

Formas extraíveis de ferro em solos de áreas úmidas.

Elaine de Arruda Oliveira Coringa⁽¹⁾; Eduardo Guimarães Couto⁽²⁾; Pablo Vidal Torrado⁽³⁾

⁽¹⁾ Professora; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT); Cuiabá, MT; elaine.coringa@blv.ifmt.edu.br;

⁽²⁾ Professor; Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT); Cuiabá, MT.

⁽³⁾ Professor; Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Esalq/USP); Piracicaba, SP.

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo determinar os teores de ferro distribuídos nas diferentes formas extraíveis em vinte perfis de solos de áreas úmidas. De cada perfil, foram analisados os horizontes subsuperficiais (B ou C) e a metodologia empregada foi a dissolução seletiva, conduzida de acordo com os protocolos analíticos descritos por Pansu & Gautheyrou (2006) e Carter & Gregorich (2008). Os resultados demonstraram que nos solos do Pantanal a influência da matéria orgânica é significativa mesmo em perfis com baixo teor de carbono orgânico total, tendo em vista que o ferro associado à matéria orgânica (Fe_{pi}) constitui quantitativamente a segunda fração geoquímica encontrada na maioria dos perfis. A preservação dos óxidos de ferro de alta cristalinidade nos horizontes subsuperficiais dos solos pode ser atribuída às feições redoximórficas, principalmente nos Plintossolos Argilúvicos, Gleissolos Háplicos e Luvissolos. Já a distribuição das formas pouco cristalinas dos óxidos de ferro nos solos é devida à alternância das condições de oxidação e redução, que dificultam o processo de cristalização dos minerais de ferro, aliada à presença de matéria orgânica.

Termos de indexação: extração seletiva, Pantanal, matéria orgânica.

INTRODUÇÃO

As áreas úmidas (*wetlands*) constituem grandes extensões de terras cobertas por águas rasas, naturais ou artificiais, temporárias ou permanentes, estacionárias ou correntes, doces, salobras ou salgadas, incluindo estuários, manguezais e pântanos (Zedler & Kercher, 2005).

A hidrologia das áreas úmidas é definida pelo hidroperíodo (profundidade, duração e frequência de inundação e saturação do solo), hidrodinâmica (direção e velocidade do movimento da água) e fonte de água (água superficial ou subterrânea), que por sua vez, controlam as características biogeoquímicas dos solos (Reddy & DeLaune, 2008; Zou et al., 2009). Essas características irão refletir nas formas de ferro e de manganês, cuja presença

e grau de cristalinidade irão determinar o grau de pedogênese e reatividade química desses solos.

O ferro é um dos principais elementos encontrados nos solos, e é liberado durante a alteração de rochas e solos, e participa da neoformação mineral, desempenhando assim um papel crucial na diferenciação dos solos (Fekiacova et al., 2013). O ferro ocorre nos solos em várias formas: associado aos minerais silicatados primários e secundários, nos oxihidróxidos de diferentes graus de cristalinidade e nos complexos organometálicos (Wiederhold et al., 2007).

Para determinar a alocação desse elemento nas formas geoquímicas predominantes, a técnica de dissolução seletiva tem sido empregada por vários pesquisadores (Claff et al., 2010; Igwe et al., 2010), e é baseada no uso de reagentes ácidos, alcalinos, redutores ou complexantes, utilizados para dissolver seletivamente frações minerais com diferentes graus de cristalinidade (Rao et al., 2008).

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo determinar os teores de ferro distribuídos nas diferentes formas extraíveis em solos de áreas úmidas, como o Pantanal norte mato-grossense.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado no Pantanal de Barão de Melgaço, sub-região do Pantanal Norte Mato-grossense, em uma reserva particular do patrimônio natural (RPPN), com vinte perfis de solos representativos de áreas úmidas (Figura 1, Tabela 1).

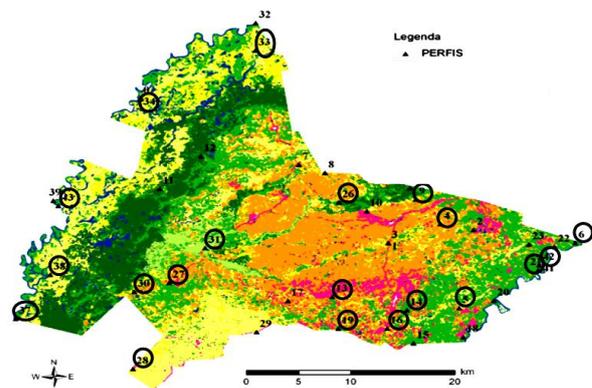


Figura 1 – Área de estudo no Pantanal de Barão



de Melgaço (adaptado de Beirigo et al., 2010).

