

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES MANEJOS AGRÍCOLAS NA DISTRIBUIÇÃO DE METAIS PESADOS NO SOLO E EM PLANTAS DE TOMATE⁽¹⁾

F. S. SANTOS⁽²⁾, N. M. B. AMARAL SOBRINHO⁽³⁾ & N. MAZUR⁽³⁾

RESUMO

Paty do Alferes (RJ) é um município com tradição agrícola, sendo a olericultura a sua principal atividade econômica. A região apresenta uma topografia e regime de chuvas que favorecem a erosão. A falta de um manejo adequado do solo e o uso excessivo de agroquímicos favorecem os processos de degradação física e química do solo, acarretando sérios impactos ao ambiente. Com o objetivo de avaliar o acúmulo de metais pesados no solo e em plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), cultivadas sob diferentes sistemas de preparo do solo, foi realizado um trabalho no município de Paty do Alferes (RJ), entre os meses de agosto e dezembro de 1999. Foram instaladas parcelas do tipo Wischmeier (com coletores de enxurrada e sedimentos), com dimensões de 22,0 x 4,0 m, em um Latossolo Vermelho-Amarelo com 30 % de declividade. Cada tratamento consistiu de um tipo de sistema de preparo do solo: (a) preparo convencional: aração no sentido morro abaixo e queima dos restos vegetais (PC); (b) preparo em curvas de nível: aração com tração animal em nível com faixas de capim-colonião a cada 7,0 m (PN); (c) cultivo mínimo: apenas abertura de covas para plantio e conservação dos restos vegetais (CM). Foram coletadas amostras de solo e plantas de tomate, sendo analisados os teores de metais pesados nas amostras coletadas, a produtividade das plantas e a fertilidade do solo. A produtividade no cultivo mínimo foi significativamente inferior à de outros manejos, apesar de tal sistema favorecer a maior fertilidade do solo. Esse manejo também proporcionou maior acúmulo de metais pesados no solo, principalmente quando comparado ao plantio convencional. Com relação às plantas, a aplicação foliar de defensivos agrícolas favoreceu o maior acúmulo de metais pesados na parte aérea das plantas, e os teores de Cu e Zn estiveram acima dos limites permitidos para metais pesados em plantas. Os frutos produzidos nos três sistemas de preparo do solo apresentaram concentrações de Pb próximas aos limites permitidos para alimentos frescos.

Termos de indexação: agroquímicos, contaminação, sistemas de preparo do solo, preparo conservacionista.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor, apresentada ao Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ. Seropédica (RJ). Pesquisa realizada com recursos do CNPq e da FAPERJ. Recebido para publicação em abril de 2001 e aprovado em novembro de 2001.

⁽²⁾ Pós-Graduando em Agronomia, Ciência do Solo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ. CEP 23890-000 Seropédica (RJ). E-mail: fabiana@ufrj.br

⁽³⁾ Professor do Departamento de Solos, UFRRJ. E-mails: nelmoura@ufrj.br; nelmazur@ufrj.br

SUMMARY: *INFLUENCE OF DIFFERENT SOIL TILLAGE METHODS ON HEAVY METAL DISTRIBUTION IN SOIL AND TOMATO PLANTS*

*Paty do Alferes in the State of Rio de Janeiro, Brazil, is a county with agricultural tradition, whose main economical source is horticulture. Topography and rainfall regime of the region are favorable for erosion. Due to the lack of an appropriate soil management, besides excessive application of agrochemicals, physical and chemical soil degradation processes are favored, causing serious environmental impacts. With the objective to evaluate accumulated heavy metals in soil and in tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill), raised in different soil tillage systems, a study was carried out in the county of Paty do Alferes (RJ), in the months from August to December 1999. Wischmeier plots of 22.0 x 4.0 m (with runoff and sediment collectors) were installed on a Red-Yellow Latosol with 30 % incline. Each tillage system represented a treatment: (a) conventional tillage: downhill furrows and burning of vegetal residues (PC); (b) tillage along contour lines: contour plowing by animal traction with strips of cropping grass every 7.0 m (PN); (c) minimum tillage: opening of ditches for plants only, under preservation of the vegetal residues (CM). Soil and tomato plant samples were collected for analyses of heavy metal contents, plant productivity and soil fertility. Productivity in the minimum tillage treatment was significantly lower than in the others, although this system benefited the highest soil fertility. It provided the greatest accumulation of heavy metals in the aerial part of the plants as well, and Cu and Zn contents lay above the permitted heavy metal levels in plants. The fruits of all three soil tillage systems presented Pb concentrations near the limits allowed for fresh food.*

Index terms: agrochemicals, contamination, soil tillage methods, conservation tillage.

INTRODUÇÃO

Com a intensificação das práticas agrícolas e a necessidade de obtenção de elevadas produtividades, a exploração indiscriminada do solo aumentou muito nos últimos anos. Práticas, como sistemas inadequados de preparo do solo e uso excessivo de agroquímicos, são fatores que aceleram a degradação do solo, diminuindo o seu potencial agrícola.

