

METAIS PESADOS EM SOLOS CULTIVADOS COM OLERÍCOLAS EM UMA TOPOSEQUÊNCIA NO AGRESTE DE PERNAMBUCO ⁽¹⁾

**Laércio Santos Silva ⁽²⁾; Leidivam Pereira Vieira ⁽³⁾; Izabel Cristina de Luna Galindo ⁽⁴⁾,
Clístenes Williams Araújo do Nascimento ⁽⁵⁾; Ludmila de Freitas ⁽⁶⁾; Ivanildo Amorim
de Oliveira ⁽⁷⁾.**

⁽¹⁾Trabalho executado com recursos do CNPq.

⁽²⁾Estudante de Mestrado; Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Universidade Estadual Paulista – FCAV/UNESP; Jaboticabal, SP; laerciosantos18@gmail.com; ⁽³⁾Mestre pela UFRPE, Recife, PE. E-mail: lv.agrotop@gotmail.com ⁽⁴⁾Professora Dr; UFRPE, Recife, PE; iclgalindo@uol.com.br; ⁽⁵⁾Professor Dr; UFRPE, Recife, PE; clistenes@depa-ufrpe.br; ⁽⁶⁾Estudante de Pós-doutorado; FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP; ludmilafreitas84@gmail.com; ⁽⁷⁾Estudante de doutorando; FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP; ivanildoufam@gmail.com.

RESUMO: Metais pesados podem ser encontrados naturalmente em solos, mas podem ter suas concentrações aumentadas por meio de ações antrópicas. O presente trabalho objetivou determinar as concentrações no solo de Cd, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn em uma toposequência de cinco áreas produtoras de olerícola no estado de Pernambuco e avaliar a influência do cultivo e da topografia no acúmulo destes elementos. Os solos foram coletados nas linhas de plantio nos terços superior, médio e inferior da encosta, e no topo nas áreas de mata, em três profundidades (0-10, 10-30 e 30-60 cm). Os dados foram submetidos à análise de componentes principais (ACP) para discriminar as amostras de solo com propriedades específicas em planos bidimensionais. As áreas de mata foram claramente separadas das áreas de cultivo, demonstrando o efeito das práticas agrícolas sobre os teores dos metais nos solos. A análise de componentes principais indicou origem predominantemente antropogênica para Cd nas amostras de solo mais superficiais.

Termos de indexação: metais pesados; análise multivariada; olericultura.

INTRODUÇÃO

Os metais pesados podem ser encontrados naturalmente no solo, sendo suas concentrações dependentes do material de origem e do grau de desenvolvimento do solo. Em condições normais, os metais pesados não se encontram no solo em concentrações que representem risco ao ambiente ou à saúde. Por outro lado, atividades como mineração, disposição de rejeitos, deposição atmosférica e exploração agrícola intensiva podem elevar as concentrações de metais no solo (Cui et al., 2004; Mendes et al., 2006; Peres et al., 2007).

Fertilizantes minerais fornecedores de P são derivados principalmente de rochas fosfáticas, as quais têm como constituintes secundários alguns

metais pesados, notadamente Cd, Cu e Zn, não eliminados no processo de manufatura, que se acumulam no solo pelas aplicações sucessivas (Agbenin, 2002). Por esta razão, a adubação fosfatada tem sido considerada uma importante fonte de contaminação por metais em muitas partes do mundo (Micó et al., 2006; Sun et al., 2013; Kelepertzis, 2014; Silva et al., 2015). Aumento nos teores de Cd em solos cultivados com meloeiro foi reportado por Mendes et al. (2006), sendo este aumento relacionado ao uso de fertilizantes fosfatados. Freitas et al. (2009) avaliaram a disponibilidade de Cd e Pb em solos adubados com fertilizantes fosfatados e observaram aumento da concentração desses elementos no solo e em plantas de milho proporcional às doses aplicadas.

