



Elementos-traço, Fe e Mn em solos de campos de murundus na Amazônia meridional ⁽¹⁾.

Fernando Luiz Silva⁽²⁾; Maria Aparecida Pereira Pierangeli⁽³⁾; Ana Claudia Stoll⁽⁴⁾; Milson Evaldo Serafin⁽⁵⁾; Juberto Babilônia de Sousa⁽⁵⁾.

⁽¹⁾ Parte do trabalho de mestrado do primeiro autor, executado com recursos de projeto aprovado no edital MCT/CNPq/FNDCT/FAPEMAT/MEC/CAPES/PRO-CENTRO-OESTE Nº 031/2010.

⁽²⁾ Professor, pesquisador; Universidade do Estado de Mato Grosso-UNEMAT; Pontes e Lacerda, Mato Grosso; fernandoluz_s@hotmail.com; ⁽³⁾ Professor, pesquisador; Universidade do Estado de Mato Grosso-UNEMAT; Pontes e Lacerda, Mato Grosso; mapp@unemat.br; ⁽⁴⁾ Estudante; Universidade do Estado de Mato Grosso-UNEMAT; Pontes e Lacerda, Mato Grosso; ⁽⁵⁾ Professor; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia-IFMT; Cáceres; Mato Grosso.

RESUMO: Campos de murundus (CM) são áreas úmidas caracterizadas por apresentar relevo plano intermeados por montículos, denominados murundus ou monchões. O conhecimento dos teores de elementos-traço (ETs) nesses ambientes é importante, pois são áreas de recarga de aquíferos e com elevada biodiversidade. O objetivo desse trabalho foi determinar os teores e propor valores de referência de qualidade (VRQs) de ETs (Zn, Ni, Cu, Cr, Pb, As, Cd, e Se), Fe e Mn no solo de CM da bacia hidrográfica do rio Guaporé, região sudoeste de Mato Grosso. Para isso, foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0,0-0,20 m, nos ambientes “murundu” e “plano”, os quais representam os murundus propriamente ditos e a área plana em seu entorno, respectivamente. Para extração dos ETs utilizou-se o método 3051A, sendo os mesmos quantificados em absorção atômica de chama ou forno de grafite. A proposição de VRQs foi realizada de acordo com a resolução Conama 420/2009. Os VRQs, em mg kg⁻¹, propostos para esses ambientes foram: Mn 16; Zn 8; Ni 6; Cu 9; Cr 21; Pb 11; As 2; Cd < 0,03, Se < 0,31. Os teores observados refletem a pobreza do material de origem dos solos nesses elementos, bem como a ausência de contaminação.

Termos de indexação: Metal pesado, áreas úmidas, Arsênio

INTRODUÇÃO

O conhecimento dos teores de elementos-traço (ETs) no solo é fundamental para auxiliar na gestão de áreas naturais ou antropizadas, seja para o monitoramento ambiental, recuperação de ambientes contaminados ou para uso e ocupação adequados (Ajmone-Marsan & Biasioli, 2010; Chapman, 2012).

Dependendo de suas concentrações no solo os ETs podem tornar-se tóxicos aos seres vivos, mesmo aqueles que apresentam importantes funções biológicas, tais como Se, Zn, Ni e Cu. Elevação dos teores de ETs no solo é agravada pela intensa ocupação humana no planeta que favorece a poluição ambiental por metais (Chen et al., 2007; Ajmone-Marsan & Biasioli, 2010). Frente a isso, o estabelecimento de valores de referência de qualidade (VRQs) para ETs no solo tem sido uma estratégia para determinar as concentrações naturais desses elementos no solo, a fim de permitir a identificação de anomalias causadas pela ação antrópica (Galuszka & Migaszewski, 2011). Nesse contexto, a legislação ambiental brasileira por meio do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) preconiza que cada estado deve estabelecer seus VRQs, considerando as variações ambientais presentes em cada região (CONAMA, 2009). Alguns estados brasileiros já possuem seus VRQs estipulados, tais como Minas Gerais (COPAM, 2011) e São Paulo (CETESB, 2005).

Para o Estado de Mato Grosso, os VRQs ainda não foram estabelecidos, existindo apenas alguns estudos referentes aos teores de ETs no solo (Pierangeli et al., 2009; Alcântara et al., 2011; Santos e Alleoni, 2013). No entanto, devido à sua grande extensão territorial, condições climáticas, biomas (Amazônia, Pantanal e Cerrado) e, principalmente, à grande diversidade de solos e paisagens, há a necessidade de um levantamento específico em ecossistemas específicos, tais como as áreas úmidas. Nesse contexto, inserem-se os campos de murundus, os quais são comuns na paisagem do Brasil e ocupam vastas extensões de terras no Estado de Mato Grosso.