Os adubos minerais e orgânicos, bem como os corretivos e defensivos agrícolas, podem conter metais pesados, como impurezas, na sua estrutura (Amaral Sobrinho et al., 1992). O uso indiscriminado desses produtos tem causado o aumento da concentração de metais pesados no solo e, conseqüentemente, sua incorporação na cadeia alimentar (Ramalho et al., 2000).

O município de Paty do Alferes, localizado na região centro-sul do estado do Rio de Janeiro, caracteriza-se por apresentar grande tradição agrícola, tendo passado pelos ciclos da madeira, café e pecuária (EMBRAPA, 1998).

Atualmente, a olericultura é a principal atividade econômica da região, sendo o município o 2º produtor de tomate do estado. No entanto, a região apresenta características que favorecem a erosão, como um relevo acidentado com declividades médias de 20 a 45 % e um clima definido por um período chuvoso de sete a oito meses (outubro a maio).

O cultivo de olerícolas é realizado principalmente nas áreas que apresentam relevo acidentado, com uso intensivo e sem controle de agroquímicos e com preparo do solo inadequado, por meio da aração com trator no sentido morro abaixo, o que aumenta os riscos de remoção de solo, nutrientes e metais pesados por erosão. Estas práticas têm desestabilizado o ambiente, causando a contaminação dos solos e corpos d'água e contribuindo para a contaminação dos alimentos produzidos na região (Núñez et al., 1999; Ramalho et al., 2000).

Diante desses problemas, o presente trabalho objetivou avaliar a influência de diferentes sistemas de preparo do solo na produtividade do tomate, nas perdas de solo por erosão e na distribuição de metais pesados no solo e partes das plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no campo experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (Pesagro), distrito de Avelar, município de Paty do Alferes (RJ). A área apresentava declividade de 30 % e o solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura argilosa. O clima da região é do tipo Cw de Köppen, caracterizado como temperado, com precipitações médias anuais de 1.200 mm, com

trimestre mais chuvoso entre novembro e janeiro, correspondendo a aproximadamente 50 % da precipitação anual.

A cobertura vegetal da área experimental antes da instalação das parcelas era constituída de pastagem não manejada com capim-gordura (*Melinis minutiflora*). Em 1995, foram instaladas nove parcelas do tipo Wischmeier (com coletores de enxurrada e sedimentos) pela EMBRAPA/CNPS, com dimensões de 22,0 x 4,0 m, onde estão sendo estudados diferentes sistemas de preparo do solo durante o ciclo de várias olerícolas (Quadro 1).

Neste trabalho, foi utilizada a cultura do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), cujo ciclo compreendeu os meses de agosto a dezembro de 1999. O espaçamento das plantas de tomate foi de 1,0 x 0,4 m em todos os sistemas de preparo do solo. Os dados de perdas de solo por erosão foram calculados para o período total do experimento (1996 a 1999).

Cada tratamento compreendeu um sistema de preparo do solo distinto: (PC) preparo convencional: aração no sentido morro abaixo e queima dos restos vegetais; (PN) preparo em curva de nível: aração com tração animal em nível, com faixas de capim-colonião a cada 7,0 m com 1 m de largura para cada faixa; (CM) cultivo mínimo: apenas abertura de covas para plantio e conservação dos restos vegetais da cultura

anterior (*Abelmoschus esculentus* - quiabo). No final de cada parcela, foram instalados dois tanques para o armazenamento de água e sedimentos carreados pela chuva. Foram feitas três repetições para cada tratamento.

Todos os sistemas de preparo do solo receberam as mesmas adubações e controle fitossanitário em todo o período do experimento (1996-1999), i. e, para todas as culturas instaladas. Os produtos utilizados, suas respectivas quantidades e formas de aplicação no ciclo de cultivo do tomate encontram-se no quadro 2.

Antes do plantio e após a colheita do tomate, foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, retirando-se 20 amostras simples, para cada profundidade, para obtenção de duas amostras compostas por parcela (superficial e subsuperficial). Essas amostras foram secas, destorroadas e passadas por peneira de 2 mm de malha, para análise de fertilidade, e trituradas em almofariz de ágata, para determinação de metais pesados (EMBRAPA, 1997).

A análise de fertilidade foi realizada segundo método proposto pela EMBRAPA (1997). A determinação dos teores totais de metais pesados no solo foi feita após digestão nitroperclórica na proporção de 2:1, segundo Scott (1978), sendo os extratos obtidos analisados por espectrofotometria de absorção atômica para Cu, Zn, Mn, Ni, Cd, Pb e Co, utilizando chama de ar-acetileno e um equipamento VARIAN-AA600, sem correção de background.

Com o objetivo de avaliar a biodisponibilidade de metais pesados no solo, foi efetuada a extração simples nas amostras de solo, utilizando o extrator EDTA 0,05 mol L⁻¹ na proporção 1:10 (solo:extrator), segundo Ure et al. (1993).

