

Utilização da relação molar Fe_2O_3/TiO_2 para separação de Latossolos Vermelhos desenvolvidos de rochas básicas⁽¹⁾

Danilo de Lima Camêlo⁽²⁾; Vinício Coelho Lima⁽³⁾; João Carlos Ker⁽⁴⁾; Marcelo Metri Corrêa⁽⁵⁾; Pablo Vidal-Torrado⁽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⁾ Acadêmico do curso de Geografia, Universidade Federal de Viçosa – UFV; ⁽⁴⁾ Professor do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa – UFV, Bolsista de produtividade CNPq; ⁽⁵⁾ Professor da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE/Garanhuns, Pós-doutorando ESALQ/USP, Bolsista CNPq; ⁽⁶⁾ Professor do Departamento de Ciência do Solo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, Bolsista de produtividade CNPq.

RESUMO: Os Latossolos Vermelhos desenvolvidos de basalto (Triângulo Mineiro), tufito (Alto Paranaíba) e itabirito (Quadrilátero Ferrífero) destacam-se por apresentarem semelhanças até o 4º nível categórico do SiBCS, porém com algumas características físicas e químicas diferenciadas. O objetivo deste trabalho foi estabelecer por meio da relação molar Fe_2O_3/TiO_2 , limite para separação de Latossolos Vermelhos férricos e perférricos desenvolvidos de rochas básicas daqueles originados de itabirito. Para tanto, foram coletados entre 0,8 e 1,0 m de profundidade, horizontes diagnósticos subsuperficiais de 13 Latossolos Vermelhos (LV) e 1 Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) desenvolvidos de diferentes materiais de origem no Estado de Minas Gerais. Os teores dos elementos Si (SiO_2), Al (Al_2O_3), Fe (Fe_2O_3), Ti (TiO_2) e P (P_2O_5) da fração TFSA, foram determinados por espectroscopia de emissão de plasma, após digestão com ácido sulfúrico (1:1) e, em seguida, calculadas as relações molares SiO_2/Al_2O_3 (Ki), $SiO_2/(Al_2O_3+Fe_2O_3)$ (Kr), Al_2O_3/Fe_2O_3 e Fe_2O_3/TiO_2 . Na busca de estabelecer critérios mais consistentes para a separação de Latossolos Vermelhos ricos em ferro, especificamente a partir dos resultados da digestão sulfúrica, foram inseridos resultados das análises de ataque sulfúrico de 20 horizontes B de Latossolos Vermelhos de vários Estados do Brasil, coletados e analisados por outros autores. A partir dos resultados obtidos foi possível estabelecer o valor de 8, para a relação molar Fe_2O_3/TiO_2 obtida pela digestão sulfúrica, como limite adequado para distinção de Latossolos Vermelhos desenvolvidos de itabirito daqueles derivados de tufito, basalto, diabásio, gabro e anfíbolito.

Termos de indexação: digestão sulfúrica, férricos, titânio.

INTRODUÇÃO

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS, os Latossolos Vermelhos são solos que apresentam horizonte B latossólico com matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm (inclusive BA) (Embrapa, 2006).

A utilização exclusiva da cor como único critério para distinção desta classe, permite o enquadramento de solos com características físicas e químicas bastante diferentes, como é o caso dos Latossolos Vermelhos desenvolvidos de rochas básicas (basalto, gabro, tufito, etc.), e os originados de itabirito (ou rochas associadas). Tais solos, anteriormente denominados de Latossolos “Roxos” e “Ferríferos”, respectivamente, ocupam áreas expressivas nas regiões do Planalto Central e Quadrilátero Ferrífero, com destaque para aqueles desenvolvidos de basalto (Triângulo Mineiro), tufito (Alto Paranaíba) e itabirito (Quadrilátero Ferrífero), por serem férricos ou perférricos.