Tabela 1 – Classes gerais dos solos e respectivos perfis em estudo.

Classe de solo	Sigla	Perfis
Cambissolos Flúvicos	CYve	P34 - P37 - P05 - P06
Gleissolos Háplicos	GXal	P38 - P33
Luvissolo Crômico	TCp	P16
Luvissolo Háplico	TXp	P28
Neossolo Flúvico	RYve	P42
Neossolo Quartzarênico	RQg	P21 - P30
Planossolos Háplicos	SX	P13 - P43 - P04 - P19
Planossolo Nátrico	SN	P09
Plintossolos Argilúvicos	FT	P31 - P14 - P27
Plintossolo Pétrico	FF	P26

De cada perfil, foram analisados os horizontes subsuperficiais (B ou C), quanto aos teores dos elementos extraíveis. A metodologia empregada foi a dissolução seletiva (ou extração simples), onde a cada porção de amostra foi adicionado um reagente específico para determinada fração, e no extrato diluído foi determinada a concentração do elemento (ferro ou manganês) por Espectrofotometria de Absorção Atômica, em equipamento da marca Varian modelo SpectrAA-240 com chama ar-acetileno, do Laboratório de Solos da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade Federal de Mato Grosso.

Os protocolos analíticos basearam-se em Pansu & Gautheyrou (2006) e Carter & Gregorich (2008) conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Protocolo analítico de dissolução seletiva das formas extraíveis de ferro nos solos em estudo.

Forma de Fe	Fração extraível	Extrator e condições operacionais	Referência
Fe _{dcdb}	Ligados aos óxidos bem cristalizados	Solução tampão ditionito-citrato-bicarbonato de sódio; 75 °C	Mehara & Jackson (1960)
Fe _{ox}	Ligados aos óxidos mal cristalizados ou de baixa cristalinidade	Solução de oxalato ácido de amônio 0,2 mol L ⁻¹ ; no escuro; temperatura ambiente.	McKeague (1967)
Fe _{pi}	Ligados à matéria orgânica	Solução de pirofosfato de sódio 0,1 mol L ⁻¹ ; pH = 10 e temperatura ambiente	McKeague et al. (1971)

Para avaliação da relação entre as formas extraíveis de ferro e alguns atributos dos solos utilizaram-se correlações de Pearson a 95% de significância, por meio do programa estatístico XLSTAT 2011.1.01 (Addinsoft).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de Fe_{dcdb} representou, em média, 46% do Fe total, variando de 1,94 a 108,56 g kg⁻¹ em

subsuperfície, com maiores valores no Plintossolo Argilúvico (perfil P27), tal como observado para o Fe_t, indicando maior grau de pedogênese nesse perfil (Figura 2).

Os resultados demonstram que o ambiente redox influencia o teor de óxidos de ferro pedogênicos, pois nos solos onde a drenagem é mais restrita e o teor de argila é maior, como nos Plintossolos Argilúvicos, os maiores teores de Fe_{dcdb} podem ser atribuídos à redução e posterior precipitação do ferro na forma de nódulos sob condições intermitentes de oxidação e redução. Por outro lado, a alternância das condições redox em ambientes sazonalmente inundados como o Pantanal, dificulta o processo de cristalização dos minerais de ferro conferindo maior reatividade química ao solo (Kämpf & Curi, 2000). Os teores de Fe_{ox} representaram 13% do Fe total, em média, e variaram de 0,11 g kg⁻¹ (nos Neossolos) a 13,33 g kg⁻¹ (nos Cambissolos Flúvicos), em função do desenvolvimento pedogenético incipiente nesses solos.

Nos solos do Pantanal, o teor de ferro associado à matéria orgânica (Fe_{pi}) variou de 0,43 g kg⁻¹ (nos Neossolos) a 14,25 g kg⁻¹ (nos Cambissolos), compondo 17% do Fe total dos solos. Os maiores teores são encontrados no Planossolo Háplico (perfil P19), Cambissolo Flúvico (perfil P37) e Luvissolo Crômico (perfil P16), possivelmente em razão da mobilidade dos compostos organometálicos no perfil uma vez que os teores foram determinados nos horizontes B dos solos.

Na maioria dos solos o conteúdo médio de Fe extraído com pirofosfato de sódio (Fe_{pi}) foi maior que extraído com oxalato de amônio (Fe_{ox}), indicando predomínio das formas organicamente complexadas em relação às formas inorgânicas de baixa cristalinidade, mesmo em solos onde o teor de carbono orgânico foi baixo. Zanelli et al. (2007) argumentam que este fenômeno é muitas vezes encontrado em solos ricos em complexos organometálicos, como os solos das áreas úmidas.