Desse modo, este trabalho objetivou determinar os teores e propor VRQs para os elementos Mn, Zn, Ni, Cu, Cr, Pb, As, Cd e Se, em solos de campos de murundus localizados na



bacia hidrográfica do Rio Guaporé, região sudoeste do Estado de Mato Grosso.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo correspondente aos campos de murundus situa-se na região conhecida como pantanais do Vale do Rio Guaporé, sub-região da Depressão Guaporé, caracterizada por áreas planas com altitudes em torno de 200 m, elaboradas em sedimentos arenosos, siltico-arenosos e arenoconglomeráticos recentes de idade quaternária provenientes da desagregação e posterior deposição de rochas do Complexo Xingu e do Grupo Aguapeí. Nesses campos de murundus ocorrem Plintossolo Háplico distróficos típico (FXd), Cambissolo Háplico Tb distróficos plintossólico (CXbd) e Neossolo Quartzarênico hidromórfico típico (RQg) (Silva, 2014). São recobertos por Savana Estépica e formação do contato Savana Arbórea Aberta/Savana Estépica (Brasil, 1982). O clima é do tipo Aw – Savana Equatorial com inverno seco, segundo classificação de Köppen e a precipitação média anual é em torno de 1.500 mm, com temperaturas médias de 25 a 35° C.

Os campos de murundus (CM) ora estudados compreende uma região com cerca de 5.500 m², entre os municípios de Pontes e Lacerda e Vila Bela da Santíssima Trindade, sudoeste do estado de Mato Grosso (Figura 1), estendendo-se além da fronteira Brasil-Bolívia.

Para determinação dos VRQs foi realizada amostragem nos solos dos CM durante os meses de outubro e novembro de 2011. Ao todo foram coletadas 72 amostras de solo no ambiente “plano” (área no entorno dos murundus) e no ambiente do “murundu” propriamente dito, (caracterizado por pequenos montículos) nas profundidades de 0,0-0,2 m.

Os ETs analisados foram Zn, Ni, Cu, Cr, Pb, As, Cd e Se, além do Fe e Mn. Para extração desses elementos das amostras de solo, foi usada a metodologia USEPA 3051A (USEPA, 1998), recomendada pela resolução Conama 420/2009 (CONAMA, 2009). Os elementos Fe, Mn e Zn foram determinados por espectrometria de absorção atômica de chama, enquanto Cu, Ni, Cd, Pb, As e Se foram determinado por espectrometria de absorção atômica em forno de grafite. O controle de qualidade foi estabelecido com a amostra de referência certificada Montana L. Soil 2710A. O limite de detecção do método foi obtido pela seguinte equação: [média da amostra “Branco” + (3 × desvio padrão)].

O conjunto de dados dos elementos analisados foi submetido à identificação e remoção de outliers pelo método de Grubbs e o teste de normalidade de Shapiro-Wilk para observação de suas distribuições. Procedeu-se à estatística descritiva dos dados e ao uso do teste U de Mann-Whitney para comparação das variáveis entre os ambientes “plano” e “murundu” devido aos dados não apresentar distribuição normal.

Para o estabelecimento dos VRQs de elementos-traço para esses ambientes, foi seguida a metodologia definida pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) na Resolução nº 420 de 2009 (CONAMA, 2009). Para todos os testes estatísticos realizados foi utilizado o software XLSTAT (ADDINSOFT, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise descritiva dos elementos estudados é apresentada na tabela 1. Observa-se de modo geral que houve grande amplitude dos dados e elevado coeficiente de variação, o que de fato era esperado considerando que se trata de amostras ambientais e que o procedimento amostral teve como meta identificar as mais variadas diferenças dentro desse ecossistema. Com base no teste U de Mann-Whitney ($p < 0,05$), pode-se verificar que para as variáveis Fe, Mn e Pb, houve diferença entre os ambiente “murundu” e “plano”, o que não ocorreu com os demais elementos analisados. Destaca-se que os teores desses elementos foram mais elevados no ambiente “plano”.

Os VRQs (Tabela 2) para os elementos-traço aqui estudados foram propostos considerando o percentil 90 do conjunto de dados, devido o percentil 75 ser ainda mais restritivo. Observa-se que os VRQs calculados para os ambientes “murundu” e “plano” foram muito inferiores aos teores médios apresentados para crosta terrestre, e solos de cerrado, bem como para Minas Gerais e São Paulo (Tabela 2) Tal fato pode estar relacionado à granulometria dos solos desses campos de murundu: 200 e 250 g kg⁻¹ de argila na área plana e murundu, respectivamente (Santos et al., 2015). Contribui para isso também o material de origem desses solos, constituídos em sua maior parte por sedimentos inconsolidados da Formação Guaporé (Brasil, 1982), bem como o alagamento periódico dessas áreas (Olivie-Lauquet et al., 2001).