A olericultura, caracterizada pela utilização de manejo intensivo do solo em áreas de reduzido tamanho, destaca-se como uma das atividades agrícolas com maior utilização de agroquímicos; portanto, o monitoramento da qualidade do solo nestas áreas é fundamental para avaliação de riscos. Por exemplo, Peris et al. (2007) observaram enriquecimento de Cu, Pb e Zn em solos cultivados com olerícolas na Espanha, enquanto Alama et al. (2003) reportaram contaminação de espécies olerícolas com As, Cd e Pb em solos de Bangladesh.

Neste sentido, o presente trabalho teve o objetivo determinar as concentrações dos metais Cd, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn em solos sob olericultura e sob vegetação natural em uma toposequência no município de Camocim de São Félix, Pernambuco. Análises multivariadas foram utilizadas para auxiliar na diferenciação das fontes antropogênicas e naturais dos metais no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

As áreas produtoras de hortaliças estão situadas no município de Camocim de São Félix, localizado no Agreste Meridional do Estado de Pernambuco. A

declividade é semelhante em todas as áreas (A1=31%, A2=33%, A3=32%, A4=33% e A5=32%).

Nas áreas cultivadas, as amostras de solos foram coletadas nas linhas de plantio, um total de 10 amostras simples para cada amostra composta em cada posição do relevo (terço superior - T, terço médio ou encosta- E e terço inferior ou baixo- B) e em três profundidades (0-10 cm, 10-30 cm e 30-60 cm). Com isto, as áreas foram divididas nos seguintes segmentos: A1 = T1, E1, B1; A2 = T2, E2, B2; A3 = T3, E3, B3; A4= T4, E4, B4 e A5= T5, E5, B5. Nas áreas de mata (M), a coleta foi realizada em ziguezague apenas no topo, sendo coletadas 10 amostras simples para formar uma amostra composta, também nas três profundidades. As amostras, após secagem ao ar (TFSA), foram destorroadas e passadas em peneira de nylon de 2,00 mm de abertura.

Para determinação dos teores Cd, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn, uma alíquota de 5 cm³ do solo foi macerada em almofariz de ágata e passada inteiramente em peneira de 0,3 mm de abertura (ABNT n° 50), com malha de aço inoxidável, visando evitar contaminações. As digestões das amostras de solo foram realizadas seguindo o método 3051A (USEPA, 1998). Amostras de 1,000 g de solo foram colocadas em tubos de teflon aos quais foram adicionados 9 mL de HNO₃ e 3 mL de HCl (pa). O conjunto foi mantido em sistema fechado (micro-ondas), por 8'40" na rampa de temperatura, tempo necessário para atingir 175°C, mantendo-se esta temperatura por mais 4'30". Após resfriamento, as amostras foram transferidas para balões certificados (NBR ISO/IEC) de 25 mL, sendo o volume dos balões completado com água destilada e os extratos imediatamente filtrados em papel de filtro qualitativo (Macherey Nagel®).

As digestões e determinações foram realizadas em triplicatas, sendo as duas primeiras utilizadas nas determinações e, em caso de dissimilaridade entre os valores, a terceira réplica era também determinada. Os teores de Cd, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn dos extratos foram determinados por espectrometria de absorção atômica (AAAnalyst 800 Perkin Elmer), utilizando a técnica de chama.

Análise estatística

Após a padronização das variáveis com média nula e variância unitária, os dados foram submetidos à estatística multivariada, na qual foi utilizado análise de componentes principais (ACP) para discriminar as amostras de solo com propriedades específicas em planos bidimensionais, construídos por componentes principais gerados dos autovalores da matriz de covariância obtida das variáveis originais (Hair et al., 2005). Foram considerados apenas os autovalores superiores à unidade, de

