

Elementos traço em Latossolos Vermelhos férricos e perférricos de Minas Gerais⁽¹⁾

Danilo de Lima Camêlo⁽²⁾; João Carlos Ker⁽³⁾; Maurício Paulo Ferreira Fontes⁽⁴⁾; Liovando Marciano da Costa⁽⁵⁾; Marcelo Metri Corrêa⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Trabalho extraído da Dissertação de Mestrado do primeiro autor, em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa – UFV.

⁽²⁾ Doutorando do Departamento de Ciência do Solo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, Av. Pádua Dias, 11, Piracicaba-SP, CEP 13418-900, Bolsista da CAPES. E-mail: danilocamelo@usp.br; ^(3,4,5) Professores do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa – UFV, Bolsistas de produtividade CNPq;

⁽⁶⁾ Professor da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE/Garanhuns, Pós-doutorando ESALQ/USP, Bolsista CNPq.

RESUMO: O termo elementos traço é atribuído a alguns metais e semimetais presentes em baixas concentrações em solos. Alguns destes elementos (Co, Zn, Mn e Cr) têm demonstrado forte associação com o Fe, em razão da sua afinidade geoquímica, entretanto, a relação com o material de origem parece ser determinante. O objetivo deste trabalho foi quantificar o conteúdo de elementos traço e avaliar as inter-relações entre estes elementos e os teores de ferro e de titânio extraídos por digestão sulfúrica em Latossolos Vermelhos férricos e perférricos desenvolvidos de diferentes materiais de origem em Minas Gerais. Para tanto, foram coletados em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais, amostras de horizontes B de 13 Latossolos Vermelhos férricos e perférricos e 1 Latossolo Vermelho-Amarelo mesoférrico originados de diferentes materiais parentais. Em seguida, a fração TFSA das amostras foi submetida à digestão sulfúrica para quantificação dos teores de Fe e de Ti e à digestão triácida (ataque total) para determinação dos elementos Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn. Com isso, foram obtidos os seguintes resultados: a) as maiores concentrações totais de elementos traço foram verificadas em solos desenvolvidos de tufito, embora com grandes variações em razão da natureza heterogênia do material de origem; b) os teores de Ti extraídos pelo ataque sulfúrico mostrou-se correlacionar positivamente com o somatório das concentrações totais de elementos traço; c) a associação dos teores de elementos traço com o Fe se manifesta em meio mais rico nestes metais, como é o caso das rochas máficas.

Termos de indexação: ataque total, afinidade geoquímica, ferro.

INTRODUÇÃO

Estudos envolvendo a quantificação de elementos traço (termo atribuído a alguns metais e semimetais presentes em baixas concentrações em

solos) têm despertado bastante interesse por pesquisadores, haja vista, a sua relação com o material de origem, tido como fonte primária desses elementos no solo (Krauskopf, 1972; Resende et al., 1988; Ferreira et al., 1994; Ker, 1995; Oliveira et al., 2000).

Além do material de origem, os fatores pedogenéticos também apresentam papel importante na distribuição destes elementos, não obstante, a combinação desses dois fatores, explica melhor a distribuição dos elementos traço nos solos (Ker, 1995).

A afinidade geoquímica entre o ferro e elementos como cobalto, cobre, zinco e manganês, cromo e vanádio permitem que esses possam substituir o íon ferro na estrutura de vários óxidos de ferro (Krauskopf, 1972; Kämpf & Curi, 2000). Esta associação é confirmada em vários trabalhos brasileiros, principalmente para os elementos derivados de rochas máficas, tais como Cd, Cu, Zn, Ni, Co e Mo (Resende et al., 1988; Ferreira et al., 1994; Oliveira et al., 2000). Logo, depreende-se que além da afinidade geoquímica entre o ferro e alguns elementos traço, a riqueza do ambiente de formação parece determinante nesta associação.