Constata-se (Tabela 1) que os solos dessas áreas apresentam baixos teores de Fe,



evidenciando processos de desferrificação, devido ao alagamento periódico.

CONCLUSÕES

Não houve diferença entre os teores dos elementos avaliados entre os ambientes “murundu” e “plano”, exceto para o Mn e Pb os quais foram mais elevados no ambiente “plano”.

Os VRQs, em mg kg^{-1} , propostos para esses ambientes são: Mn 16; Zn 8; Ni 6; Cu 9; Cr 21; Pb 11; As 2; Cd <0,03; Se <0,31;

Os teores dos ETs analisados refletem a pobreza do material de origem desses solos nesses elementos, bem como a ausência de contaminação.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior (CAPES) e à Rede Centro-Oeste de Pós-Graduação, Pesquisa e Inovação Tecnológica (Rede Pró Centro-Oeste) e à Fundação de apoio a pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT) pelo apoio e financiamento do projeto.

REFERÊNCIAS

ADDINSOFT. XLSTAT-Pro, Core statistical software. Disponível em: <<http://www.xlstat.com>>. Acesso em: 26 fev. 2013.

AJMONE-MARSAN, F.; BIASIOLI, M. Trace Elements in Soils of Urban Areas. *Water, Air and Soil Pollution*, v. 213(1-4):121–143, 2010.

ALCÂNTARA, A. J. DE O.; PIERANGELI, M. A. P.; SOUZA, C. A.; SOUZA, J. B. Teores de As, Cd, Pb, Cr e Ni e atributos de fertilidade de Argissolo Amarelo distrófico usado como lixão no município de Cáceres, estado de Mato Grosso. *Revista Brasileira de Geociências*, 41(3):539–548, 2011.

BRASIL - MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Folha SD. 21 Cuiabá: Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. In: Projeto RADAMBRASIL: Levantamento de recursos naturais, volume 26. Rio de Janeiro: Projeto RADAMBRASIL, 1982. p. 544.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. DECISÃO DE DIRETORIA No 195-2005- E, de 23 de novembro de 2005Brasil, 2005. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf>

CHAPMAN, P. M. Adaptive monitoring based on ecosystem services. *Science of the Total Environment*, 4(15): 56–60, 2012.

CHEN, W.; KRAGE, N.; WU, L.; PAGE, A. L.; CHANG, A. C. Fertilizer Applications and Trace Elements in Vegetable Production Soils of California. *Water, Air and Soil Pollution*, 190(1-4):209–219, 2007.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO No 420 DE 28 DE DEZEMBRO DE 2009. Brasil: Diário Oficial da União 249, 2009.

COPAM - CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. Deliberação Normativa COPAM, No 166, Belo Horizonte, Brasil Diário do executivo e do legislativo, 2011.

GAŁUSZKA, A.; MIGASZEWSKI, Z. M. Geochemical background - an environmental perspective. *Mineralogia*, 42(1):7–17, 2011.

MARQUES, J. J.; SHULZE, D. G.; CURTI, N.; MERTZMAN, S. A. Trace element geochemistry in Brazilian Cerrado soils. *Geoderma*, 121(1-2):31–43, 2004.

OLIVIE-LAUQUET, G.; GRUAU, G.; DIA, A.; RIOU, C.; JAFFREZIC, A.; HENIN, O. Release of trace elements in wetlands: role of seasonal variability. *Water Research*, 35(4): 943–952, 2001.

PIERANGELI, M. A. P.; EGUCHI, E. S.; RUPPIN, R. F.; COSTA, R. B. F.; VIEIRA, D. F. Teores de As, Pb, Cd e Hg e fertilidade de solos da região do Vale do Alto Guaporé, sudoeste do estado de Mato Grosso. *Acta Amazonica*, 39(1): 61–69, 2009.

SANTOS, F.A.S.; PIERANGELI, M.A.P.; SILVA, F.L.; SERAFIM, M.E. & SOUSA, C.A. Atributos químicos, físicos e estoque de cálcio, magnésio, potássio e fósforo em solos de campos de murundus no Brasil. *Acta Amazonica*, 45(2):101-110, 2015

SANTOS, S.M. & ALLEONI, L.R.F. Reference values for heavy metals in soils of the Brazilian agricultural frontier in Southwestern Amazonia. *Environ Monit Assess*, 185: 5737-5748, 2013.