A análise de correlação das variáveis explicativas da geoquímica do Fe nos horizontes subsuperficiais revela que o teor de ferro associado aos óxidos pedogênicos (Fe_{dcdb}) e o Fe_t correlacionaram significativamente com o teor de argila dos solos ($r = 0,40$ e $0,43$; $p < 0,01$), indicando mobilização do Fe com a argila, bem como demonstra a predominância dos óxidos de Fe na mineralogia da fração argila dos solos (Igwe et al., 2010).

Observa-se que o carbono orgânico correlacionou-se com os óxidos de Fe mal cristalizados (Fe_{ox}) ($r = 0,41$; $p < 0,01$), indicando que a matéria orgânica influencia na cristalinidade das formas inorgânicas do ferro e atua na



disponibilidade do elemento pela formação de compostos organometálicos, inclusive em subsuperfície nesses solos. Além da matéria orgânica que retarda ou inibe o processo de cristalização, percebe-se também o efeito do regime hídrico desses solos, que podem permanecer saturados ou inundados por períodos prolongados, resultando condições temporariamente redutoras, dificultando a oxidação e cristalização dos minerais de ferro e de manganês.

CONCLUSÕES

Nos solos do Pantanal a influência da matéria orgânica é significativa, mesmo em perfis com baixo teor de carbono orgânico total, tendo em vista que o ferro associado à matéria orgânica (Fe_{pi}) constitui quantitativamente a segunda fração geoquímica encontrada na maioria dos perfis.

A distribuição das formas pouco cristalinas dos óxidos de ferro nos solos é devida à alternância das condições de oxidação e redução, que dificultam o processo de cristalização dos minerais de ferro, aliada à presença de matéria orgânica.

A preservação dos óxidos de ferro de alta cristalinidade nos horizontes subsuperficiais dos solos pode ser atribuída às feições redoximórficas, principalmente nos Plintossolos Argilúvicos, Gleissolos Háplicos e Luvisolos.

REFERÊNCIAS

- BEIRIGO, R. M.; VIDAL TORRADO, P.; STAPE, J. L.; ANDRADE, G. R. P. Solos da Reserva Particular do Patrimônio Natural SESC Pantanal. Rio de Janeiro: SESC, Departamento Nacional, 2010. 76 p.
- CARTER M.R.; GREGORICH, G. Soil Sampling and Methods of Analysis, 2ed., CRC Press Taylor & Francis, Boca Raton, FL, p.1224, 2008.
- CHAO, T. T.; L. ZHOU. Extraction Techniques for Selective Dissolution of Amorphous Iron Oxides from Soils and Sediments¹. Soil Sci. Soc. Am. J., 47:225-232, 1983.
- CLAFF, S.R., SULLIVAN, L.A., BURTON, E.D., BUSH, R.T., A sequential extraction procedure for acid sulfate soils: partitioning of iron. Geoderma, 155:224–230, 2010.
- FEKIACOVA, Z; PICHAT, S.; CORNU, S. & BALESSENT, J. Inferences from the vertical distribution of Fe isotopic compositions on pedogenetic processes in soils. Geoderma, 209–210:110–118, 2013.
- FITAMO, D., ITANA, F., AND OLSSON, M. Total contents and sequential extraction of heavy metals in soils irrigated with wastewater, Akaki, Ethiopia. Environ. Manage., 39:178–193, 2007.
- FONSECA, J. A. & MEURER, E. J. Inibição da absorção de magnésio pelo potássio em plântulas de milho em solução nutritiva. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 21:47-50, 1997.
- IGWE, C.; ZAREI, M.; STAHR, K. Fe and Al oxides distribution in some ultisols and inceptisols of southeastern Nigeria in relation to soil total phosphorus. Environmental Earth Sciences, 60:1103-1111, 2010.
- KÄMPF, N.; CURI, N. Óxidos de ferro: indicadores de atributos de ambientes pedogênicos e geoquímicos. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. et al (Eds.). Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, 2000, p.107-138.
- MCKEAGUE, J. A. An evaluation of 0.1 M pyrophosphate and pyrophosphatedithionite in comparison with oxalate as extractants of the accumulation products in podsoles and in some other soils. Can. J. Soil Sci., 48:27–35, 1967.
- MCKEAGUE, J. A.; BRYDON, J. E. ; MILES, N. M. Differentiation of Forms of Extractable Iron and Aluminum in Soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 35:33-38. 1971.
- MEHRA, O.P.; JACKSON, M.L. Iron oxide removal from soils and clays by dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. In: National Conference on Clays and Clay Minerals, Washington, DC, 1958. Proceedings. New York, Pergamon Press, 1960. p.317-327.
- PANSU M.; GAUTHEYROU, J. Handbook of soil analysis. Mineralogical, organic and inorganic methods. Springer, Berlin, 2006.
- RAO, C.; SAHUQUILLO, A.; LOPEZ SANCHEZ, J. A Review of the Different Methods Applied in Environmental Geochemistry For Single and Sequential Extraction of Trace Elements in Soils and Related Materials. Water, Air and Soil Pollution, 189:291-333, 2008.
- REDDY K.R & DELAUNE, R.D. Biogeochemistry of wetlands: science and applications, CRC Press, 2008.
- WIEDERHOLD, J.G., TEUTSCH, N., KRAEMER, M., HALLIDAY, A.N., KRETZSCHMAR, R. Iron isotope fractionation during pedogenesis in redoximorphic soils. Soil Science Society of America Journal, 71:1840–1850, 2007.
- ZANELLI, R.; EGLI, M.; MIRABELLA, A.; GIACCAI, D.; ABDELMOULA, M. Vegetation effects on pedogenetic forms of Fe, Al and Si and on clay minerals in soils in southern Switzerland and northern Italy. Geoderma, 141:119-129, 2007.
- ZEDLER, J.B. & KERCHER, S. Wetland Resources: status, trends, ecosystem services, and restorability. Annual Review of Environment and Resources 30:39–74, 2005.
- ZOU, Y.; LU, X. & JIANG, M. Dynamics of dissolved iron under pedohydrological regime caused by pulsed rainfall events in wetland soils. Geoderma, 150:46–53, 2009.