Na época da colheita das plantas de tomate, foram coletadas, separadamente, amostras de raiz, caule, folha e fruto, coletando-se em torno de 25 % de plantas de cada parcela, desprezando-se a bordadura, para obtenção de uma amostra composta. Essas amostras foram lavadas, secas em estufa com circulação de ar a 70°C e moídas. Os teores de metais pesados foram analisados a partir de digestão nitroperclórica 6:1, segundo Tedesco (1995), enquanto os teores nos extratos foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica. A produtividade da cultura em todos os sistemas de preparo do solo foi estimada a partir dos dados obtidos de produção de frutos em kg por parcela.

Nos agroquímicos e resíduo orgânico utilizados no experimento, usou-se o método para digestão, proposto por Tedesco (1995), e posterior análise de metais pesados.

Os sedimentos perdidos por erosão após cada chuva foram coletados, homogeneizados, sendo o volume total anotado e uma alíquota de volume conhecido foi retirada, seca em estufa a 70°C e calculada a quantidade de solo perdida por erosão.

Quadro 1. Ciclos de cultura desde o início do experimento

Cultura	Período de cultivo
Quiabo	janeiro 96 março 96
Couve-flor	agosto 96 novembro 96
Tomate	novembro 96 fevereiro 97
Abobrinha	fevereiro 97 maio 97
Pimentão	junho 97 dezembro 97
Quiabo	janeiro 98 junho 98
Feijão-de-vagem	setembro 98 dezembro 98
Abobrinha	janeiro 99 março 99
Feijão-de-vagem	abril 99 julho 99
Tomate	agosto 99 dezembro 99

Quadro 2. Produtos utilizados no cultivo do tomate, suas respectivas quantidades, formas de aplicação e teores de metais pesados

Produto	Quantidade	Forma de aplicação	mg kg ⁻¹						
			Cu	Zn	Mn	Ni	Cd	Pb	Co
Cama de ave	16.000 kg ha ⁻¹	Solo	17,5	69,5	287,3	12,2	2,1	15,4	4,2
NPK 4-14-8	2.140 kg ha ⁻¹	Solo	21,6	63,0	480,6	19,2	3,9	17,4	6,2
NH ₄ SO ₄	280 kg ha ⁻¹	Solo	1,4	3,7	0,4	4,0	0,8	10,0	0,6
KCl	120 kg ha ⁻¹	Solo	3,4	8,6	25,5	3,9	0,4	4,1	0,6
Daconil	45,4 kg ha ⁻¹	Pulverização	3.227,6	37,3	456,6	32,6	4,1	9,4	1,8
Cobre Sandoz	42,6 kg ha ⁻¹	Pulverização	505.604,2	1.535,1	3.587,9	15,1	8,9	39,1	1,6
Ridomil	39,8 kg ha ⁻¹	Pulverização	1,4	13.812,5	136.021,0	100,9	10,6	29,9	27,2
Mycoshield	11,4 kg ha ⁻¹	Pulverização	0,0	2,4	9,0	0,0	1,5	9,7	0,2
Dipel	6,8 kg ha ⁻¹	Pulverização	13,2	32,7	269,3	3,4	2,4	17,9	0,9
Cartap	6,8 kg ha ⁻¹	Pulverização	449,4	15,4	8,7	4,6	2,2	1,6	0,5
Tamaron	17,0 L ha ⁻¹	Pulverização	0,0	4,1	0,8	0,0	3,6	16,1	0,6
Malatol	8,5 L ha ⁻¹	Pulverização	0,0	14,3	0,0	1,3	4,6	14,8	0,5
Decis	6,8 L ha ⁻¹	Pulverização	0,0	2,0	0,3	0,0	2,8	4,7	0,2
Vertimec	1,7 L ha ⁻¹	Pulverização	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0
Quantidade total aplicada (g ha ⁻¹)			22.021,0	1.865,8	5.983,6	244,2	43,6	289,9	82,3

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial com parcelas subdivididas, sendo o sistema de preparo do solo a parcela e a profundidade a subparcela. As análises estatísticas basearam-se na análise de variância e no teste de Tukey a 5 %, para comparar médias entre os teores de metais pesados no solo e nas plantas, por meio do Programa Estatístico SAEG Versão 5.0, desenvolvido pela Fundação Arthur Bernardes e a UFV, Viçosa (MG).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve maior acúmulo de nutrientes no solo sob preparo cultivo mínimo, principalmente fósforo na camada de 0-10 cm, que apresentou acúmulo expressivo (Quadro 3). Segundo De Maria & Castro (1993), em sistemas de preparo como o cultivo mínimo, pode haver maior acúmulo de nutrientes na camada superficial, principalmente de elementos com baixa mobilidade no solo, como o fósforo.

Esse maior acúmulo de P deveu-se, provavelmente, às menores perdas por erosão (Figura 1), em virtude do menor revolvimento do solo e da maior proteção da cobertura vegetal.

