



Encontro Internacional
de Produção Científica
24 a 26 de outubro de 2017

ISBN 978-85-459-0773-2

CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DOS ÓXIDOS DE FERRO DA FRAÇÃO ARGILA NOS DIFERENTES HORIZONTES DO LATOSSOLO VERMELHO EUTROFÉRRICO

Rodolfo Figueiredo¹; Neuzilene das Graças Rossi²; Raphaela Mulato Cavalcante³; Leila Cristina Canton⁴; Ivan Granemann de Souza Junior⁵; Antonio Carlos Saraiva da Costa⁶;

¹Acadêmico de doutorado em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá-UEM. Bolsista Capes-UEM. rodolfo.agron@gmail.com

²Acadêmica de mestrado em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá-UEM. Bolsista Capes-UEM. neuzilenerossii@gmail.com

³Acadêmica de mestrado em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá-UEM. rafaella_cavalcanti@hotmail.com

⁴Acadêmica de doutorado em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá-UEM. Bolsista Capes-UEM. eng.leilacris@gmail.com

⁵Engenheiro agrônomo, Doutor, Departamento de Agronomia-UEM. Pesquisador. ivangsjunior@gmail.com

⁶Orientador, Doutor, Programa de pós-graduação, UEM. Pesquisador. antonioocscosta@gmail.com

RESUMO

Os LATOSSOLOS VERMELHOS férricos derivados do basalto compreendem boa parte dos solos presentes no estado do Paraná (PR). Esses solos tem chamado atenção pelo sua alta fertilidade natural, proporcionado pelos seus atributos físicos, químicos e mineralógicos. O objetivo deste trabalho foi estudar as características mineralógicas e cristalográficas dos óxidos de ferro do LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico derivados do basalto da região de Maringá no Estado do Paraná. Foram encontradas diversas mudanças de fase dos minerais dentro do perfil, e o acúmulo de minerais mais resistentes ao intemperismo (caulinita e óxidos de ferro) nos horizontes superficiais. Foram encontrados os seguintes minerais na fração argila: hematita, maghemita, goethita, anatásio e rutilo. Dentre os óxidos de ferro, houve o predomínio da hematita nos horizontes A, Bw e C1. Já no horizonte C2, que apresenta menor grau de intemperismo, a goethita foi o óxido de ferro dominante. A mineralogia dos diferentes horizontes desta classe de solo pode ser considerada complexa quando comparada a qualquer solo formado em outras regiões edafoclimáticas do planeta.

PALAVRAS-CHAVE: Difractometria de Raios-X; Substituição Isomórfica; Basalto.

1 INTRODUÇÃO

O Paraná por situar-se em uma zona de transição entre o clima temperado e tropical apresenta diferentes tipos de solos (LEPSCH, 2011). Dentre as diferentes classes, os LATOSSOLOS se destacam por sua grande potencialidade agrícola, quer pela fertilidade natural, facilidade e resposta à correção da fertilidade, e ainda pela possibilidade ampla de mecanização (SCHAEFER, 2008). São solos em avançado estágio de intemperismo que tem como resultado a transformação do material de origem. São solos normalmente muito profundos com boa drenagem e pouca diferenciação de sub-horizontes (EMBRAPA, 2013). Segundo a classificação da Embrapa (2013), LATOSSOLOS devem apresentar horizonte B latossólico, com evolução muito avançada, resultado do intemperismo intenso dos minerais primários e mesmo secundários menos resistentes. Ainda devem apresentar concentração relativa de argilominerais resistentes e/ou óxidos de ferro e alumínio, com inexpressiva mobilização ou migração da argila ao longo do perfil.

