0,160	1,693	6,520	159,853	319,147	0,387	0,533	0,000 ⁽²⁾	42,160
6	AL6	BJ	0,040	0,293	3,080	97,053	50,347	0,147	0,133	3,320	28,280
7	AL7	BA	0,120	1,893	9,800	443,053	26,147	0,107	0,413	0,000	46,560
8	AL8	IG	0,160	2,013	10,480	483,053	33,427	0,907	0,573	0,000	46,160
9	AL9	MC	0,080	1,693	4,880	411,053	32,827	0,227	0,453	0,000	32,520
10	AL10	SJ	0,120	1,533	15,000	285,453	45,947	0,187	0,253	0,640	28,520
Repolho											
11	RE1	CR	0,040	1,253	3,600	34,533	15,387	0,187	0,173	7,400	16,040
12	RE2	CG	0,080	1,293	0,960	31,693	22,547	0,147	0,453	12,920	19,960
13	RE3	CL	0,160	1,373	6,000	41,453	34,147	0,147	0,933	7,000	29,880
14	RE4	CR	0,040	1,253	0,800	24,213	11,747	0,187	0,333	3,720	14,080
15	RE5	IT	0,080	1,173	1,600	124,253	60,347	0,027	1,413	10,080	21,800
16	RE6	BA	0,000	1,373	1,080	29,533	12,827	0,187	0,413	4,640	19,360
17	RE7	BA	0,080	1,413	1,720	49,053	35,067	0,067	0,813	4,520	30,760
18	RE8	LD	0,040	1,373	2,000	26,493	13,587	0,307	0,333	2,800	14,880
19	RE9	CR	0,080	1,333	1,360	37,253	37,667	0,187	0,933	21,920	16,800
20	RE10	BA	0,040	1,373	1,720	37,573	26,627	0,000 ⁽²⁾	0,573	2,640	16,800
21	RE11	BR	0,040	1,013	1,440	25,693	13,907	0,427	0,293	13,320	13,480

continua

Tabela 4. (continuação)