A partir dos levantamentos exploratórios de solos realizados pelo projeto RadamBrasil, em que solos de natureza ferrífera foram caracterizados pela primeira vez no país, observou-se a necessidade de distingui-los taxonomicamente daqueles originados de rochas básicas, também com elevados teores de ferro.

Na tentativa de separar estes solos em níveis categóricos mais baixos, a relação direta Fe_2O_3/TiO_2 tem sido amplamente utilizada por vários pesquisadores (Curi & Franzmeier, 1987; Costa, 2003; Carvalho Filho, 2008), em razão do maior conteúdo de titânio observado em solos de rochas máficas.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi estabelecer, por meio da relação molar Fe_2O_3/TiO_2 , limite para separação de Latossolos Vermelhos férricos e perférricos desenvolvidos de rochas básicas daqueles originados de itabirito, visando o melhor refinamento taxonômico dos Latossolos Vermelhos e contribuir para o desenvolvimento do SiBCS.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletados entre 0,8 e 1,0 m de profundidade, horizontes diagnósticos subsuperficiais de 13 Latossolos Vermelhos (LV) e 1 Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) desenvolvidos de diferentes materiais de origem no Estado de Minas Gerais. As amostragens dos solos foram realizadas na região do Triângulo Mineiro, desenvolvidos de basalto (LV₁, LV₂, LV₃ e LV₄); na região do Alto Paranaíba, originados ou sob influência de tufito (LV₅, LV₆, LV₇, LV₈, LV₉, LV₁₀ e LVA₁); na região Metropolitana de Belo Horizonte, derivados de itabirito (LV₁₁) e anfíbolito (LV₁₂); e na região do Campo das Vertentes, formado a partir de gabro (LV₁₃) (Tabela 1).

Os teores dos elementos Si (SiO₂), Al (Al₂O₃), Fe (Fe₂O₃), Ti (TiO₂) e P (P₂O₅) da fração TFSA, foram determinados por espectroscopia de emissão de plasma, após digestão com ácido sulfúrico (1:1) e, em seguida, calculadas as relações molares SiO₂/Al₂O₃ (Ki), SiO₂/(Al₂O₃+Fe₂O₃) (Kr), Al₂O₃/Fe₂O₃ e Fe₂O₃/TiO₂ (Embrapa, 1997).

Na busca de estabelecer critérios mais consistentes para a separação de Latossolos Vermelhos ricos em ferro, especificamente a partir dos resultados da digestão sulfúrica, foram inseridos resultados das análises de ataque sulfúrico de 20 horizontes B de Latossolos Vermelhos férricos e perférricos de vários Estados do Brasil, coletados e analisados por outros autores (Tabela 1).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de SiO₂ e Al₂O₃ são bastante variáveis (Tabela 1) e, aliado as baixas relações molares Ki e Kr, sugerem constituição mineralógica oxidada para todos os solos de itabirito, anfíbolito e tufito estudados, conforme constatado pelos baixos valores dessas relações, sempre inferiores a 0,75 (Resende & Santana, 1988).

Para os solos de rochas ígneas básicas (basalto, diabásio e gabro), foram observados maiores amplitudes nos valores dos índices Ki e Kr, indicando a ocorrência de solos desde altamente intemperizados, com predominância de gibbsita e óxidos de ferro (Ki e Kr < 0,75), até aqueles com menor grau de evolução, com maior influência de caulinita e até mesmo vermiculita com hidróxi entre camadas (Ki e Kr > 0,75) (Resende & Santana, 1988).

No entanto, é válido ressaltar que esses índices isoladamente, não conotam necessariamente

intemperização intensa, devendo-se para sua interpretação utilizar também outros atributos, haja vista, que em alguns casos específicos, o material de origem já é pobre em sílica ou pode haver dissolução seletiva de quartzo em ambientes muito ricos em Fe (Melfi et al. 1976).

