

Distribuição Espacial do Zinco Extraído pelo DTPA em região de Cerrado, Unaí-Paracatu-Vazante, MG⁽¹⁾.

Diego Lang Burak⁽²⁾; Thierry Becquer⁽³⁾; Maurício Paulo Ferreira Fontes⁽⁴⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq e IRD.

⁽²⁾ Professor Adjunto II; Departamento de Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES; diburak@hotmail.com; ⁽³⁾ Pesquisador; UMR210 Eco&Sols - CIRAD-INRA-SupAgro; Institut de Recherche pour le Développement (IRD); Montpellier, France ⁽⁴⁾ Professor Titular; Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa; Viçosa, MG.

RESUMO: Solos do cerrado apresentam naturalmente baixos teores de micronutrientes que apesar da sua menor quantidade requerida, são essenciais para nutrição mineral das plantas. O objetivo deste trabalho foi avaliar os teores de Zn extraídos pelo DTPA e relacionar a sua distribuição espacial com a geologia, geomorfologia e propriedades químicas dos solos com auxílio da geoestatística e da estatística multivariada. A partir dos resultados, os teores de Zn estão abaixo de teores de médios de referência encontrados na literatura. Apesar disso, maiores teores estão, em parte, relacionados com o material de origem, particularmente aos afloramentos de rochas dolomíticas na região onde os teores de Zn extraídos pela água régia são também elevados sugerindo a geologia como fontes do Zn mais disponível. Regiões próximas ao depósito mineral de Morro Agudo, atualmente em exploração, apresentaram maiores teores de Zn extraídos pelo DTPA e menores teores extraídos pela água-régia, indicando importante participação de forma mais disponíveis e de origem externa possivelmente pela dispersão do Zn em forma de particulados finos oriundos da atividade de mineração.

Termos de indexação: micronutrientes, geologia, dispersão dos elementos.

INTRODUÇÃO

Micronutrientes tais como o Zn, apesar de sua quantidade requerida ser aproximadamente 3 a 4 vezes menor que os macronutrientes, são essenciais para nutrição mineral das plantas. Alguns solos possuem teores naturais elevados de micronutrientes, como aqueles desenvolvidos sobre basalto na região Sudeste (Oliveira et al., 2000). Em contrapartida, baixos teores de micronutrientes são esperados em solos desenvolvidos sobre um material de origem pobre em micronutrientes ou sujeitos a um longo e intenso intemperismo como o que ocorre em solos da região dos cerrados. Segundo Marques et al (2004), estes solos podem apresentar teores totais de Zn equivalentes à metade do valor da média mundial e, segundo

Vendrame et al (2007) teores disponíveis são também muito baixos. Especificamente na região de Unaí-Paracatu-Vazante, inserida no bioma Cerrado, são encontrados diversos depósitos minerais ao qual o Zn está associado a rochas carbonatadas (Monteiro et al., 2006). Com o intemperismo, esses micronutrientes se dispersam em função do relevo e sua disponibilidade está relacionada a fatores como: pH, potencial redox, textura, composição das argilas, capacidade de troca catiônica (CTC), quantidade e natureza dos componentes orgânicos e competição com outros metais pelos sítios adsorptivos (Alloway, 1995).

O objetivo deste capítulo foi avaliar os teores de Zn extraídos pelo DTPA e interpretar sua distribuição espacial em função da geologia, altitude e propriedades químicas dos solos.

MATERIAL E MÉTODOS

Região de estudo, amostragens e análises

A região de estudo está situada a noroeste do estado de Minas Gerais, inserido no Bioma Cerrado, representando aproximadamente 10.000 km². É caracterizada como propensa a maiores teores de Zn geogênico associada a depósitos minerais (Burak et al, 2010).

O procedimento de amostragem foi realizado na profundidade de 0-20 cm, com coletas em locais com menor influência antrópica (vegetação de cerrado e pastagem) em uma densidade de amostragem de aproximadamente 1 ponto/54 km², completando 183 amostras georreferenciadas. Foram coletadas amostras somente sobre a classe dos Latossolos, de maior importância agrícola para região. Amostras de TFSA foram submetidas à digestão com água-régia e os teores de Al, Fe, Ti, Mn e Zn foram determinados por ICP-OES. A extração do Zn com DTPA foi feita na TFSA de acordo com o método de Lindsay e Norvell (1978) para caracterização dos teores disponíveis.

Na TFSA, extrações de Ca, Mg foram realizadas com KCl 1 mol l⁻¹ e de K com Mellich-1 (EMBRAPA, 2007). Valores de pH, CTC total e CTC efetiva foram obtidos conforme metodologia da EMBRAPA (1997).