Nº	Id	Id ⁽¹⁾	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn
22	RE12	CR	0,080	1,173	2,720	32,493	41,547	0,387	1,533	3,320	19,120
23	RE13	CR	0,040	1,253	3,000	31,133	21,507	0,027	1,133	6,840	16,800
24	RE14	BA	0,080	1,453	1,800	45,853	36,627	0,347	0,453	6,840	38,280
25	RE15	LD	0,040	1,333	1,320	27,693	17,787	0,147	0,493	3,520	17,360
26	RE16	LD	0,080	1,693	7,960	167,853	26,107	0,147	0,573	2,560	27,120
27	RE17	SJ	0,040	1,333	4,560	71,053	17,387	0,987	0,293	331,600	31,320
28	RE18	BA	0,040	1,373	2,160	53,453	57,547	0,107	1,093	6,760	51,360
29	RE19	LD	0,040	1,573	2,400	66,653	51,947	0,067	1,533	3,040	23,480
30	RE20	LD	0,040	1,253	2,040	41,453	23,787	0,027	0,413	4,520	21,640
Cenoura											
31	CE1	SG	0,040	1,053	4,720	29,773	9,867	0,000	0,253	20,840	19,720
32	CE2	FO	0,040	1,213	3,160	32,813	10,307	0,000	0,173	0,000	12,760
33	CE3	FO	0,120	1,213	3,000	43,853	10,507	0,067	0,213	0,000	19,320
34	CE4	SJ	0,080	1,573	3,000	49,853	13,107	0,067	0,373	0,000	21,520
35	CE5	SG	0,040	1,333	2,040	53,853	5,787	0,000	0,213	0,000	18,440
36	CE6	LD	0,040	0,973	1,520	23,133	9,387	0,000	0,133	0,000	13,240
37	CE7	CR	0,040	1,293	2,800	155,053	8,627	0,107	0,333	2,760	12,960
38	CE8	SG	0,040	1,373	7,080	23,973	5,307	0,027	0,253	0,000	30,000
39	CE9	SG	0,040	1,493	3,640	38,293	7,107	0,000	0,293	0,000	18,920
40	CE10	LD	0,040	1,333	3,200	45,853	5,867	0,027	0,173	0,000	12,680
41	CE11	CG	0,120	1,333	4,240	25,053	3,547	0,187	0,133	0,000	16,720
42	CE12	SG	0,080	1,293	4,600	78,253	5,587	0,107	0,133	0,000	17,960
43	CE13	SG	0,040	1,373	3,400	36,653	4,307	0,067	0,133	0,000	13,240
44	CE14	SG	0,040	1,413	2,480	38,133	4,827	0,027	0,133	0,000	22,680
45	CE15	SG	0,040	1,413	3,960	30,933	8,867	0,067	0,213	0,000	18,160
46	CE16	LD	0,160	1,333	2,680	19,613	8,227	0,000	0,213	33,600	11,960
47	CE17	SG	0,080	1,453	8,080	78,253	6,907	0,067	0,133	0,000	22,880
48	CE18	CR	0,040	1,413	4,040	53,853	23,027	0,000	0,173	0,000	27,000
49	CE19	LD	0,080	1,333	6,240	33,613	6,867	0,027	0,253	96,400	14,240
50	CE20	MD	0,120	1,253	1,960	65,053	8,787	0,000	0,133	0,000	13,880
Beterraba											
51	BE1	CR	0,080	1,693	2,920	33,493	85,947	0,027	0,453	0,000	16,240
52	BE2	PI	0,080	1,533	8,480	85,053	113,947	0,107	0,173	0,000	53,760
53	BE3	SJ	0,120	1,333	2,800	60,253	24,627	0,000	0,293	0,000	22,520
54	BE4	CG	0,120	1,253	4,560	48,253	36,027	0,067	0,173	44,000	22,560
55	BE5	LD	0,080	1,373	6,680	76,253	9,827	0,107	0,173	0,000	26,680
56	BE6	LD	0,080	1,373	9,520	45,053	29,507	0,000	0,133	0,000	68,160
57	BE7	QU	0,160	1,373	11,080	54,253	161,947	0,000	0,813	0,000	115,360
58	BE8	LD	0,040	1,373	6,360	35,613	33,467	0,067	0,173	0,000	26,120
59	BE9	CG	0,080	1,373	3,640	29,173	57,147	0,000	0,213	9,640	12,520
60	BE10	LD	0,040	1,493	6,000	40,253	16,427	0,147	0,213	0,000	28,640
61	BE11	CS	0,080	1,653	2,440	45,453	16,227	0,027	0,253	0,000	20,240
62	BE12	SG	0,080	1,413	8,200	44,653	39,547	0,027	0,213	0,000	32,240
63	BE13	SG	0,080	1,613	6,360	33,573	18,227	0,107	0,373	0,000	46,960
64	BE14	LD	0,080	1,293	8,120	59,853	54,747	0,027	0,253	0,000	43,360
65	BE15	SG	0,040	1,373	4,680	37,773	10,067	0,187	0,093	0,000	22,200
66	BE16	LD	0,040	1,533	5,160	45,053	8,227	0,267	0,133	0,000	32,960
67	BE17	SJ	0,080	1,333	8,360	29,893	87,547	0,000	0,333	0,000	84,960
68	BE18	SJ	0,080	1,413	3,480	33,293	78,347	0,027	0,373	0,000	32,720
69	BE19	SJ	0,040	1,413	6,600	47,853	63,947	0,027	0,453	0,000	33,080
70	BE20	SJ	0,080	1,453	3,600	42,653	77,147	0,027	0,453	0,000	35,920
Batata											
71	BA1	BR	0,040	1,493	4,800	28,093	9,187	0,000	0,093	2,240	14,320
72	BA2	BR	0,080	1,333	3,480	21,773	4,107	0,067	0,133	0,000	15,120
73	BA3	BM	0,040	1,373	3,000	18,333	8,547	0,107	0,253	0,000	10,040
74	BA4	ES	0,040	1,413	7,040	25,333	6,867	0,000	0,293	0,000	17,560
75	BA5	BB	0,080	1,493	4,080	26,253	7,187	0,067	0,253	0,000	14,240
76	BA6	BR	0,040	1,453	5,000	24,013	6,987	0,027	0,293	0,000	14,640

continua

Tabela 4. (continuação)