Na maioria dos solos de itabirito, os valores da relação molar Al₂O₃/Fe₂O₃ quase sempre inferiores à unidade sugerem predomínio dos óxidos de ferro sobre os óxidos de alumínio (Tabela 1). Para os demais, observou-se a tendência de predomínio dos óxidos de alumínio (Al₂O₃/Fe₂O₃ > 1), sobretudo para os solos de basalto.

Grande amplitude nos teores de Fe₂O₃ foi observada, sugerindo tanto possíveis diferenciações no material de origem quanto, variações nos processos pedogenéticos atuantes em todos os solos (Tabela 1). A exceção do solo LVA₁, os demais atingem o limite mínimo de 18 dag kg⁻¹, critério requerido para enquadrá-los como férricos, ou > 36 dag kg⁻¹, necessários para a adjetivação de perférrico pelo atual SiBCS (Embrapa, 2006).

Os maiores valores (acima de 36 dag kg⁻¹) foram observados para os solos desenvolvidos de itabirito, reflexo da natureza do próprio material de origem, constituído tipicamente por hematita, magnetita e quartzo. O mesmo foi observado para alguns solos de tufito (LV₇, LV₈ e LV₉) e um solo de basalto (LV₄), relacionando-se com a natureza mais básica da rocha e evidenciando a heterogeneidade do material de origem, principalmente dos tufitos (Ker, 1995; Rolim Neto et al., 2009). Logo, depreende-se que não é possível a utilização desse critério para distinção de solos desenvolvidos de materiais de origem diversos, fato também relatado por Carvalho Filho (2008).

No entanto, por apresentarem maiores teores em solos de basalto e tufito, os teores de TiO₂, por intermédio da relação direta (molecular) Fe₂O₃/TiO₂ tem sido utilizado por alguns autores (Curi & Franzmeier, 1987; Costa, 2003; Carvalho Filho, 2008), na tentativa de estabelecer critérios para separação destes solos daqueles originados de itabirito.

Diante da grande amplitude dos valores observados pela relação direta (chegando a 232, de acordo com Curi & Franzmeier (1987) e a 262, segundo Carvalho Filho (2008)), optou-se por utilizar a relação molar Fe₂O₃/TiO₂. Neste sentido, o valor de 8 pode ser utilizado como limite para distinção dos solos de itabirito dos demais solos desenvolvidos de outros materiais de origem contemplados neste estudo. Da mesma forma, o valor de 16 (equivalente à relação molar Fe₂O₃/TiO₂ = 8) foi proposto por Curi & Franzmeier (1987),



como limite de distinção a partir da relação direta Fe_2O_3/TiO_2 . Carvalho Filho (2008), estabelece o limite de 0,10 para a relação molar TiO_2/Fe_2O_3 (equivalente à relação molar $Fe_2O_3/TiO_2 = 10$), que também mostrou-se eficiente na distinção desses solos. Entretanto, tais valores não se mostraram eficientes para distinção das amostras LV_{QF7} , LV_{QF10} e LV_{QF11} , todas derivadas de itabirito (Tabela 1).

Com isso, torna-se evidente a dificuldade em estabelecer critérios para separação desses solos, pois grandes variações na composição química podem ser expressas até mesmo entre solos originados do mesmo material de origem, o que impede a utilização desta e outras relações estabelecidas pela literatura como valores exclusivos e absolutos.

Outro aspecto a ser mencionado, refere-se à tendência de maiores teores de P_2O_5 nos solos de tufito, atingindo valores de até $1,95 \text{ dag kg}^{-1}$ no LV_9 (Tabela 1), reforçando ainda mais a necessidade de separá-los dos solos de itabirito.

CONCLUSÕES

O valor 8 para a relação molar Fe_2O_3/TiO_2 obtida pela digestão sulfúrica, mostrou ser um limite adequado para distinção de Latossolos Vermelhos desenvolvidos de itabirito daqueles derivados de tufito, basalto, diabásio, gabro e anfíbolito.