O estudo de solos tropicais, como os LATOSSOLOS, tem sido alvo de grandes pesquisas, dada pela presença significativa de óxidos de ferro e alumínio, que tem contribuição direta com as propriedades físicas (textura, estrutura, consistência, permeabilidade, contração e expansão, etc.) e químicas (disponibilidade de nutrientes, CTC, pH, sorção, etc.) com o sistema solo (KÄMPF et al., 2012). Dentre esses, os óxidos de ferro destaca-se pela sua natureza química e alta área superficial específica, que podem atuar com eficiência na adsorção de ânions inorgânicos, orgânicos, vários biocidas, cátions, além de facilitar a formação de agregados e cimentação de outros componentes do solo. Ainda tem a possibilidade de realizar substituição isomórfica do Fe por vários outros cátions metálicos, como Al^{3+} , Cu^{2+} e Ni^{2+} sem alterar a sua estrutura, formando fases sólidas (SCHWERTMANN; CORNELL, 1991). Portanto os óxidos de ferro tornam-se excelentes minerais



para a recuperação de áreas degradadas oriundo da contaminação natural ou antrópica dos solos, água superficiais e subterrâneas (COSTA & BIGHAM, 2009). Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os atributos químicos e mineralógicos dos óxidos de ferro da fração argila pertencentes aos diferentes horizontes do LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico da região de Maringá no estado do Paraná.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizadas coletadas dos horizontes A (0 - 25 cm), Bw (25 - 130 cm), C1 (300 - 350 cm), C2 (370 - 400 cm) e o pó da rocha (basalto) de solos a região de Maringá do estado do Paraná (Tabela 1). As amostras foram secas ao ar e passadas em peneiras de 2 mm, para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). A fração argila foi separada conforme Lei de Stokes, e posteriormente liofilizadas. Já as frações areia e silte foram separadas por peneira 0,053 mm (270 Mesh).

Tabela 01: Identificação dos horizontes do LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de Maringá-PR

Local	Hor.	Lat.	Long.	Alt.	Prof.- cm	Acrônimo
Pedreira Extracom	A	23°28'37"S	51° 56'14" O	444	0 - 25	A-e
Pedreira Extracom	C1	23°28'44"S	51° 56'41" O	468	400 - 450	C1-e
Pedreira Extracom	C2	23°28'44"S	51° 56'41" O	468	460 - 490	C2-e
Pedreira Ingá	C1	23°28'34"S	51° 57'20" O	478	300 - 350	C1-i
Pedreira Ingá	C2	23°28'34"S	51° 57'20" O	478	370 - 400	C2-i
UEM	A	23°24'20"S	51° 55'57" O	549	0 - 25	A-u
UEM	Bw	23°24'20"S	51° 55'57" O	549	25 - 130 +	Bw-u
Rodovia	Bw	23°27'47"S	51° 56'29" O	516	30 - 160 +	Bw-r

Legenda: Hor - horizonte; Lat. - latitude; Long. - longitude; Alt. - altitude; Prof. - profundidade (cm).

A concentração dos óxidos de ferro foi realizada através do tratamento da fração argila total com solução de NaOH 5 mol L⁻¹ (NORRISH & TAYLOR, 1961). A fração argila de todos os horizontes foram submetidas a difratometria de raios - X (DRX), em equipamento Shimadzu XRD-6000 operando com radiação CoK α e monocromador de carbono, velocidade de varredura de 0,02 °2 θ por 1,2 segundo a 30 mA e 40 kV.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os difratogramas de raios-X (figura 1) dos óxidos de ferro concentrados na fração argila apresentaram maior presença de hematita nos horizontes A e Bw. A formação da hematita é favorecida em ambientes mais secos e quentes, drenagem livre e elevado teor de ferro no material de origem (basalto) comuns nas região de Maringá-PR. A presença de reflexos da goethita foram observados nos horizontes C1 e C2, e, um pequeno reflexo no horizonte A-e, da amostra de mata onde o elevado teor de matéria orgânica e de sílica em solução favorece a sua formação em detrimento da dissolução da hematita ou maghemita (COSTA & BIGHAM, 2009; INDA JUNIOR et al., 2013; MANSFELDT et al., 2012). Neste contexto, observa-se a predominância de hematita e maghemita nos horizontes superficiais (A e Bw) e a predominância de goethita nos horizontes C1 e C2 (tabela 2).