Análise estatística

Análise descritiva foi inicialmente realizada (dados não apresentados) para avaliação de dados assimétricos: variáveis que não se ajustaram a distribuição normal passara por transformação logarítmica e raiz quadrada. A variabilidade espacial das amostras foi analisada por semivariogramas experimentais (dados não apresentados) e selecionados aqueles que tiveram um ajuste satisfatório de acordo com o coeficiente de determinação do modelo e a estatística da validação cruzada. Isto se faz necessário para determinação da estrutura da variação espacial das variáveis estudadas e obtenção de parâmetros para utilização da krigagem ordinária.

Foi realizada a Análises de Componentes Principais (ACP) e os escores dos componentes principais foram interpolados conforme descrito acima para avaliação da sua distribuição espacial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores médios de Zn extraído pelo DTPA de $0,66 \text{ mg kg}^{-1}$ (com intervalo entre $0,04$ a $14,2 \text{ mg kg}^{-1}$) na camada de $0-20 \text{ cm}$ estão abaixo de teores médios encontrados no estado de São Paulo por Abreu et al. (2005) de $1,6 \text{ mg kg}^{-1}$, e os valor máximo encontrado estão bastante abaixo dos níveis tóxicos para saúde humana de 130 mg kg^{-1} , segundo Alloway (1995).

Na Análise de Componentes Principais (ACP), foram utilizados os três primeiros componentes que explicaram juntamente $70,54 \%$ da variação total dos dados (Tabela 1). A partir da ACP, pôde-se observar maior correlação do CP1 (explicando $35,3 \%$ da variação dos dados) com as variáveis Mn, Zn extraídos pela água régia e DTPA e conjuntamente com os atributos Ca, Mg e pH (Tabela 1). O CP1 explica parte da variação dos dados sob influência direta dos dolomitos (Figura 1) visto que o teste de média indicou que solos sobre Formação Vazante apresentam maiores valores de escores. Altos teores de Mn e Zn são associados a depósitos minerais e dolomitos na região (Burak et al, 2010) Nessas regiões a fração dos teores disponíveis do DTPA (Disp-Zn) não apresentou relação com CP1, apesar de uma correlação positiva entre CP1 e CTE efetiva, indicando que grande parte do Zn encontra-se em formas menos disponíveis e oclusas nos minerais nas proximidades dos afloramentos dolomíticos.

Em geral, os metais originários do próprio material de origem ocorrem em formas menos disponíveis e possuem uma forte associação com as fases sólidas do solo (Singh et al., 1988; Ramos et al., 1994). Não foram encontradas correlações

entre CP1 e altitude e distância ao depósito de Morro Agudo no qual se realizada a extração e beneficiamento do minério de Zn da região, indicando que a geologia torna-se o principal fator controlador das variáveis correlacionadas ao CP1.

No segundo componente principal (CP2) explicando $22,85 \%$ de variação dos dados, observa-se uma correlação positiva com o Zn-DTPA e Disp-Zn e negativa com Zn-água régia. Uma correlação mais fraca ($<0,5$) com do Ca – trocável com CP2 foi também observada. As regiões de maior contribuição do CP2 (Figura 1) são próximas ao depósito de Morro Agudo conforme corroborado pela correlação positiva entre a distância da depósitos em exploração Morro Agudo (Dist-MA) e CP2. Essas informações sugerem que o Zn disponível pode estar relacionado à dispersão de partículas finas oriunda no processo de extração e beneficiamento do Zn no depósito de Morro Agudo. Os metais de origem externa ou alóctones ocorrem principalmente como formas mais disponíveis no solo (McGrath e Cegarra, 1992; Ramos et al., 1994), podendo explicar a disponibilidade mais elevada do Zn nas proximidades do depósito de Morro Agudo, apesar de teores extraídos baixos pela água-régia. Deve-se ressaltar que embora os teores de Zn-DTPA sejam mais elevados próximos a Morro Agudo não se pode classificá-los como níveis tóxicos.

O terceiro componente principal (CP3), explicando menor parte da variação dos dados, teve uma relação mais forte com o Fe-AR e Ti-AR, e menor participação do Zn-AR e Zn-DTPA. Uma correlação negativa entre Disp-Zn indica a participação de óxidos na adsorção mais forte do Zn que esteve relacionado em regiões de maior altitude (Tabela 1)

A partir dos mapas geoestatísticos (Figura 1), os maiores teores extraídos pelo DTPA na camada de $0-20 \text{ cm}$ ocorrem próximos os calcários dolomíticos e também ao depósito atualmente em exploração de Morro Agudo (Figura 1). Com relação aos teores de Zn extraído pela água-régia, as áreas com maiores teores são encontrados próximos aos calcários dolomíticos, visto que tais formações são fontes de Zn geogênico na região (Burak et al, 2010).