Resultados semelhantes foram encontrados por Núñez et al. (1999), que, estudando as perdas por erosão em diferentes sistemas de preparo do solo no ciclo do pepino (*Cucumis sativus* L.), no município de Paty do Alferes, verificaram que o cultivo mínimo reduziu as perdas de solo em 87 %, quando comparado ao preparo com aração trator no sentido

morro abaixo, favorecendo, assim, o maior acúmulo de nutrientes e metais pesados no solo.

Apesar da melhor fertilidade do solo sob cultivo mínimo (Quadro 3) e das menores perdas por erosão, a produtividade do tomate foi significativamente inferior nesse tratamento, quando comparada à dos outros sistemas de preparo do solo (Figura 1). Turetta (2000), analisando os atributos físicos nas parcelas sob cultivo mínimo, observou a ocorrência de uma ligeira compactação (adensamento associado à compactação), em subsuperfície, devido ao manejo anterior (superpastejo) à instalação das parcelas em 1995, que poderia afetar o desenvolvimento do sistema radicular e, conseqüentemente, a produtividade nesse sistema.

Segundo Gassen & Gassen (1996), a menor produtividade nas áreas que recém introduziram o sistema de preparo cultivo mínimo, pode estar associada à imobilização de nutrientes e à compactação do solo.

Houve maior acúmulo de metais pesados no solo nos preparos em nível (PN) e cultivo mínimo (CM), principalmente Cu, Mn, Zn e Cd (Quadro 4), o que pode ser atribuído às menores perdas por erosão nessas parcelas, quando comparadas às do preparo convencional (Figura 1). Verificou-se também que os teores de Zn nesses preparos atingiram o limite crítico inferior de fitotoxidez de zinco no solo definido por Kabata-Pendias & Pendias (1984).

Comparando as duas profundidades analisadas, em geral, os metais pesados concentraram-se na profundidade de 0-10 cm, i.e. acumularam-se superficialmente. Considerando que as perdas por erosão ocorrem principalmente pela remoção da

Quadro 3. Fertilidade do solo, antes do plantio do tomate, nos três sistemas de preparo do solo

Profundidade	P (Mehlich-1)	Ca + Mg	CTC	Al	Valor V	MO	pH
cm	mg dm ⁻³	mmolc dm ⁻³			%	g dm ⁻³	
Plantio convencional (PC)							
0-10	62,5 aC	49 aB	94 aB	0 aA	56 aB	35,1 aB	5,7 aB
10-20	52,3 a	45 a	94 a	0 a	52 b	33,3 a	5,6 a
Preparo em nível (PN)							
0-10	93,2 aB	53 aB	96 aB	0 aA	59 aB	40,3 aA	6,1 aAB
10-20	30,7 b	48 a	98 a	0 a	52 b	34,4 b	5,4 a
Cultivo mínimo (CM)							
0-10	126,8 aA	75 aA	124 aB	0 aA	64 aA	42,5 aA	6,3 aA
10-20	40,9 b	53 b	89 b	0 a	63 a	35,3 b	5,8 a
C.V. parcela (%)	14,6	3,7	3,4	0,0	1,5	1,7	1,0
C.V. subparcela (%)	12,8	2,5	2,6	0,0	9,0	1,1	0,8

Médias seguidas da mesma letra minúscula, para profundidade, e maiúscula, para sistema de preparo do solo na profundidade de 0-10 cm, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 %.

Quadro 4. Teores totais de metais pesados no solo, nos três sistemas de preparo do solo

Profundidade	Cu	Zn	Mn	Ni	Cd	Pb	Co
cm	mg kg ⁻¹						
ANTES DO PLANTIO							
Plantio convencional (PC)							
0-10	42,0 a ⁽¹⁾ B	65,3 bA	75,4 aB	32,9 aA	1,8 aB	55,1 aA	6,4 aA
10-20	36,2 a	63,9 a	73,4 a	25,4 a	1,7 a	55,4 a	6,5 a
Preparo em nível (PN)							
0-10	55,2 aA	70,5 aA	81,3 aB	22,0 aB	2,3 aAB	53,9 aA	7,2 aA
10-20	37,3 b	55,1 b	68,8 b	19,3 a	1,8 b	54,5 a	5,7 b
Cultivo mínimo (CM)							
0-10	45,2 aB	76,7 aA	97,6 aA	21,1 aB	2,5 aA	54,5 aA	5,2 aB
10-20	32,5 a	64,4 b	83,8 b	17,6 a	1,7 b	55,4 a	5,2 a
C.V. parcela (%)	17,3	24,4	6,7	10,1	14,3	2,2	16,8
C.V. subparcela (%)	10,4	5,2	3,6	12,8	15,1	1,4	9,6
APÓS A COLHEITA							
Plantio convencional (PC)							
0-10	28,1 aB	61,5 aB	81,2 aB	27,4 aA	2,0 aB	47,2 aA	4,5 aA
10-20	28,2 a	47,9 a	72,8 a	19,7 b	2,0 a	45,4 a	4,0 a
Preparo em nível (PN)							
0-10	40,3 aA	104,5 aA	87,2 aB	20,9 aB	2,6 aA	45,7 aA	3,9 aA
10-20	24,2 b	57,1 b	76,3 a	17,4 b	2,2 b	46,6 a	4,0 a
Cultivo mínimo (CM)							
0-10	43,9 aA	102,6 aA	121,1 aA	18,0 aB	2,3 aA	48,1 aA	3,8 aA
10-20	25,6 b	74,2 a	94,2 b	15,9 a	2,2 a	48,1 a	3,9 a
C.V. parcela (%)	24,2	30,7	5,1	6,6	11,7	3,3	9,0
C.V. subparcela (%)	10,2	24,6	8,2	7,6	6,9	6,8	7,5

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra minúscula, para profundidade, e maiúscula, para sistema de preparo do solo na profundidade de 0-10 cm, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 %.