USEPA - U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Method 3051A: microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils; test methods for evaluating solid waste, physical/chemical methods. In: Washington, DC: Government Printing Office, 1998. p. 1–20.

Tabela 1 - Descrição dos teores de elementos-traço, Fe e Mn no solo (0-20 cm) e comparação de ambiente “plano” e “murundu” de campos de murundus da bacia hidrográfica do Rio Guaporé, Amazônia Meridional.

Ambiente	Estatística	Fe	Mn	Zn	Ni	Cu	Cr	Pb	As	Cd ¹	Se ¹
		--g kg ⁻¹ --	mg kg ⁻¹								
Murundu	Mínimo	0,6	1,7	1,6	0,5	1,0	2,2	1,9	0,0	0,03	0,3
	Máximo	4,7	21,9	16,9	9,4	11,9	31,9	10,6	1,6	0,03	0,3
	Mediana	2,4	4,3	3,2	2,5	3,3	8,2	3,4	0,7	0,03	0,3
	Média	2,5	4,9	4,2	2,8	4,1	10,4	4,8	0,7	0,03	0,3
	CV (%)	40	51	81	80	70	64	56	67	-	-
	DP	1,0	2,5	3,4	2,3	2,9	6,7	2,7	0,4	-	-
Plano	Mínimo	2,0	2,1	1,4	0,9	1,6	4,2	2,1	0,1	0,03	0,3
	Máximo	5,7	35,6	12,7	6,0	9,7	25,4	12,7	1,7	0,03	0,3
	Mediana	3,4	6,9	3,9	2,6	3,9	8,9	7,0	0,9	0,03	0,3
	Média	3,5	8,8	4,6	2,9	4,6	10,5	7,0	0,9	0,03	0,3
	CV (%)	31	87	54	58	46	48	37	55	-	-
	DP	1,1	7,5	2,5	1,7	2,1	5,0	2,6	0,5	-	-
<i>p-valor</i> ²		<0,01	0,01	0,08	0,40	0,14	0,29	<0,01	0,10	-	-

1 – Valores correspondentes ao limite de detecção do método (Tabela 1);

2 – Teste U de Mann-Whitney ($p < 0,05$) para os fatores de ambiente Murundu e Plano.

Tabela 2 - Valores de referência de qualidade (VRQs) propostos para os ambientes “murundu” e “plano” (0-20 cm) de solos dos campos de murundus da bacia hidrográfica do Rio Guaporé, Amazônia Meridional.

ET (mg kg ⁻¹)	Murundu			Plano			MG ¹	SP ¹	Cerrado ²	Dep. Sed. ³	Crosta ter. ⁴	VP. ⁵
	P90 ⁶	(%) ⁷	n	P90 ⁶	(%) ⁷	n						
Fe ⁽⁸⁾	4,2	-	36	4,9	-	36	-	-	61,3	50,4	46,5	-
Mn	8,4	-	35	16,5	-	31	-	-	190	216	1,0 ⁽⁸⁾	-
Zn	7,6	(2,6)	36	7,8	(2,5)	36	46,5	60	44,97	22	83	300
Ni	6	(20)	36	5,4	(18)	36	21,5	13	22,16	8	58	30
Cu	9,2	(15)	36	7,8	(13)	36	49	35	35,66	10	47	60
Cr	21	(28)	36	19,5	(26)	36	75	40	-	118	83	75
Pb	8,8	(12)	34	10,8	(15)	36	19,5	17	40,34	9	16	72
As	1,2	(8)	36	1,6	(10,7)	36	8	3,5	-	-	1,7	15
Cd ⁹	<0,03	(2,3)	-	<0,03	(2,3)	-	<0,04	<0,05	-	-	0,13	1,3
Se ⁹	<0,31	(6,2)	-	<0,31	(6,2)	-	0,5	0,25	-	-	0,05	5

¹VRQs dos estados de Minas Gerais (COPAM, 2011) e São Paulo (CETESB, 2005); ²Médias de valores para *Oxisols* do cerrado do Brasil Central (BURAK et al., 2010); ³Depósito sedimentar (MARQUES et al., 2004); ⁴Estimativa de conteúdo médio da crosta terrestre (YAROSHEVSKY, 2006); ⁵Valores de prevenção (CONAMA, 2009); ⁶Corte do conjunto de dados no percentil 90; ⁷Proporção em relação ao VP, obtido pela seguinte equação [%=ET(P90)×100/VP.]; ⁸Dados apresentados em g kg⁻¹; ⁹VRQ considerando o LD (Tabela 1).