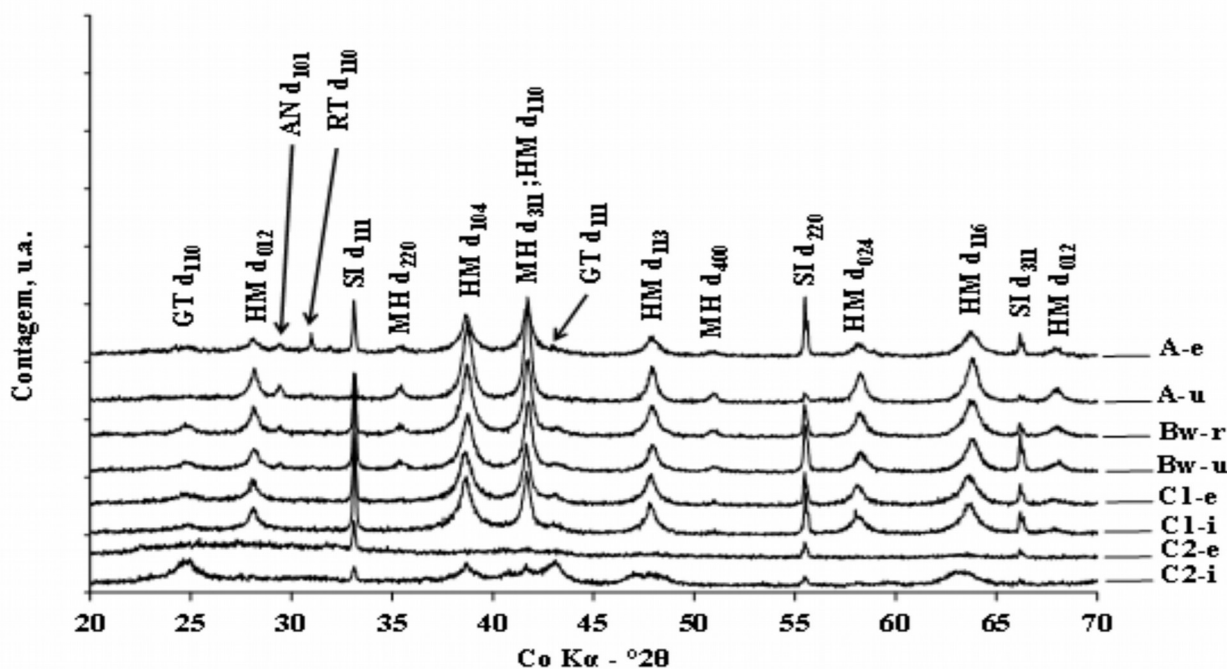


Figura 1: Difratogramas de raios-X dos óxidos de ferro concentrados com solução 5M NaOH a quente dos horizontes A, B_w, C₁ e C₂ do LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de Maringá - PR. HM: Hematita; MH: Maghemita; GT: Goethita; AN: Anatásio; RT: Rutilo; SI: Silício (padrão interno).

Dentre os óxidos de ferro predominantes na fração argila (tabela 2), a hematita apresenta os maiores teores, principalmente nos horizontes A, B_w e C₁, porém sempre associada à goethita ou à maghemita. A percentagem de hematita sobre os demais óxidos de ferro teve amplitude de 87% para o horizonte C₁-e, e 61% para o B_w-r. Já no horizonte C₂-e, foi encontrado o menor valor de hematita (21%), e ausência deste mineral no horizonte C₂-e. A percentagem de maghemita calculada por DRX (Costa et al., 1999) nos horizontes A e B_w variaram de 20 a 33% do óxido, isto é, este mineral não predomina entre os óxidos de ferro em nenhum dos horizontes do LATOSSOLO VERMELHO. Segundo Navarre-Sitchler et al. (2011), o primeiro óxido de ferro formado a partir do intemperismo do basalto é a goethita que se concentra no saprólito.