Portanto, é aceitável afirmar que variações nas concentrações de elementos traço, restritos no presente estudo aos elementos Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn, possam ocorrer tanto entre classes de solos como entre uma mesma classe, em função dos diferentes materiais de origem.

O objetivo deste trabalho foi quantificar o conteúdo de elementos traço e avaliar as inter-relações entre estes elementos e os teores de ferro e de titânio extraídos por digestão sulfúrica em Latossolos Vermelhos férricos e perférricos desenvolvidos de diferentes materiais de origem no Estado de Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

Em diferentes regiões do estado de Minas Gerais foram coletados entre 0,8 e 1,0 m de

profundidade, amostras de horizontes B de 13 Latossolos Vermelhos (LV) férricos e perférricos e 1 Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) mesoférrico desenvolvidos a partir de diferentes materiais de origem.

Os solos foram amostrados na região do Triângulo Mineiro, desenvolvidos de basalto (Uberlândia - LV₁, LV₂; Uberaba - LV₃, LV₄); na região do Alto Paranaíba, originados ou sob influência de tufito (Patos de Minas - LV₅, LV₇, LV₈, LV₉; Lagoa Formosa - LV₆, LV₁₀; São Gotardo - LVA₁); na região Metropolitana de Belo Horizonte, derivados de itabirito (Nova Lima - LV₁₁) e anfíbolito (Serro - LV₁₂); e na região do Campo das Vertentes, formado a partir de gabro (Lavras - LV₁₃).

Após a coleta, as amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras com malha de 2 mm para compor a fração terra fina seca ao ar (TFSA) utilizada nas análises de laboratório descritas a seguir.

Os teores dos elementos Fe e Ti, expressos na forma de óxidos, foram determinados na TFSA por espectroscopia de emissão de plasma, após digestão com ácido sulfúrico (1:1) (Embrapa, 1997).

A dissolução total da fração TFSA foi realizada por meio de ataque tri-ácido, a partir da mistura ternária de ácidos fortes e concentrados (nitríco-fluorídrico-perclórico) de acordo com Embrapa (1997). Os elementos Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn foram determinados por espectroscopia de emissão óptica de plasma indutivamente acoplado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os conteúdos verificados para a maioria dos elementos analisados estão dentro dos limites normalmente encontrados em solos (Tabela 1) (Alloway, 1990). Embora com variações consideráveis, é possível observar algumas tendências gerais entre os solos estudados no que se refere ao conteúdo total desses elementos, sugerindo, portanto, uma forte relação com o material de origem (Curi & Franzmeier, 1987; Ferreira et al. 1994; Ker, 1995; Oliveira et al., 2000; Costa, 2003; Marques et al., 2004; Rolim Neto et al., 2009).

Em geral, observaram-se tendências de maiores valores do somatório dos teores totais de elementos traço (Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn) para os solos derivados de tufito (LV₇, LV₉) e de gabro (LV₁₃), principalmente para as concentrações totais dos elementos Cr, Mn e Ni (Tabela 1). Para os demais solos desenvolvidos de tufito, verificaram-se nas amostras LV₈ e LV₁₀ valores do somatório dos teores totais de metais traço próximos aos encontrados nos solos de basalto, sendo os menores conteúdos observados nos solos LV₅ e LV₆. Estas constatações revelam a composição

química diferenciada dos solos derivados de tufito, coerentes com a natureza friável, porosa e muito heterogênea desta rocha (Ferreira et al., 1994; Carvalho Filho, 2008; Rolim Neto et al. 2009).

No que se refere à amostra LV₁₃, originada de gabro, o maior conteúdo de elementos traço do material de origem, e, ou, possíveis contribuições externas nos teores desses elementos pode ser o motivo das elevadas concentrações totais observadas.

Para a maioria dos elementos analisados, os solos de basalto (LV₁, LV₂, LV₃ e LV₄) apresentaram concentrações totais dentro da média observada para solos do Cerrado (Marques et al., 2004), com tendência de valores semelhantes, reflexo da maior homogeneidade do material de origem.