Nº	Id	Id ⁽¹⁾	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn
77	BA7	BR	0,040	1,533	6,320	27,093	6,187	0,027	0,133	0,000	16,920
78	BA8	TM	0,040	1,413	5,680	24,293	7,547	0,107	0,253	0,000	15,640
79	BA9	OB	0,040	1,533	1,920	16,893	7,427	0,107	0,173	0,000	12,000
80	BA10	NI	0,080	1,413	6,000	23,053	6,427	0,027	0,453	4,560	11,720
81	BA11	NI	0,040	1,373	2,240	26,093	4,027	0,107	0,133	0,000	12,160
82	BA12	NI	0,080	1,453	3,600	34,053	4,547	0,147	0,173	0,000	12,720
83	BA13	AR	0,040	1,413	3,280	27,693	4,107	0,067	0,133	0,000	11,480
84	BA14	AR	0,000	1,373	2,800	25,173	4,387	0,027	0,053	0,000	10,720
85	BA15	SJ	0,120	1,453	3,040	27,413	4,347	0,027	0,333	1,960	8,880
86	BA16	SA	0,040	1,333	2,760	26,413	7,827	0,067	0,093	0,000	12,680
87	BA17	AR	0,080	1,333	6,160	21,773	5,347	0,267	0,413	0,000	15,040
88	BA18	AR	0,120	1,293	2,880	29,253	4,187	0,067	0,173	0,000	9,640
89	BA19	SG	0,040	1,573	5,080	30,933	4,627	0,107	0,173	0,000	16,200
90	BA20	SJ	0,080	1,333	1,640	21,973	4,547	0,000	0,253	0,000	8,840
91	BA21	AR	0,040	1,373	4,480	32,093	4,787	0,187	0,093	0,000	15,440
92	BA22	SG	0,040	1,453	6,280	30,253	4,907	0,027	0,213	6,680	13,200
93	BA23	AR	0,040	1,373	3,440	18,573	4,787	0,067	0,093	0,000	10,520
Tomate											
94	T01	PM	0,080	1,573	5,040	50,653	20,667	0,000	0,293	0,000	14,000
95	T02	CR	0,120	1,333	6,240	34,053	18,347	0,000	0,413	0,000	14,800
96	T03	CR	0,040	1,413	5,440	36,373	21,307	0,027	0,373	0,000	16,120
97	T04	CR	0,080	1,453	9,960	41,453	14,387	0,107	0,253	0,000	23,880
98	T05	CR	0,040	1,493	6,880	69,853	22,547	0,147	0,293	0,000	16,280
99	T06	CM	0,080	1,453	9,160	28,733	12,907	0,107	0,373	0,000	15,120
100	T07	CM	0,040	1,853	8,680	38,533	14,427	0,507	0,293	0,000	18,240
101	T08	PM	0,080	1,453	5,080	37,293	17,427	0,547	0,093	0,000	11,640
102	T09	SZ	0,040	1,493	11,680	43,853	38,067	0,267	0,493	0,000	22,120
103	T010	LD	0,120	1,333	8,560	37,693	20,267	0,027	0,293	0,000	13,760
104	T011	BA	0,040	1,773	5,400	31,733	14,867	0,067	0,373	0,000	12,720
105	T012	BA	0,080	1,493	3,800	27,733	12,507	0,000	0,293	0,000	14,160
106	T013	CR	0,040	1,373	5,680	35,253	13,987	0,507	0,173	0,000	16,040
107	T014	SM	0,080	1,533	5,600	47,853	16,627	0,107	0,213	0,000	20,520
108	T015	CA	0,080	1,453	6,520	38,853	16,867	0,027	0,173	0,000	18,920
109	T016	PM	0,080	1,533	8,880	38,333	10,667	0,427	0,533	0,000	17,480
110	T017	BA	0,080	1,453	8,920	48,653	12,587	0,307	0,293	0,000	19,840
111	T018	CR	0,040	1,533	5,920	53,453	21,427	0,027	0,293	0,000	19,040
112	T019	LD	0,040	1,413	7,080	42,253	13,907	0,107	0,333	0,000	16,600
113	T020	CT	0,040	1,373	11,760	42,253	36,507	0,027	0,413	0,000	17,480
114	T021	SJ	0,040	1,213	5,160	40,253	38,027	0,347	0,253	0,000	14,120