acordo com critério proposto por Kaiser (1958). Para determinar quantas componentes devem ser excluídas da análise, foram determinados os autovalores e o gráfico de *scree-plot*, que é um gráfico dos autovalores em função da ordem das componentes principais, representando graficamente a porcentagem de variância explicada por cada atributo. Quando esta porcentagem se reduz e a curva passa a ser quase paralela ao eixo das abscissas, as componentes correspondentes podem ser excluídas. Esta análise possibilitou avaliar qualitativamente as características de cada área e verificar as variáveis que mais estão relacionadas com cada uma dessas áreas. Todas as análises estatísticas foram processadas com auxílio do programa Statistica 7.0 (Statsoft, 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise de componentes principais foi possível identificar as variáveis com maior potencial discriminatório para cada área (Quadro 1). Os autovetores correspondem às principais componentes e podem ser considerados como uma medida da relativa importância de cada variável, em relação às componentes principais, sendo os sinais, positivos ou negativos, indicações de relações diretamente ou inversamente proporcionais, respectivamente. Assim sendo, as variáveis que melhor explicaram ou mais contribuíram para a variância total dos dados foram os mesmos, para as três profundidades: Mn, Cu, Zn, MO e Ni para a CP1 e Cd e Pb para a CP2.

A primeira componente agrupa elementos cujos teores são considerados naturais nos solos da área e que tem no geral elevada afinidade para ligação com a matéria orgânica, enquanto a CP2 sugere uma influência antropogênica para os teores de Cd, principalmente, pelo acúmulo do elemento do solo via adubação fosfatada.

Quanto ao percentual de variância explicado pelas componentes principais, verifica-se que, nas profundidades 0,0–0,10 m, 0,11–0,30 m e 0,31–0,60 m, CP1 e CP2 são responsáveis por 80,55% da variância total (52,73 % na CP1 e 27,82% na CP2); 78,25% da variância dos dados originais (49,34 % na CP1 e 28,91% na CP2) e 77,70% dos dados (46,76 % na CP1 e 30,28% na CP2), respectivamente (Figura 2).

Estes resultados demonstram o potencial da ACP para estudos desse tipo, com redução das sete variáveis iniciais analisadas para apenas duas que representam o conjunto original de cada área, com perda de explicação de menos de 23% nas três profundidades estudadas. Nas três profundidades estudadas há uma clara relação entre os teores de Ni e MO na mata, B5 e E5, o que confirma as

observações anteriores entre essas variáveis. Os segmentos B1, B2, T1, T2, T4, T5, E1, E2 estão correlacionados com o Cd, Cu, Pb e Zn, indicando que esses metais podem ter uma origem comum via insumos aplicados na áreas e/ou origem mista, natural (material de origem) e antropogênica.

A análise de componente principal (Figura 2) mostra de forma clara a ligação ou as alterações nos solos, quando se aplica um manejo específico. Quando se compara a mata, um ambiente em equilíbrio, com áreas cultivadas nota-se que há separação de ambientes. Neste caso, como se trata de solos sob vegetação natural, estes não sofrem o efeito do manejo, sendo as características intrínsecas do solo responsáveis por esta separação de ambiente. Segundo Addiscott (1992), geralmente não ocorrem variações nos conteúdos de matéria orgânica e demais atributos ao longo do tempo, em razão, principalmente, da igualdade das quantidades de material orgânico adicionado e perdido. Interessante observar que na maior profundidade estudada (0,31-0,60 m) não há diferença entre as áreas em relação as concentrações dos metais pesados e da matéria orgânica. Portanto, o manejo adotado nas áreas não afetou essas variáveis em profundidade, o que provavelmente se deve a diminuição dos teores de matéria com a profundidade e a baixa mobilidade dos metais para camadas mais profundas ou sua origem comum pelo material de origem.

CONCLUSÕES

As concentrações dos metais pesados Cd, Cu, Mn, Pb e Zn nos solos sob cultivo foram mais elevadas do que nas áreas sob vegetação natural, sendo esta elevação influenciada pela profundidade e posição do solo na toposequência.

A análise de componentes principais indica origem predominantemente antropogênica para Cd nas amostras de solo mais superficial.