De acordo com Marques et al. (2004) com o desenvolvimento pedogenético, em condições de boa drenagem e pH ácido, os elementos traço se comportam de forma semelhante aos elementos principais onde os elementos monovalentes e bivalentes são lixiviados, ao passo que os elementos trivalentes, tetravalentes e pentavalentes se acumulam nos solos, mesmo após longo período intemperismo e lixiviação. Este fato justificaria a permanência do Cr³⁺, mas não o faz para Ni²⁺ e Mn⁴⁺ (ou Mn³⁺). Contudo, tanto o Mn quanto o Ni e Cr, podem substituir isomorficamente o Mg na estrutura de minerais máficos de alta temperatura (Wilson & Berrow, 1978), mostrando-se elevados mesmo em solos bastante desenvolvidos como os Latossolos.

Nas frações grossas (areia e silte), os elementos traço representam a reserva a médio e longo prazo de elementos do solo (Oliveira et al., 2000). Contudo, deve-se ressaltar que a simples presença de maiores quantidades destes elementos não significa pronta disponibilidade para as plantas. É válido pensar, entretanto, que no estabelecimento das condições de equilíbrio solo-solução, após a absorção pelas plantas, os solos com maiores quantidades destes elementos apresentarão maior velocidade de reposição. A este respeito, Tiller (1980) menciona ser limitada a predição de disponibilidade de micronutrientes para as plantas, baseando-se na análise química total, não sendo rara a constatação de casos de correlações negativas.

Os teores de Ti extraídos pelo ataque sulfúrico mostrou-se correlacionar positivamente com o somatório das concentrações totais de elementos traço (Figura 1). Esta observação encontra-se condizente com resultados obtidos por outros autores no estudo Latossolos brasileiros (Resende et al., 1988; Ker, 1995). Esse fato sugere que os óxidos de titânio e, ou, ferro-titânio podem ser considerados como reserva destes elementos, ou ainda, em razão do maior conteúdo de Ti em solos de rochas máficas, pode-se utiliza-lo com indicador

da riqueza do material de origem no que se refere a teores de alguns elementos traço.

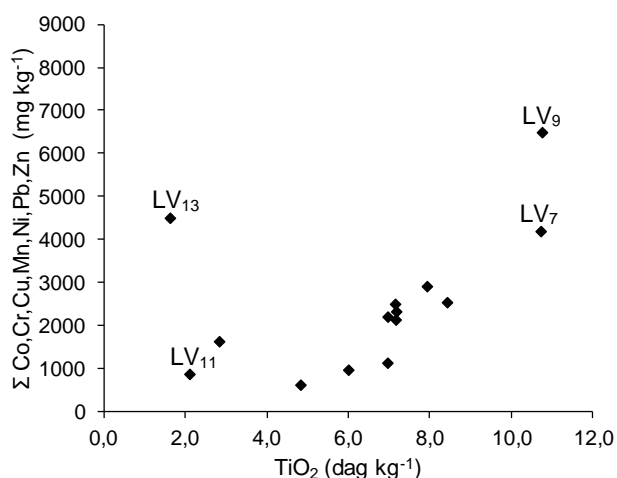


Figura 1 – Relação entre o somatório das concentrações totais dos elementos Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn e os teores de Ti obtidos por digestão sulfúrica dos horizontes B dos solos selecionados.

Quando além dos teores de Ti, levaram-se em consideração também os teores de Fe da extração sulfúrica, foi observada uma maior dispersão da relação entre seus conteúdos e as concentrações totais de elementos traço (Figura 2).