¹ Município de origem do vegetal: AR: Araxá; BA: Barbacena; BE: Betim; BJ: Bom Jardim; BR: Bom Repouso; BM: Borda da Mata; BR: Brumadinho; BB: Bueno Brandão; CR: Carandá; CT: Caratinga; CM: Carmópolis de Minas; CG: Casagrande; CL: Conselheiro Lafaiete; CR: Crucilândia; ES: Estiva; FO: Formiga; IG: Igarapé; IT: Itatiaçu; LD: Lagoa Dourada; MD: Madre de Deus; MC: Mario Campos; NI: município não identificado; OB: Ouro Branco; PM: Pará de Minas; PI: Pedro do Indaia; QU: Queluzito; SJ: Santa Juliana; SG: São Gotardo; SJ: São João del Rei; SM: São João Manhuaçu; SA: Senador Amaral; SZ: Serra Azul; TM: Tocos do Mugi

² Valores referidos como iguais a zero não indicam, obrigatoriamente, ausência dos elementos analisados e, sim, que os teores não atingiram o limite de detecção do equipamento ICP-OES

Tabela 5. Teores totais de metais pesados avaliados em amostras de água utilizadas para irrigação de cultivos de olerícolas no Estado de Minas Gerais

Nº	Id ⁽¹⁾	Água ⁽²⁾	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn
1	VI1	represa	0,000 ⁽³⁾	0,043	0,010	1,108	0,123	0,001	0,021	0,000	0,051
2	VI2	poço	0,000	0,000	0,000	0,082	0,010	0,000	0,000	0,000	0,015
3	VI3a	poço	0,000	0,010	0,007	0,678	0,027	0,000	0,005	0,000	0,018
4	VI3b	córrego	0,000	0,001	0,003	0,200	0,003	0,000	0,003	0,000	0,014
5	VI4	(*) ⁽⁴⁾	0,000	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,004	0,000	0,012
6	VI5	(*)	0,000	0,029	0,006	0,123	0,002	0,000	0,006	0,000	0,010
7	MC1	represa	0,000	0,067	0,001	2,478	0,639	0,000	0,008	0,000	0,013
8	MC2	córrego	0,000	0,026	0,000	1,018	0,190	0,000	0,006	0,000	0,002
9	MC3	mina	0,000	0,005	0,002	0,130	0,011	0,001	0,002	0,000	0,003
10	MC4	córrego	0,000	0,000	0,000	0,720	0,156	0,000	0,005	0,000	0,018

continua

Tabela 5. (continuação)