Dados de correlação de Pearson entre os teores de argila e quantidade de hematita e maghemita foram significativos e positivos ($r = 0,77$ $p < 0,01$; $r = 0,78$ $p < 0,01$, respectivamente), evidenciando que a hematita tende a acumular-se nos horizontes mais intemperizados com maiores teores de argila (Horizonte A e B_w, tabela 05) dos Latossolos Vermelhos Eutroféricos. Já a correlação do teor de argila com a percentagem de goethita foi significativa e negativa ($r = -0,93$ $p < 0,001$) mostrando o comportamento inverso à hematita.

No Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SiBCS; EMBRAPA, 2013) a relação HM/(HM+GT) é aplicada na classificação dos solos sendo que valores maiores do que 0,6 são atribuídos a solos hematíticos (KÄMPF et al., 1988) como observado nos horizontes A e B_w do LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico. Os horizontes C₂-e e C₂-i apresentaram valores de 0,0 e 0,21, respectivamente.

Os valores de substituição isomórfica (SI) do Fe pelo Al determinados por DRX da hematita e maghemita apresentaram pouca variação entre os horizontes A e B_w com valores médios de 3,95 e 35,21 cmol mol^{-1} , respectivamente e 2,40 e 0,59 cmol mol^{-1} para os horizontes Cs. Os baixos valores de SI da hematita demonstram que este mineral deve ter sido sintetizado em condições de baixa disponibilidade de Al^{3+} em solução após redissolução da goethita presente no horizonte C e



formação da hematita. Já o elevado grau de SI da maghemita evidencia sua formação a partir da magnetita litogênica, incorporando grandes concentrações de Al^{3+} da solução no momento de sua formação. Neste caso, a maghemita, ao contrário da hematita, pode ser considerada um sumidouro de Al^{3+} , favorecendo a acumulação de cátions no solo e o seu caráter eutrófico.

Tabela 2: Distribuição de maghemita (MH), hematita (HM), goethita (GT), relação HM/(HM+GT), substituição isomórfica (SI) e diâmetro médio do cristalito (DMC) calculada por difratometria de raios-X dos óxidos de ferro concentrados das frações argila do LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico da região de Maringá-PR

Iden.	MH	HM	GT	HM/ (HM+GT)	MH	HM	GT	HM d_{104}	GT d_{110}	MH d_{220}
Concentração (%)				-----SI (cmol mol ⁻¹) -----			-----DMC (nm)-----			
A-e	21	64	15	0,81	35,32	4,34	28,60	21,21	10,13	27,79
A-u	30	70	NI	1,00	34,83	3,36	NI	17,54	NI	22,32
Bw-r	33	61	6	0,91	35,35	4,01	NI	20,13	9,60	18,92
Bw-u	20	71	9	0,88	35,34	4,07	22,01	15,84	12,43	26,53
C1-e	NI	87	13	0,87	NI	2,40	13,05	14,65	11,25	NI
C1-i	NI	86	14	0,86	NI	0,59	13,85	14,42	6,72	NI
C2-e	NI	NI	100	0,0	NI	NI	NI	NI	1,36	NI
C2-i	NI	21	79	0,21	NI	-	8,61	18,09	8,94	NI

Legenda: NI – não identificado

A goethita apresentou grande amplitude de SI, variando de 8,61 a 28,60 cmol mol⁻¹ para os horizontes C2-i e A-e, respectivamente. Maiores valores de SI foram observados nos horizontes A e Bw e menores para os horizontes Cs, dados que corroboram os valores encontrados por Melo et al. (2001), que obtiveram valores de SI para a goethita e hematita variando de 0 a 38,4 cmol mol⁻¹ a 3,9 a 12,6 cmol mol⁻¹, respectivamente. Já a maghemita apresentou comportamento semelhante entre os horizontes A e Bw, com valor médio de 23,89 nm. A partir dos valores de SI calculados por DRX (Tabela 2) é possível concluir que a maghemita e a goethita são os principais óxidos de ferro que contribuem para valores elevados de SI e não a hematita.