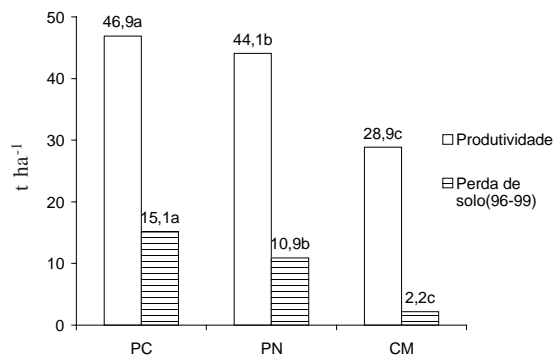


Figura 1. Produtividade do tomate e perdas de solos por erosão no período de 1996 a 1999, nos três sistemas de preparo do solo. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%. Os dados de perdas de solo por erosão nos anos de 1996 a 1997 foram obtidos por Kunzmann et al. (1998). PC: Plantio convencional; PN: Preparo em nível; CM: Cultivo mínimo.

camada superficial do solo, as perdas desses elementos serão intensificadas principalmente no preparo convencional (PC), levando a sérios riscos de contaminação de corpos d'água da região, conforme verificado por Ramalho et al. (2000). Esses autores, estudando a contaminação de sedimentos e água por metais pesados decorrente do uso de agroquímicos, na microbacia de Caetés, em Paty do Alferes (RJ), encontraram concentrações de Cd, Pb e Mn, na água do córrego e açude que cortam a microbacia, superiores aos valores permitidos pelos padrões nacionais segundo o Ministério da Saúde (Brasil, 1990).

Dentre os metais pesados analisados no solo, verificou-se maior acúmulo de Cu, Zn, Mn e Pb em todos os sistemas de preparo, em decorrência, provavelmente, de quantidades elevadas desses metais contidas nos agroquímicos utilizados (Quadro 2). A seqüência de adição de metais pesados pelos produtos utilizados foi: Cu > Mn > Zn > Pb > Ni > Co > Cd

Quadro 5. Percentagens dos totais de metais pesados no solo determinados após extração com EDTA 0,05 mol L⁻¹, nos três sistemas de preparo do solo

Profundidade	Cu	Zn	Mn	Ni	Cd	Pb	Co
cm	%						
ANTES DO PLANTIO							
Plantio convencional (PC)							
0-10	10,9 a ⁽¹⁾ A	31,5 aB	11,7 aAB	5,8 aA	22,2 aA	5,3 aA	6,2 aA
10-20	9,1 a	38,4 a	10,2 a	4,3 a	11,8 b	1,4 b	1,5 b
Preparo em nível (PN)							
0-10	12,3 aA	33,7 aB	20,5 aA	5,9 aA	13,0 aB	3,0 aB	9,7 aA
10-20	6,7 b	33,6 a	10,2 b	5,2 a	11,1 a	1,5 b	8,8 a
Cultivo mínimo (CM)							
0-10	9,1 aA	47,7 bA	10,2 aB	3,3 bB	8,0 aB	2,4 aB	11,5 aA
10-20	3,4 b	58,5 a	7,9 a	9,6 a	11,8 a	1,3 a	5,8 b
C.V. parcela (%)	23,4	26,6	23,4	39,3	27,4	41,9	46,8
C.V. subparcela (%)	15,6	14,0	17,7	31,0	38,7	11,9	16,6
APÓS A COLHEITA							
Plantio convencional (PC)							
0-10	43,1 aA	46,2 aB	13,7 aB	9,5 aB	25,0 aA	8,7 aA	2,2 aB
10-20	24,8 b	30,3 b	11,8 a	11,7 a	10,0 b	11,0 a	2,5 a
Preparo em nível (PN)							
0-10	28,8 aB	55,2 aAB	33,2 aA	17,7 aA	15,4 aB	7,0 aA	2,6 aB
10-20	16,1 b	45,7 b	18,5 b	10,3 a	9,1 b	8,8 a	2,5 a
Cultivo mínimo (CM)							
0-10	21,2 aB	58,1 aA	17,8 aB	11,1 aB	17,4 aB	6,4 aA	10,5 aA
10-20	17,6 b	50,1 a	13,0 a	11,3 a	9,1 b	7,9 a	2,6 b
C.V. parcela (%)	18,6	26,8	35,1	38,6	36,9	16,6	65,1
C.V. subparcela (%)	9,2	16,6	17,5	21,5	41,8	17,1	50,1

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra minúscula, para profundidade e maiúscula, para sistema de preparo do solo na profundidade de 0-10 cm não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

(Quadro 2). As maiores adições de Cu no solo foram devidas ao uso de Cobre Sandoz e dos demais elementos pelo uso da cama de ave.