Nº	Id ⁽¹⁾	Água ⁽²⁾	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn
11	MC5	córrego	0,000	0,000	0,000	0,300	0,183	0,000	0,003	0,000	0,003
12	JF1	córrego	0,000	0,006	0,004	1,118	0,060	0,000	0,000	0,000	0,004
13	JF2	córrego	0,000	0,000	0,000	0,754	0,054	0,000	0,000	0,000	0,001
14	JF3	(*)	0,000	0,000	0,000	2,248	0,050	0,000	0,000	0,000	0,040
15	JF4	nascente	0,000	0,004	0,001	0,813	0,029	0,000	0,001	0,000	0,000
16	JF5	açude	0,000	0,001	0,000	3,768	0,525	0,000	0,001	0,000	0,001
17	SG1	açude	0,000	0,000	0,000	0,299	0,020	0,000	0,003	0,000	0,062
18	BM1	córrego	0,000	0,007	0,005	8,338	0,572	0,000	0,000	0,000	0,007
19	BM*	captação	0,000	0,010	0,000	3,628	0,171	0,000	0,004	0,000	0,002
20	BM*	jusante	0,001	0,001	0,000	2,608	0,124	0,000	0,000	0,000	0,000
21	BR1	córrego	0,000	0,004	0,003	1,518	0,033	0,000	0,000	0,000	0,003
22	BR2	córrego	0,000	0,000	0,000	1,838	0,075	0,000	0,000	0,000	0,001
23	BR3	córrego	0,000	0,000	0,000	2,548	0,064	0,000	0,000	0,000	0,007
24	CA1+CA2	rio	0,000	0,065	0,013	1,648	0,053	0,000	0,011	0,000	0,007
25	CA3	nascente	0,000	0,014	0,002	0,648	0,064	0,000	0,001	0,000	0,006
26	CA4	represa	0,000	0,000	0,000	0,755	0,011	0,000	0,000	0,000	0,006
27	CA5	represa	0,000	0,012	0,005	1,618	0,067	0,000	0,003	0,000	0,009
28	CA6	córrego	0,000	0,005	0,001	2,148	0,050	0,001	0,006	0,000	0,003
29	CA7	represa	0,000	0,001	0,000	1,288	0,021	0,000	0,002	0,000	0,001
30	CA8	córrego	0,000	0,003	0,002	1,778	0,046	0,000	0,001	0,000	0,027
31	CA9+ CA10	córrego	0,000	0,007	0,003	2,048	0,046	0,000	0,005	0,000	0,000
32	CA11	represa	0,000	0,000	0,000	1,348	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
33	CA12	represa	0,000	0,002	0,067	2,438	0,018	0,000	0,002	0,000	0,039
34	CA13	córrego	0,000	0,007	0,004	2,098	0,058	0,000	0,002	0,000	0,003
35	CA14	córrego	0,000	0,000	0,000	2,098	0,022	0,000	0,004	0,000	0,001
36	CA15	nascente	0,000	0,006	0,000	1,268	0,007	0,000	0,002	0,000	0,001
37	CA16	nascente	0,000	0,011	0,007	7,658	0,098	0,000	0,003	0,000	0,010
38	BA1	represa	0,000	0,000	0,000	0,998	0,020	0,000	0,008	0,000	0,001
39	BA2	nascente	0,000	0,000	0,000	1,738	0,174	0,000	0,005	0,000	0,008
40	BA3	córrego	0,000	0,002	0,001	2,768	0,058	0,000	0,001	0,000	0,002
41	BA4	Rio das Mortes	0,000	0,000	0,046	2,978	0,132	0,000	0,003	0,000	0,001
42	BA5+BA8	córrego	0,000	0,000	0,000	1,378	0,039	0,000	0,004	0,000	0,002
43	BA6	nascente	0,000	0,000	0,000	0,968	0,058	0,000	0,000	0,000	0,000
44	BA7+BA10	(*)	0,000	0,000	0,000	0,978	0,029	0,000	0,001	0,000	0,000
45	BA9	Rio das Mortes	0,000	0,000	0,000	0,928	0,034	0,000	0,001	0,000	0,000
46	LD1+LD2	córrego	0,000	0,297	0,005	3,938	0,071	0,000	0,060	0,000	0,005
47	LD3+LD4	corrego	0,000	0,010	0,001	1,488	0,157	0,000	0,001	0,000	0,006
48	LD5	córrego	0,000	0,000	0,000	2,228	0,296	0,000	0,003	0,000	0,000
49	LD6	rio	0,000	0,006	0,001	1,668	0,072	0,000	0,002	0,000	0,005
50	LD7+LD9	córrego	0,000	0,000	0,000	1,058	0,110	0,001	0,000	0,000	0,029
51	LD8	nascente	0,000	0,003	0,003	4,088	0,178	0,000	0,014	0,000	0,004
52	CO1	córrego	0,000	0,007	0,002	9,188	0,291	0,000	0,001	0,000	0,000
53	CO2	córrego	0,000	0,000	0,000	3,038	0,070	0,000	0,003	0,000	0,000
54	CO3	córrego	0,000	0,003	0,003	1,388	0,124	0,002	0,001	0,000	0,013
55	CO4	nascente	0,000	0,000	0,000	3,388	0,341	0,001	0,004	0,000	0,006
56	CO5	córrego	0,001	0,000	0,000	14,228	0,447	0,002	0,006	0,000	0,001
57	CO*	captação	0,000	0,000	0,000	2,378	0,211	0,000	0,001	0,000	0,005
58	SJ1	Rio Carandaí	0,000	0,000	0,007	1,298	0,073	0,000	0,001	0,000	0,129
59	SJ2	Rio das Mortes	nd ⁽⁵⁾	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Nd
60	SJ3	córrego	0,000	0,000	0,000	1,078	0,078	0,000	0,002	0,000	0,000
61	SJ4	represa	0,000	0,000	0,000	1,178	0,018	0,000	0,000	0,000	0,011
62	SJ5	córrego	0,000	0,000	0,000	2,098	0,027	0,000	0,005	0,000	0,004