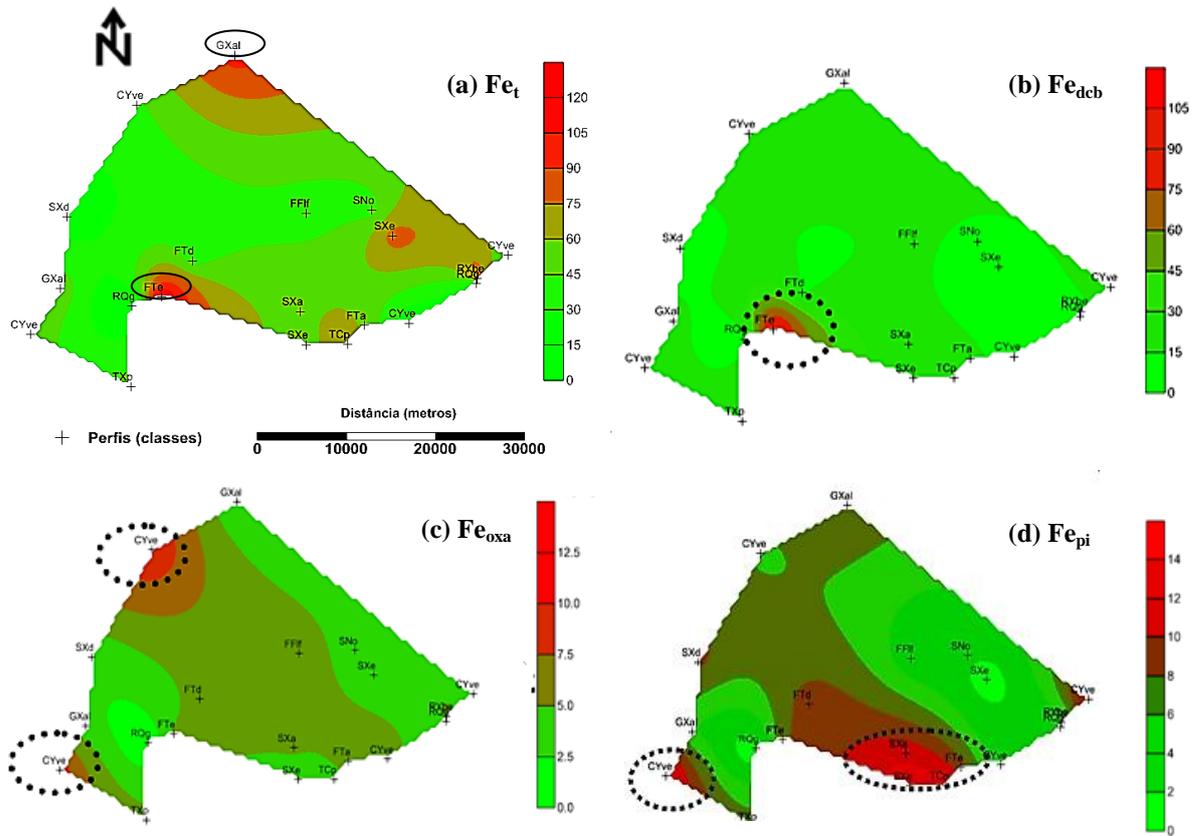


Figura 2 – Distribuição espacial do teor de Ferro total e extraível ($g\ kg^{-1}$) nos horizontes subsuperficiais dos solos do Pantanal mato-grossense.