O diâmetro médio do cristalito (DMC) da hematita (tabela 02) perpendicular ao eixo d_{104} teve amplitude de 21,12 a 14,42 nm nos horizontes A-e e C1-e, respectivamente. O DMC da goethita apresentou valores que variaram de 12,43 a 1,36 nm para os horizontes Bw-u e C2-e, respectivamente. Esse comportamento é esperado, dado o formato isodimensional da goethita de solos dos trópicos úmidos (MELO et al., 2001).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização mineralógica dos horizontes estudados permitiu observar a existência de diferentes formas de óxidos de ferro presente no LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico. Ficou evidente que os óxidos de ferro sofrem ação direta dos processos relacionado ao intemperismo, e que o primeiro óxido de ferro a se forma na fração argila é a goethita. Porém nos horizontes superficiais, ou seja, mais intemperizados, ocorrem o predomínio da hematita e maghemita que permanecem de forma estável no sistema.



Encontro Internacional
de Produção Científica
24 a 26 de outubro de 2017

ISBN 978-85-459-0773-2

REFERÊNCIAS

- COSTA, A. C. S. Iron oxide mineralogy of soils derived from volcanic rocks in the Paraná River Basin, Brazil. The Ohio State University, Columbus, 1996. 1996. 243 f. (Tese de Doutorado).
- COSTA, A. C. S.; BIGHAM, J. M. ÓXIDOS DE FERRO. In: ALLEONI, L. R. F.; MELO, V. F. **Química e Mineralogia do Solo: Parte 1 - Conceitos básicos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p. 505-572
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. Ed. Rev. Atual. Rio de Janeiro, 2011. 230 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro de Nacional de Pesquisa do Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.
- INDA JUNIOR., A.V.; TORRENT, J.; BARRÓN, V.; BAYER, C.; FINK, J. R. Iron oxides dynamics in a subtropical Brazilian Paleudult under long-term no-tillage management. **Scientia Agricola**, v. 70 n. 1, p.48-54, 2013.
- KÄMPF, N.; REZENDE, M.; CURTI, N. **Iron Oxides in Brazilian Oxisols**. In: International Soil Classification Workshop, Rio de Janeiro, 1986. Proceedings. Rio de Janeiro: EMBRAPA/ SNLCS, 1988. p.71-77.
- KÄMPF, N.; MARQUES, J. J.; CURTI, N. Mineralogia de Solos Brasileiros. In: KER, J. C.; CURTI, N.; SCHAEFER, C. E.; VIDAL-TORRADO, P. (Ed.). **Pedologia: Fundamentos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. p. 81-146.
- LEPSCH, I. F. **19 lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 456 p.
- MANSFELDT, T.; SCHUTH, S.; HÄUSLER, W.; WAGNER, F. E.; KAUFHOLD, S.; OVERESCH, M. Iron oxide mineralogy and stable iron isotope composition in a Gleysol with petrogleyic properties. **Journal Of Soils And Sediments**, v. 12, p.97-114, 2012.
- MELO, V. F.; SINGH, B.; SCHAEFER, C. E. G. R.; NOVAIS, R. F.; FONTES, M. P. F. Chemical and mineralogical properties of kaolinite – rich Brazilian soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 65, p. 1324-1333, 2001.
- NAVARRÉ-SITCHLER, A.; STEEFEL, C. I.; SAK, P. B.; BRANTLEY, S. L. A reactive-transport model for weathering rind formation on basalt. **Geochimica Et Cosmochimica Acta**, v. 75, p.7644-7667, 2011.
- NORRISH, K.; TAYLOR, R. M. The isomorphous replacement of iron by aluminum in soil goethites. **Journal of Soil Science**, v. 12, p. 294-306, 1961.
- SCHAEFER, C. E. G. R.; FABRIS, J. D.; KER, J. C. Minerals in the clay fraction of Brazilian Latosols (Oxisols): A review. **Clay Minerals**, v.43, p.137-154, 2008.
- SCHWERTMANN, U.; CORNELL, R. M. **Iron oxides in the laboratory**. New York: Cambridge, VCH, 1991. 137p.