¹ Município de coleta: BA: Barbacena, BR: Bom Repouso, BM: Borda da Mata, CA: Carandaí, CO: Coimbra, JF: Juiz de Fora, LD:Lagoa Dourada, MC: Mário Campos, SG: São Gotardo, SJ: São João del Rei e Viçosa

² Origem da amostra de água coletada

³ Valores referidos como iguais a zero não indicam, obrigatoriamente, ausência dos elementos analisados e, sim, que os teores não atingiram o limite de detecção do equipamento ICP-OES

⁴ Amostras recolhidas junto ao sistema de irrigação sem identificação precisa de sua origem (*)

⁵ Nd: amostra perdida durante a análise

BM* e CO* - Amostras extras próximas à captação de água das cidades ou à sua jusante

geográfica abrangida e pela possibilidade de permitir identificar áreas potencialmente merecedoras de novos e mais aprofundados estudos. A análise pontual de amostras de água no tempo e no espaço permite a obtenção de resultados que podem não ser reproduzíveis ao longo do tempo, tendo em vista a variabilidade decorrente da própria dinâmica do corpo líquido, sendo apenas um retrato instantâneo do momento da amostragem. Mesmo com essa limitação, os dados obtidos são válidos e merecem consideração no intuito de se identificar tendências e comportamentos gerais, revestindo-se de grande significância para o estudo das águas mineiras.

Como é comum em estudos dessa natureza, os teores obtidos foram comparados com a Resolução 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005) que estabelece os teores máximos para substâncias potencialmente prejudiciais. Foram considerados os limites estabelecidos para as águas doces das Classes 1 e 2.

O Cd foi identificado em apenas uma amostra de um córrego do município de Coimbra (CO5), mostrando teor coincidente com o limite máximo ($0,001 \text{ mg L}^{-1}$) permitido pela Resolução 357/05. Para o Cr, três amostras superaram o limite ($0,05 \text{ mg L}^{-1}$), sendo que duas de forma pouco expressiva (MC1 e CA1+CA2) e uma terceira em maior intensidade, no município, de Lagoa Dourada (LD1+LD2).