O padrão de distribuição espacial diferentes entre os teores de Zn extraídos pela água régia e pelo DTPA pode ser explicado pela influência antrópica relacionado à dispersão de particulados finos oriundos da mineração influenciando regiões próximas a Morro Agudo. A dispersão de metais pesados em forma de particulados tem sido constada em alguns estudos (Almeida et al, 2002; Mechi e Sanches, 2010).



CONCLUSÕES

Teores médios de Zn extraídos pelo DTPA são baixos na região de Unaí, Paracatu e Vazante. Maiores teores estão, em parte, relacionados com o material de origem da Formação Vazante, particularmente associados a afloramentos de rochas dolomíticas onde os teores de Zn extraídos pela água régia são também elevados.

Regiões próximas aos depósitos de Zn em exploração de Morro Agudo apresentaram maiores teores de Zn extraídos pelo DTPA em contrapartida aos menores teores extraídos pela água-régia, indicando importante participação de forma mais disponíveis. Tal fato sugere a dispersão de metais pesados em forma de particulados dispersos pela atividade de mineração como fonte de Zn.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ e ao IRD pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

a. Periódicos:

ABREU, C.A.; VAN RAIJ, B.; ABREU, M.F.; GONZÁLEZ.A.P. Routine soil testing to monitor heavy metals and boron. *Science Agriculture*, 62: 564-571, 2005.

BURAK, D.L.; FONTES, M.P.F.; SANTOS, N.T.; MONTEIRO, L.V.S.; MARTINS, E.S.; BECQUER, T. Geochemistry and spatial distribution of geogenic heavy metals in Oxisols in a mineralized region of the Brazilian Central Plateau. *Geoderma*, 160, 131-142, 2010.

LINDSAY, W.L.; NORVELL, W.A. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42: 421-428, 1978.
MARQUES, J. J.; SCHULZE, D. G.; CURI, N.; MERTZMAN, S. A. Trace element geochemistry in Brazilian Cerrado soils. *Geoderma*, 121:31-43, 2004

McGRATH, S.P., CEGARRA, J., Chemical extractability of heavy metals during and after long-term applications of sewage to soil. *J. Soil Sci.* 43: 313-321, 1992.

MONTEIRO, L.V.S., BETTENCOURT, J.S., JULIANI, C., OLIVEIRA, T.F., Geology, petrography, and mineral chemistry of the Vazante, Ambrósia, and Fagundes Neoproterozoic carbonate-hosted Zn-(Pb) deposits, Minas Gerais, Brazil. *Ore Geology Reviews*, 28: 201-234, 2006.

OLIVEIRA, T.S.; FONTES, M.P.F.; COSTA, L.M.; HORN, A. Relationship between magnetization and trace

elements of Brazilian soils from different parent materials. *Soil Science*, 165: 825-834, 2000.

RAMOS, L., HERNANDEZ, L.M., GONZALEZ, M.J., Sequential fractionation of copper, lead, cadmium and zinc in soils from or near Donana National Park. *Journal of Environment Quality*, 23: 50-57, 1994.

SINGH, B.R., NARWAL, R.P., Plant availability of heavy metals in a sludge-treated soil. II. Metal extractability compared with plant metal uptake. *Journal of Environment Quality*, 13:344-349, 1984.

Vendrame, P.R.S.; BRITO, O. R.; QUANTIM, C.; BECQUER, T. Disponibilidade de cobre, ferro, manganês e zinco em solos sob pastagens na Região do Cerrado. *Pesq. Agropec. Bras.*, 42:859-864, 2007.

b. Livro:

ALLOWAY, B.J. (Ed.). *Heavy metals in soil*. Londres, 1995. 339p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

Tabela 1 - Variância explicada pelos componentes principais, teste de médias ⁽¹⁾ e correlação ⁽²⁾ entre variáveis originais ⁽³⁾ e componentes principais na profundidade de 0,0-0,1 e de 0,1-0,2 m