REFERÊNCIAS

Agbenin, JO. The distribution and dynamics of chromium and nickel in cultivated and uncultivated semi-arid soils from Nigeria. *Sci. Total Environ.* 2002;300:189-199.

Addiscott, TM. Entropy and sustainability. *Eur J Soil Science*, 1992;46:161-168.

Alama MGM, Snow ET, Tanaka A. Arsenic and heavy metal contamination of vegetables grown in Samta village, Bangladesh. *Sci. Total Environ.* 2003; 308:83–96.

CPRH. Agência Estadual de Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 007/2014. Estabelece os valores de referência da qualidade do solo (VRQ) do Estado de Pernambuco quanto à presença de substâncias químicas para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias. *Diário Oficial do Estado de Pernambuco [DOE/ Poder Executivo]*, Recife, PE, 31/12/2015. p.13, 2014.

Cui YJ, Zhu YG, Zhai RH, Chen DY, Huang YZ, Qiu Y, Liang JZ. Transfer of metals from soil to vegetables in an area near a smelter in Nanning, China. *Environ. Int.* 2004; 30:785-791.

Hair JF, Anderson RE, Tatham RL, Black WC. Análise multivariada de dados. 5nd ed. São Paulo: Bookman; 2005.

Kaiser HF. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika.* 1958;23:187-200.

Kelepertzis E. Accumulation of metals in agricultural soils of Mediterranean: insights from Argolida basin, Peloponnese, Greece. *Geoderma.* 2014;221-222:82-90. doi:10.1016/j.geoderma.2014.01.007.

Mendes MAS, Duda GP, Nascimento CWA, Silva MO. Bioavailability of cadmium and lead in soil amended with phosphorus fertilizers. *Sci. Agricola.* 2006;63:328-332.

Micó C, Recatalá L, Peris M, Sánchez J. Assessing heavy metal sources in agricultural soils of an European Mediterranean area by multivariate analysis. *Chemosphere.* 2006;65:863-872.

Peris, M, Micó, C, Recatalà, I., Sàncnes, R., Sàncnes, J. Heavy metal contents in horticultural crops of a representative area of the European Mediterranean region. *Sci. Total Environ.* 2007;378:42-48.

Silva FBV, Nascimento CWA, Araújo PRM, Silva FR, Silva LHV. Accumulation and sources of heavy metals in soils under long-term sugarcane cultivation assessed by multivariate analyses. *Sci.Total Environ.* 2015;81-82:544-550

Sun C, Liu J, Wang Y, Sun L, Yu H. Multivariate and geostatistical analyses of the spatial distribution and sources of heavy metals in agricultural soil in Dehui, Northeast China.