No caso do Cu e Fe, cabe a ressalva de que os limites estabelecidos na Resolução 357/05 se referem à forma dissolvida. No presente estudo determinou-se o teor total, assim entendido como o somatório da fração solúvel e insolúvel, esta última associada às partículas presentes em suspensão na água. Neste sentido, torna-se difícil uma avaliação mais conclusiva acerca da qualidade das cinco amostras em que o limite de Cu foi superado. Considerando-se a resolução anterior (CONAMA, 1986) que vigorava na época da execução do presente trabalho e definia um limite para o teor total de $0,02 \text{ mg L}^{-1}$, conclui-se que apenas duas amostras (CA12 e BA4) superariam o valor estabelecido. No caso do Fe, a maioria das amostras apresentou teores superiores ao permitido na forma dissolvida ($0,3 \text{ mg L}^{-1}$). Ainda que não se tenha dados específicos das formas solúveis, os valores baixos de Fe total encontrados não devem representar maiores preocupações pois, seguramente, devem ser associados às partículas em suspensão, em especial às partículas de solo que são carregadas pelos rios e possuem, em sua constituição, minerais com elevado teor de Fe; raciocínio semelhante vale para o Mn, também expressivo na constituição química de minerais de solo.

Embora não seja contemplado na Resolução 357/05, o Mo foi identificado em sete das amostras analisadas; já os elementos Ni e Zn o foram em 48 amostras. No caso do Zn, em nenhuma das amostras se verificou teores acima do limite ($0,18 \text{ mg L}^{-1}$); entretanto, para o Ni, uma amostra proveniente de Lagoa Dourada (LD1+LD2) exibiu teores mais que duas vezes superiores ao permitido ($0,025 \text{ mg L}^{-1}$).

CONCLUSÕES

1. As amostras de solo, plantas e águas coletadas no Es-

tado de Minas Gerais associadas aos cultivos olerícolas apresentavam-se, de forma geral, livres de contaminação significativa de metais pesados.

2. Em algumas amostras específicas de solo com teores totais mais expressivos de metais pesados, a baixa disponibilidade desses elementos sugere que tal verificação não constitui problema de maior magnitude.

3. Algumas amostras de água apresentam teores preocupantes de metais pesados, indicando a necessidade de um programa de monitoramento dos pontos de coleta para identificação da possível fonte de contaminação.

LITERATURA CITADA

- Abreu, C. A.; Abreu, M. F.; Andrade, J. C. Determinação de cobre, ferro, manganês, zinco, cádmio, cromo, níquel e chumbo em solos usando a solução de DTPA em pH 7,3. In: van Raij, B.; Andrade, J.C.; Cantarella, H.; Quaggio, J.A. (ed.). Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: IAC, 2001. p.240-250.
- Alloway, B. J. Heavy metals in soils. 2.ed. London: Blackie Academic & Professional, 1997. 368p.
- Alvarez, V. H.; Novais, R. F.; Barros, N. F.; Cantarutti, R. B.; Lopes, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T. G.; Alvarez, V. H. (ed.). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.25-32.
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria n.685. Publicada em 27/08/1998. Ministério da Saúde, Brasília. http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/685_98.htm. 15 Set. 2004.
- Baker, D. E.; Amacher, M. C. Nickel, Copper, Zinc and Cadmium. In: Page, A. L.; Miller, R. H.; Keeney, D. R. (ed.). Methods of soil analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties, 2.ed., Madison: ASA, SSSA, p.323–336. 1982.
- Campos, M. L.; Pierangeli, M. A. P.; Guilherme, L. R. G.; Marques, J. J.; Curi, N. Baseline concentration of heavy metals in Brazilian Latosols. Communications in Soil Science and Plant Analysis, Athens, v.34, n.3-4, p.547-557, 2003
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Decisão da Diretoria Nº 195/2005, de 23/11/2005. 2005. São Paulo: CETESB. http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf. 6 Abr. 2005.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Rede de monitoramento de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo. Relatórios. São Paulo: CETESB, 2006. <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/relatorios.asp>. 10 Abr. 2006.
- CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução n. 20/1986. Publicada em 30/07/1986. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. <http://www.mma.gov.br/conama/res/res86/res2086.html>. 08 Ago. 2004.
- CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução n. 357/2005. Publicada em 17/03/2005. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. <http://www.mma.gov.br/conama/res/res05/res35705.pdf>. 13 Abr. 2006.