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

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 de Pesquisas Pedológicas. Mapa esquemático dos solos das regiões Norte, Meio-Norte e Centro-Oeste do Brasil. Rio de Janeiro, EMBRAPA, 1975. 553p. (Boletim Técnico, 17).

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.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento e reconhecimento de solos do Estado do Paraná. Londrina, EMBRAPA – SNLCS/SUDESUL/IAPAR, 1984. 414p. (Boletim Técnico, 57).

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.

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, J.B. & MENK, J.R.F. Latossolos roxos do Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônomo (Boletim técnico, 82), 1984. 132p.

RESENDE, M. & SANTANA, D.P. Uso das relações K_i e K_r na estimativa da mineralogia para a classificação dos Latossolos. In: REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO DE SOLOS E INTERPRETAÇÃO DE APTIDÃO AGRÍCOLA, 3., Rio de Janeiro, 1988. Anais. Rio de Janeiro, Embrapa – SNLCS, SBCS, p.225-232, 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.

Tabela 1 - Resultados da digestão sulfúrica em TFSA e relações moleculares Ki, Kr, Al₂O₃/Fe₂O₃ e Fe₂O₃/TiO₂ das amostras de horizontes B dos solos estudados e dos obtidos a partir de resultados da literatura.

Perfil	Material de Origem	Localização	----- dag kg ⁻¹ -----							Al ₂ O ₃ ^{3/} Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ ^{4/} TiO ₂
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	Ki ^{1/}	Kr ^{2/}		
LV ₁	Basalto	Uberlândia-MG	20,14	22,23	31,07	6,97	0,22	1,54	0,81	1,12	2,23
LV ₂	Basalto	Uberlândia-MG	8,18	30,35	34,51	7,18	0,26	0,46	0,27	1,38	2,40
LV ₃	Basalto	Uberaba-MG	9,73	27,20	33,00	7,17	0,22	0,61	0,34	1,29	2,30
LV ₄	Basalto	Uberaba-MG	6,48	30,31	37,08	7,15	0,35	0,36	0,20	1,28	2,59
LV ₅	Tufito	Patos de Minas-MG	4,89	34,03	29,30	6,00	0,29	0,24	0,16	1,82	2,44
LV ₆	Tufito	Lagoa Formosa-MG	12,89	30,73	23,54	6,96	0,87	0,71	0,48	2,05	1,69
LV ₇	Tufito	Patos de Minas-MG	2,53	17,85	45,92	10,73	1,20	0,24	0,09	0,61	2,14
LV ₈	Tufito	Patos de Minas-MG	5,91	25,06	37,20	8,43	0,85	0,40	0,21	1,06	2,21
LV ₉	Tufito	Patos de Minas-MG	3,32	15,82	43,84	10,76	1,95	0,36	0,13	0,57	2,04
LV ₁₀	Tufito	Lagoa Formosa-MG	7,19	18,77	31,56	7,93	1,06	0,65	0,31	0,93	1,99
LV ₁₁	Itabirito	Nova Lima-MG	1,02	13,83	57,94	2,11	0,16	0,13	0,03	0,37	13,75