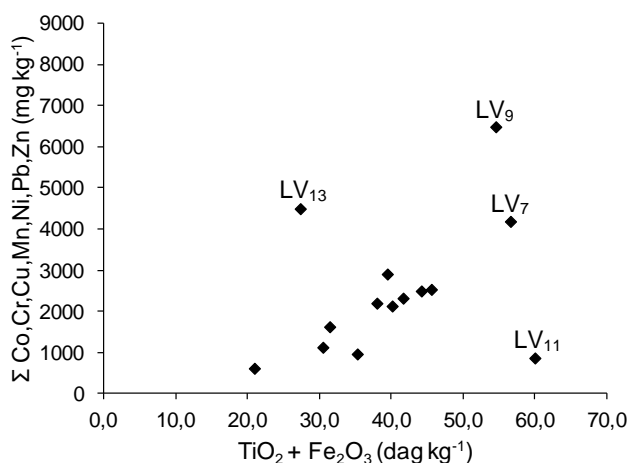


Figura 2 – Relação entre o somatório das concentrações totais dos elementos Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn e os teores de Ti e Fe obtidos por digestão sulfúrica dos horizontes B dos solos selecionados.

No entanto, a mesma tendência de correlação positiva foi observada, confirmando a premissa de afinidade geoquímica (Krauskopf, 1972) entre o Fe e estes elementos.

É interessante notar o isolamento do solo LV₁₁ (Figura 2), indicando a pobreza do material de origem (itabirito) deste solo em relação ao conteúdo

de elementos traço (Ker, 1995, Oliveira et al., 2000). Melfi et al. (1976) atribui isto ao fato do itabirito, que é uma rocha formada a partir do metamorfismo de sedimentos de óxidos de ferro altamente intemperizados e quartzo, apresentar na sua gênese um ambiente iônico muito pobre. Apesar de não indicar inexistência de afinidade geoquímica com o Fe, esta constatação revela que ela se manifesta em meio mais rico nestes metais, como é o caso das rochas máficas.

Trabalhos anteriores (Curi & Franzmeier, 1987; Resende et al., 1988, Ker, 1995) têm mostrado que os solos de itabirito possuem quantidades mais baixas de elementos traço. Em contraste a estas observações, Oliveira et al. (2000) mostraram que solos derivados de itabirito podem apresentar conteúdos consideráveis de alguns elementos traço e, nesta mesma linha, Costa (2003) verificou grande variação no somatório de seus teores analisados na fração TFSA, chegando até 3.906 mg kg⁻¹ em um Latossolo Vermelho perférrico.

CONCLUSÕES

Tanto os teores de TiO₂ quanto os de Fe₂O₃ obtidos pela digestão sulfúrica apresentaram tendências de correlação positiva com o conteúdo de elementos traço, no entanto, sobretudo para o Fe, estas associações não devem ser generalizadas para todos os materiais de origem.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa pela realização do presente trabalho. À CAPES pela concessão das bolsas durante o curso de mestrado e doutorado atualmente.

REFERÊNCIAS

ALLOWAY, B.J. The origins of the heavy metals in soils. In: ALLOWAY, B.J., ed. Heavy metals in soils. Glasgow, Academic Press & Professional, p.29-39, 1990.

CARVALHO FILHO, A. Solos de constituição ferruginosa. In: Solos e ambientes do Quadrilátero Ferrífero (MG) e aptidão silvicultural dos Tabuleiros Costeiros. Lavras: UFLA, 2008. p. 76-155. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

COSTA, S.A.D. Caracterização química, física, mineralógica e classificação de solos ricos em ferro do Quadrilátero Ferrífero. Viçosa: UFV, 2003. 71p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 2003.

CURI, N. & FRANZMEIER, D.P. Effect of parent rocks on chemical and mineralogical properties of some Oxisols in Brazil. Soil Science Society of America Journal, 51:153-158, 1987.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. Manual de método e análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212p.

FERREIRA, S.A.D.; SANTANA, D.P.; FABRIS, J.D.; CURTI, N.; NUNES FILHO, E.; COEY, J.M.D. Relações entre magnetização, elementos traços e litologia de duas sequências de solos do Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 18:167-174, 1994.