- Costa, A. C. M. ; Anjos, M. J.; Lopes, R. T.; Pérez, C. A.; Castro, C. R. F. Multi-element analysis of sea water from Sepetiba Bay, Brazil, by total reflection x-ray fluorescence spectrometry using synchrotron radiation. *X-Ray Spectrometry*, West Sussex, Inglaterra, v.34, n.3, p.183-188, 2005.
- Costa, C. A.; Casali, V. W. D.; Loures, E. G.; Cecon, P. R.; Jordão, C. P. Teor de zinco, cobre e cádmio em cenoura em função de doses crescentes de composto de lixo urbano. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.15, n.1, p.10-14, 1997.
- Costa, C. A.; Casali, V. W. D.; Ruiz, H. A.; Jordão, C. P.; Cecon, P. R. Teor de metais pesados e produção de alface adubada com composto de lixo urbano. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.19, p.10-16, 2001.
- Deffelipo, B. V.; Ribeiro, A. C. Análise química do solo: Metodologia. Viçosa: UFV, 1996. 17p. Boletim, 29
- Duarte, R. G. S.; Pasqual, A. Avaliação do cádmio (Cd), chumbo (Pb), níquel (Ni) e zinco (Zn) em solos, plantas e cabelos humanos. *Energia na Agricultura*, Botucatu, v.15, n.1, p.46-58, 2000.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212p.
- Fadigas, F. S.; Amaral Sobrinho, N. M. B.; Mazur, N.; Anjos, L. H. C.; Freixo, A. A. Concentrações naturais de metais pesados em algumas classes de solos brasileiros. *Bragantia*, Campinas, v.61, n.2, p.151-159, 2002.
- Fontes, M. P. F.; Gomes, P. C. Simultaneous competitive adsorption of heavy metals by the mineral matrix of tropical soils. *Applied Geochemistry*, Oxford, v.18, n.6, p.795-804, 2003.
- Gomes, P. C.; Fontes, M. P. F.; Silva, A. G.; Mendonça, E. S.; Netto, A. R. Selectivity sequence and competitive adsorption of heavy metals by Brazilian soils. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, v.65, p.1115-1121, 2001.
- Kabata-Pendias, A.; Pendias, H. Trace elements in soils and plants. Flórida: Boca Raton, 1992. 365p.
- Mantovani, J. R.; Ferreira, M. E.; Cruz, M. C. P.; Chiba, M. K.; Braz L. T. Calagem e adubação com vermicomposto de lixo urbano na produção e nos teores de metais pesados em alface. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.21, n.3, p.494-500, 2003.
- Marques, J. J.; Schulze, D. G.; Curi, N.; Mertzman, S. A. Trace element geochemistry in Brazilian Cerrado soils. *Geoderma*, Amsterdam, v.121, n.1-2, p.31-43, 2004.
- NEPA – Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. Tabela brasileira de composição de alimentos. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2004. 42p. http://dtr2004.saude.gov.br/nutricao/documentos/tab_bras_de_comp_de_alim_doc.pdf. 11 Abr. 2006.
- Ramalho, J. F. G. P.; Amaral Sobrinho, N. M. B.; Velloso, A. C. X. Contaminação da microbacia de Caetés com metais pesados pelo uso de agroquímicos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.35, n.7, p.1289-1303, 2000.
- Rietzler, A. C.; Fonseca, A. L.; Lopes, G. P. Metais pesados em tributários da represa da Pampulha, Minas Gerais. *Brazilian Journal of Biology*, São Carlos, v.61, n.3, p.363-370, 2001.
- Ruiz, H. A. Métodos de análises físicas do solo. Viçosa: DPS, UFV, 2004. 22p.
- Teixeira, S. T.; Melo, W. J.; Silva, E. T. Metais pesados em solo degradado tratado com lodo de estação de tratamento de água. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.62, n.5, p.498-501, 2005.