As porcentagens de metais pesados no solo extraídas com EDTA 0,05 mol L⁻¹ em relação aos teores totais estão apresentadas no quadro 5.

O tipo de preparo do solo influenciou a biodisponibilidade de metais pesados, tendo o cultivo mínimo apresentado as menores porcentagens de Mn, Ni e Cd, quando comparado ao de outros sistemas de preparo (Quadro 5).

Esses resultados demonstram a maior capacidade do solo sob cultivo mínimo de adsorver os metais pesados colocando-os em frações de menor biodisponibilidade, principalmente para elementos

que formam complexos mais estáveis com a fração orgânica do solo, como Cu e Pb (Sposito, 1989). Nesse sentido, os teores mais elevados de matéria orgânica, resultantes do maior acúmulo de resíduos vegetais, e os maiores valores de pH (Quadro 3) no preparo cultivo mínimo favoreceram, provavelmente, a formação de complexos estáveis (“inner-sphere”) com grupos funcionais da fração orgânica e mineral do solo, influenciando a disponibilidade de metais pesados para as plantas.

Analisando a concentração de metais pesados nas diferentes partes da planta de tomate (Figura 2), observou-se que as concentrações mais elevadas foram encontradas na parte aérea, principalmente nas folhas, com exceção do Zn que se concentrou na raiz.