LV ₁₂	Anfibolito	Serro-MG	10,28	23,55	28,62	2,83	0,18	0,74	0,42	1,29	5,05
LV ₁₃	Gabro	Lavras-MG	11,91	28,75	25,74	1,63	0,12	0,70	0,45	1,75	7,91
LVA ₁	Cober. tufito	São Gotardo-MG	9,15	37,31	16,14	4,83	0,23	0,42	0,33	3,63	1,67
LV _{SP1} *	Diabásio	Ribeirão Preto-SP	15,00	17,85	19,95	4,82	-	1,43	0,83	1,40	2,07
LV _{SP2} *	Diabásio	Jardinópolis-SP	2,30	18,50	30,20	10,00	-	0,21	0,10	0,96	1,51
LV _{SP3} **	Basalto	Cravinhos-SP	6,40	26,20	35,50	5,70	-	0,42	0,22	1,16	3,11
LV _{MT1} ***	Basalto	Dourados-MT	26,10	23,60	27,20	3,83	0,09	1,88	1,08	1,36	3,55
LV _{MT2} ***	Basalto	Diamantino-MT	6,20	32,20	23,10	1,86	0,05	0,33	0,22	2,19	6,21
LV _{MT3} ***	Basalto	Rio Brillhante-MT	22,80	23,10	30,00	5,27	0,13	1,68	0,92	1,21	2,85
LV _{GO1} ***	Basalto	Rio Verde-GO	5,60	22,10	24,50	5,28	0,21	0,43	0,25	1,42	2,32
LV _{GO2} **	Anfibolito	Silvânia-GO	6,80	24,90	19,50	2,50	-	0,46	0,31	2,00	3,90
LV _{GO3} **	Basalto	Rio Verde-GO	7,60	13,20	18,50	4,60	-	0,98	0,52	1,12	2,01
LV _{PR1} #	Basalto	Londrina-PR	22,90	25,30	28,90	4,25	-	1,54	0,89	1,37	3,40
LV _{PR2} #	Basalto	Pato Branco-PR	22,20	27,70	19,10	4,21	0,15	1,36	0,95	2,28	2,27
LV _{PR3} #	Basalto	Laranjeiras do Sul-PR	20,50	23,60	26,70	2,92	-	1,48	0,86	1,39	4,57
LV _{QF1} ###	Itabirito	Brumadinho-MG	2,40	23,10	39,30	1,41	<0,01	0,18	0,08	0,92	13,94
LV _{QF2} ###	Itabirito	Nova Lima-MG	0,60	15,20	63,40	2,10	<0,01	0,07	0,02	0,38	15,10
LV _{QF3} ###	Itabirito	Itabirito-MG	1,10	17,40	57,40	0,26	<0,01	0,11	0,03	0,48	110,38
LV _{QF4} ###	Itabirito	Barão de Cocais-MG	3,50	25,70	37,00	0,43	0,19	0,23	0,12	1,09	43,02
LV _{QF5} ###	Itabirito	Santa Barbara-MG	0,90	7,40	64,70	0,34	<0,01	0,21	0,03	0,18	95,15
LV _{QF6} ###	Itabirito	Guanhães-MG	0,56	7,65	73,22	1,73	0,05	0,12	0,02	0,16	21,16
LV _{QF7} ###	Itabirito	Belo Horizonte-MG	0,09	24,80	39,90	3,49	0,09	0,01	0,00	0,98	5,72
LV _{QF8} ###	Itabirito	Mariana-MG	0,17	12,30	38,47	1,91	1,60	0,02	0,01	0,50	10,07
LV _{QF9} ###	Itabirito	Itabira-MG	0,01	14,50	67,76	n.d.	n.d.	0,00	0,00	0,34	-
LV _{QF10} ###	Itabirito	Nova Lima-MG	0,14	26,00	33,46	3,87	0,07	0,01	0,01	1,22	4,32
LV _{QF11} ###	Itabirito	Barão de Cocais-MG	0,07	6,25	76,22	12,50	0,13	0,02	0,00	0,13	3,05

^{1/} Ki=(SiO₂/Al₂O₃).1,7; ^{2/} Kr=[SiO₂/(Al₂O₃+0,64.Fe₂O₃).1,7; ^{3/} Al₂O₃/Fe₂O₃=(Al₂O₃/Fe₂O₃).1,57; ^{4/} Fe₂O₃/TiO₂=(Fe₂O₃/TiO₂).0,5; * Oliveira & Menk (1984); ** Ker (1995); *** Embrapa (1975); # Embrapa (1984); ## Carvalho Filho (2008); ### Costa (2003); n.d. não detectado; - não determinado.