Variáveis	CP 1	CP 2	CP 3
<i>Autovalor</i>	4,57	2,97	1,63
<i>Var (%)</i>	35,15	22,85	12,54
<i>Var, Acum, (%)</i>	35,15	58,00	70,54
Al - AR	0,228	0,476	0,497
Fe-AR	0,446	0,356	0,624
Ti - AR	0,221	0,193	0,636
Mn - AR	0,501	-0,406	0,482
Zn - AR	0,646	-0,526	0,278
Zn - DTPA	0,575	0,695	-0,287
Disp - Zn	-0,147	0,641	-0,560
pH	0,702	0,227	0,123
K - trocável	0,569	-0,252	-0,183
Ca - trocável	0,821	0,469	-0,196
Mg - trocável	0,882	-0,015	-0,285
CTC efetiva	0,680	-0,127	-0,471
CTC total	0,281	-0,176	-0,220
Comparação de média dos escores entre grupos geológicos			
F, Vazante	-0,001 a	0,444 a	1,058 a
F, Paracatu	1,757 a	-0,682 c	0,491 b
Cob, Detrítica Lat,	0,059 b	0,110 b	-0,323 b
Correlações de Pearson ⁽⁴⁾			
Altitude	0,04	0,28	0,41
Dist-MA ⁽⁵⁾	0,01	0,49	0,19

⁽¹⁾ Valores seguidos de letras iguais, dentro da coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05)

⁽²⁾ negrito – correlações maiores que 0,5

⁽³⁾ **Al – AR** = Al extraído pela água-régia; **Fe-AR**= Fe extraído pela água-régia; **Ti – AR**= Ti extraído pela água-régia; **Mn – AR**= Mn extraído pela água-régia; **Zn – AR**= Zn extraído pela água-régia; **Zn – DTPA**= Zn extraído pelo DTPA; **Disp – Zn** = (Zn – DTPA / teor extraído pela água-régia) x 100; **K – trocável** = extraído por KCl 1 mol L⁻¹; **Ca – trocável** e **Mg – trocável** = extraídos por Mellich-1;

⁽⁴⁾ negrito – p<0,001, negrito itálico – p<0,01,

⁽⁵⁾ Distância (metros) entre as amostras coletadas e o depósito de Morro Agudo atualmente em exploração de minérios de Zn e Pb

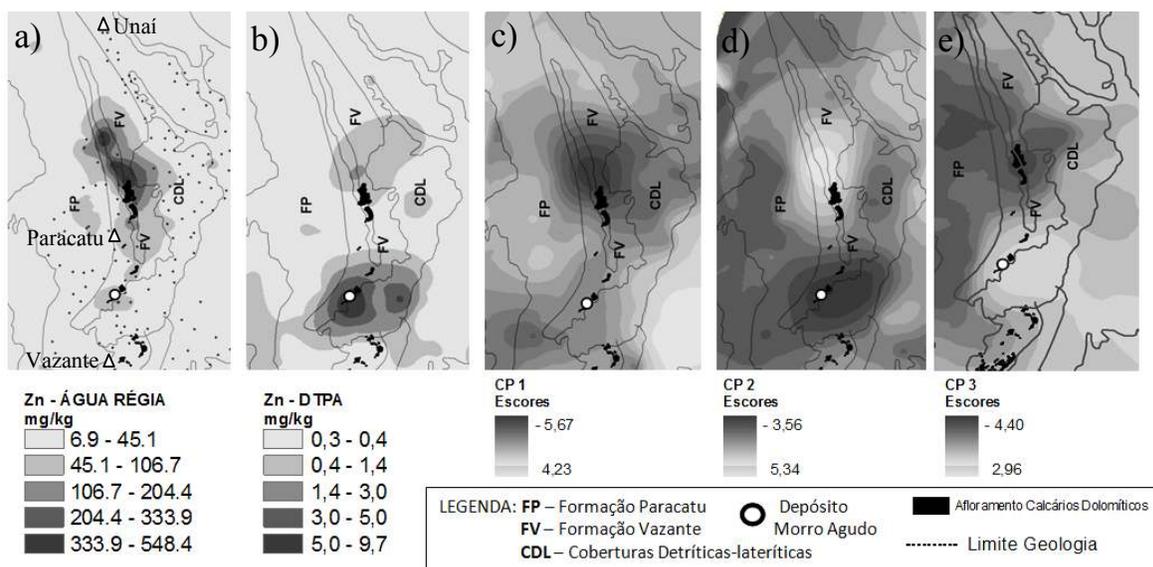


Figura 1 – Distribuição espacial dos teores de Zn extraídos pela água régia (a), extraídos pelo DTPA (b), dos escores atribuídos ao CP1 (c), ao CP2 (d) e CP3 (e), obtidos por interpolação pela krigagem.