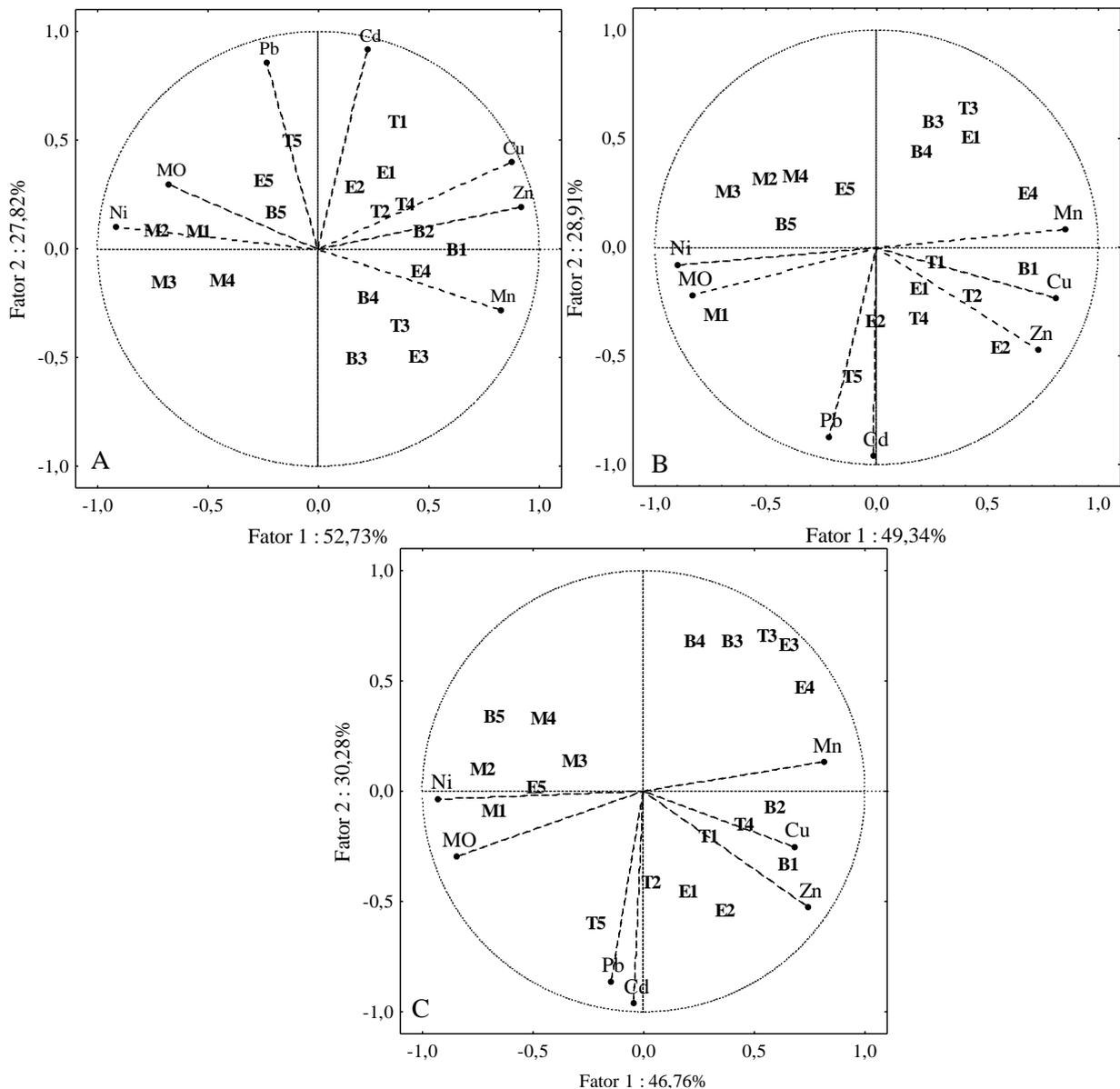


Figura 2. Análise de componentes principais das médias dos elementos do solo.

Quadro 1. Correlação entre componentes principais, teores de metais e matéria orgânica (MO) nos solos.

Elementos	Profundidade 0,0 - 0,10 m		Profundidade 0,11 - 0,30 m		Profundidade 0,31 - 0,60 m	
	CP 1	CP 2	CP 1	CP 2	CP 1	CP 2
Cd	0,224057	0,916132	-0,014985	-0,960568	-0,043081	-0,962739
Mn	0,824104	-0,282955	0,849242	0,084938	0,816062	0,131898
Cu	0,873573	0,397764	0,809379	-0,232387	0,680009	-0,251604
Pb	0,234513	0,856265	-0,217221	-0,872644	-0,150204	-0,863730
Zn	0,916099	0,194251	0,728107	-0,471963	0,740306	-0,526136
MO	0,777962	0,297286	-0,829744	-0,222325	-0,842960	-0,297020
Ni	0,919198	0,103521	-0,900837	-0,079007	-0,928483	-0,033786

Cd= cádmio; Mn= manganês; Cu= cobre; Pb= chumbo; Zn= zinco; Ni= níquel; CP1= componente principal 1; CP2= componente principal 2.