KÄMPF, N. & CURTI, N. Óxidos de ferro: Indicadores de ambientes pedogênicos e geoquímicos. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H. & SCHAEFER, C.E.G.R., eds. *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1:107-138, 2000.

KER, J.C. Mineralogia, sorção e desorção de fosfatos, magnetização e elementos traços de Latossolos do Brasil. Viçosa: UFV, 1995. 181p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.

KRAUSKOPF, K.B. Geochemistry of micronutrients. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.M. eds. *Micronutrients in agriculture*. Madison, Soil Science Society of America, p.7-40. 1972.

MARQUES, J.J.; SCHULZE, D.G.; CURTI, N.; MERTZMAN, S.A. Trace element geochemistry in Brazilian Cerrado soils. *Geoderma*, 121:31-43, 2004.

MELFI, A.J.; PEDRO, G.; NALOVIC, L.; QUEIROZ NETO, J.P. Étude sur l'alteration géochimique des

itabirites Du Brésil. *Dissolution Du quartz et instabilité de l'hématite primaire en conditions tropicales hydrolysantes*. *Cah. ORSTOM, Sér. Pédol.*, 3:179-192, 1976.

OLIVEIRA, T.S.; FONTES, M.P.F.; COSTA, L.M.; HORN, A.H. Relationship between magnetization and trace elements content of Brazilian soils from different parent materials. *U.S.A., Soil Science*, 165:825-834, 2000.

RESENDE, M.; SANTANA, D.P.; REZENDE, S.B. Susceptibilidade magnética em Latossolos do Sudeste e do Sul do Brasil. In: REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO DE SOLOS E INTERPRETAÇÃO DE APTIDÃO AGRÍCOLA, 3., Rio de Janeiro, 1988. *Anais*. Rio de Janeiro, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)- SNLCS/SBCS, p.233-258, 1988.

ROLIM NETO, F.C.; SCHAEFER, C.E.G.R.; FERNANDES FILHO, E.I.; CORRÊA, M.M.; COSTA, L.M.; PARAHYBA, R.B.; GERRA, S.M.S.; HECK, R. Topolitossequências de solos de Alto Paranaíba: atributos físicos, químicos e mineralógicos. *Revista Brasileira de Ciência Solo*, 33:1795-1809, 2009.

TILLER, K.G. Micronutrients. In: *SOILS; an Australian viewpoint*. London, Melbourne, Academic Press, p.365-388, 1980.

WILSON, M.J. & BERROW, M.L. The mineralogy and heavy metal content of some serpentine soils in Northeast Scotland. *Chemie Erde*, 37:181-205, 1978.

Tabela 1 – Resultados do ataque total na fração TFSA dos horizontes B dos solos estudados.

Perfil	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	$\Sigma^{1/}$
	----- mg kg ⁻¹ -----							
LV ₁	125	n.d.	291	1581	34	7	160	2197
LV ₂	132	217	219	1569	66	13	104	2319
LV ₃	131	111	195	1503	61	14	113	2129
LV ₄	113	367	197	1613	82	22	100	2494
LV ₅	113	461	89	206	31	63	n.d.	963
LV ₆	132	489	109	286	62	47	n.d.	1125
LV ₇	275	928	184	2461	191	63	84	4186
LV ₈	183	677	139	1326	112	62	33	2533
LV ₉	354	789	295	4553	304	64	127	6487
LV ₁₀	194	620	170	1708	142	41	32	2906
LV ₁₁	23	96	n.d.	597	n.d.	92	58	865
LV ₁₂	42	898	122	438	76	20	30	1625
LV ₁₃	64	2468	106	1313	469	32	44	4496
LVA ₁	106	320	38	95	27	28	n.d.	614

^{1/} Σ = somatório das concentrações totais dos elementos Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn ; n.d. não detectado.