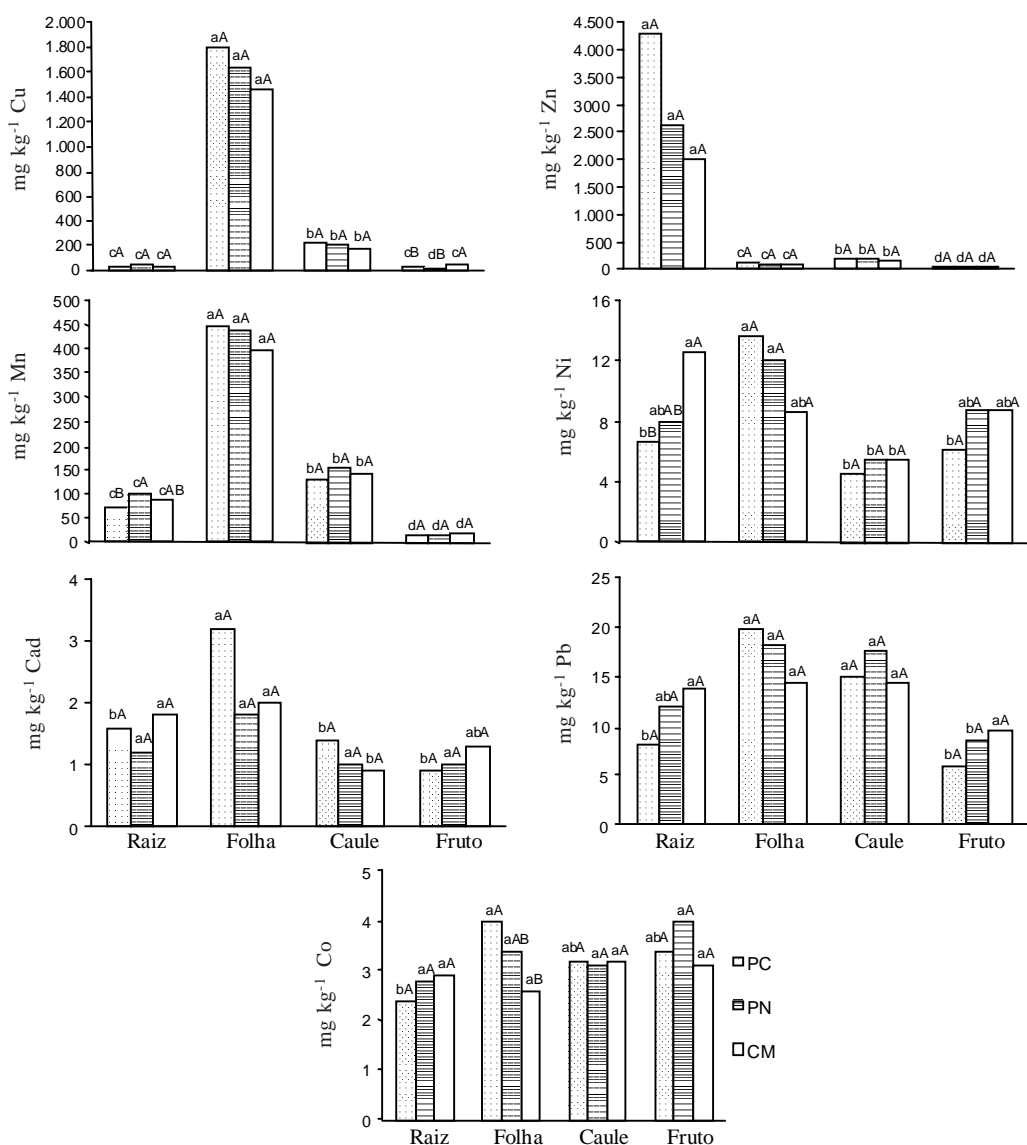


Figura 2. Teores de metais pesados em partes da planta de tomate, nos quatro sistemas de preparo do solo. Médias seguidas das mesma letra minúscula, para órgãos da planta, e maiúscula, para sistema de preparo do solo, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 %. PC: Plantio convencional; PN: Preparo em nível; CM: Cultivo mínimo.

Segundo Adriano (1986), os elementos Cu, Pb, Cd e Co concentram-se predominantemente nas raízes, o que não confirma os resultados observados neste trabalho, cujas concentrações desses elementos foram mais elevadas na parte aérea (Figura 2). Como os produtos foram aplicados predominantemente por meio de pulverizações (Quadro 2), as concentrações mais elevadas desses elementos observadas na parte aérea, provavelmente, foram influenciadas pela forma de aplicação.

Segundo Ross (1994), concentrações de Cu e Zn nas plantas superiores a 15 e 400 mg kg⁻¹, respectivamente, são consideradas fitotóxicas. Dessa forma, os níveis de Cu nas folhas e Zn nas raízes do tomate (Figura 2) foram superiores aos níveis tolerados em plantas. Apesar das elevadas concentrações desses elementos, não foram observadas alterações morfológicas nas plantas, o que aumenta os riscos de introdução desses elementos na cadeia alimentar.

Analisando as concentrações de metais pesados no fruto *in natura* (Quadro 6), verificou-se que a concentração de Pb nos três sistemas de preparo do solo esteve muito próxima a 0,5 mg kg⁻¹ que é o limite máximo permitido para alimentos frescos, segundo ABIA (1998).

Segundo a OMS/FAO, citada por Kabata-Pendias & Pendias (1984), a ingestão diária de Cd deve estar entre 57,1 e 71,4 µg dia⁻¹; de Ni 400 µg dia⁻¹; e de Pb

entre 400 e 430 µg dia⁻¹. Com base nesses dados e na concentração de metais pesados no tomate *in natura* (Quadro 6), foi feito o cálculo da quantidade relacionada com a ingestão máxima diária de tomate, produzido sob os três sistemas de preparo, para que os seres humanos não se intoxicuem com esses metais. A ingestão máxima diária de tomate para não haver intoxicação com Cd seria de 571 g, nos três sistemas de preparo do solo. No caso do Ni, a ingestão máxima diária seria de 1.000 g, no preparo convencional, e de 667 g, no preparo em nível e cultivo mínimo. Para o Pb, a ingestão seria de 1.075 g, no preparo convencional; de 860 g, no preparo em nível, e de 717 g no cultivo mínimo. Essas quantidades são consideradas pequenas, principalmente aquela para atingir o limite de Cd, onde é permitida apenas a ingestão diária de aproximadamente 500 g de tomate.

A proporção de metais pesados exportados pelos frutos foi muito pequena (Quadro 7) com relação ao total que é aplicado no solo pelo uso dos fertilizantes e defensivos agrícolas no ciclo do tomate (Quadro 2).

Conforme análise realizada anteriormente dos resultados de metais pesados, nos sistemas de preparo do solo onde as perdas por erosão são pequenas e os restos vegetais são deixados na superfície do solo, como no preparo em nível e cultivo mínimo, a principal fonte de remoção de metais pesados do solo ocorre pelos frutos produzidos. Como as percentagens de metais pesados exportadas pelos frutos são relativamente pequenas, os riscos de contaminação do solo com metais pesados, nos preparos em curvas de nível e cultivo mínimo, serão elevados. Por outro lado, no preparo convencional, onde as perdas por erosão são elevadas, os riscos de contaminação dos corpos d'água da região por sedimentos erodidos que continha metais pesados serão maiores.

CONCLUSÕES

1. A produtividade do tomate no cultivo mínimo foi inferior, quando comparado à dos outros sistemas de preparo do solo.

Quadro 6. Teores de metais pesados no tomate *in natura*, nos três sistemas de preparo do solo

Preparo ⁽¹⁾	Cu	Zn	Mn	Ni	Cd	Pb	Co
mg kg ⁻¹							
PC	1,8 b	2,8 a	0,8 b	0,4 a	0,1 a	0,4 a	0,2 a
PN	1,2 b	2,1 a	0,8 b	0,6 a	0,1 a	0,5 a	0,2 a
CM	2,6 a	2,5 a	1,3 a	0,6 a	0,1 a	0,6 a	0,2 a
C.V. (%)	30,4	20,2	12,5	49,8	31,9	37,8	23,5

⁽¹⁾ PC: Plantio convencional; PN: Preparo em nível; CM: Cultivo mínimo.

Quadro 7. Quantidades de metais pesados exportadas pelo tomate *in natura*, nos três sistemas de preparo do solo

Preparo ⁽¹⁾	Cu	Zn	Mn	Ni	Cd	Pb	Co
g ha ⁻¹							
PC	84,4 (0,4) ⁽²⁾	131,3 (7,0)	37,5 (0,6)	18,8 (7,7)	4,7 (10,8)	18,8 (6,5)	9,4 (11,4)
PN	52,9 (0,2)	92,6 (5,0)	37,5 (0,6)	26,5 (10,8)	4,4 (10,1)	22,0 (7,6)	8,8 (10,7)
CM	75,1 (0,3)	72,5 (3,9)	37,6 (0,6)	17,3 (7,1)	2,9 (6,6)	17,3 (6,0)	5,7 (6,9)

⁽¹⁾ PC: Plantio convencional; PN: Preparo em nível; CM: Cultivo mínimo. ⁽²⁾ Os números entre parênteses correspondem à percentagem exportada pelos frutos em relação ao total que é introduzido no sistema pelos agroquímicos utilizados.

2. As maiores concentrações de metais pesados no solo foram observadas no preparo em nível e cultivo mínimo.

3. Os frutos *in natura*, nos três sistemas de preparo do solo, apresentaram concentrações de Pb próximas ao limite máximo permitido para alimentos frescos.

LITERATURA CITADA

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DA ALIMENTAÇÃO-ABIA. Compêndio da Legislação dos Alimentos. São Paulo, 1998. 185p.
- ADRIANO, D.C. Trace elements in the terrestrial environment. New York, Springer Verlag. 1986. 533p.
- AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; COSTA, L.M. & VELLOSO, A.C.X. Metais pesados em alguns fertilizantes e corretivos. R. Bras. Ci. Solo, 16:271-276, 1992.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Normas e padrão de potabilidade de água destinada ao consumo humano. Portaria 6M/36/1990. Diário Oficial (República Federativa do Brasil), Brasília, 23 jan. 1990. Seção 1, p.1651.
- DE MARIA, I.C. & CASTRO, O.M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um latossolo roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja. R. Bras. Ci. Solo, 17:471-477, 1993.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Levantamento semidetalhado dos solos do município de Paty do Alferes e sub bacias do Córrego do Saco-Rio Ubá, RJ. Rio de Janeiro, 1998. CD-ROM
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- GASSEN, D.N. & GASSEN, F.R. Plantio direto: o caminho do futuro. Passo Fundo, Aldeia Sul, 1996. 207p.
- KABATA-PENDIAS, A. & PENDIAS, H. Trace elements in soils and plants. Boca Ranton, CRC Press, 1984. 315p.
- KUNZMANN, M.; PRINZ, D.; PALMIERI, F.; NÚÑEZ, J.E.V.; GOUVEIA, R. & COELHO, R.G. Evaluation of soil losses for different soil management practices in the municipality of Paty do Alferes (RJ) – aspect of the DESUSMO project. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE AGRICULTURA SUSTENTÁVEL EM REGIÕES MONTANHOSAS TROPICAIS E SUBTROPICAIS COM ESPECIAL REFERÊNCIA PARA A AMÉRICA LATINA, Rio de Janeiro, 1998. Resumos. Rio de Janeiro, 1998. p.29.
- NÚÑEZ, J.E.V.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; PALMIERI, F. & MESQUITA, A.A. Conseqüências de diferentes sistemas de preparo do solo sobre a contaminação do solo, sedimentos e água por metais pesados. R. Bras. Ci. Solo, 23:981-990, 1999.
- 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. Pesq. Agropec. Bras., 35:1289-1303, 2000.
- ROSS, S.M. Toxic metals in soil-plant systems. New York, John Wiley & Sons, 1994. 496p.
- SANTOS, I.C.; CASALI, V.W.D. & MIRANDA, G.V. Comportamento de dez cultivares de alface adubadas com composto de lixo urbano. Pesp. Agropec. Bras., 33:157-161, 1998.
- SCOTT, K. Cause and control of losses of chromium during nitric-perchloric acid oxidation of aquatic sediments. Analyst, 103:754-758, 1978.
- SPOSITO, G. The chemistry of soils. New York, Oxford University Press, 1989. 234p.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5)
- TURETTA, A.P.D. Alterações edáficas em função do manejo agrícola de oleráceas em latossolo vermelho no bioma da Mata Atlântica, Paty do Alferes (RJ). Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2000. 129p. (Tese de Mestrado)
- URE, A.; QUEVAUVILLER, P.M.; MUNTAU, H. & GRIEPINK, B. Speciation of heavy metals in soils and sediments, an account of the improvement and harmonization of extraction techniques undertaken under the auspices of the BCR of the Commission of the European Communities. Intern. J. Environ. Anal. Chem., 51:135-151, 1993.

