



Propriedades hidráulicas do solo estimadas pelo Rosetta em área de *Vochysia divergens* Pohl no Pantanal⁽¹⁾.

**Aryadne Márcia Aquino⁽²⁾; Luciana Sanches⁽³⁾;
Fernando Ximenes T. Salomão⁽⁴⁾; Marcelo de Carvalho Alves⁽⁵⁾,
Shozo Shiraiwa⁽⁶⁾; José de Souza Nogueira⁽⁷⁾**

⁽¹⁾Trabalho executado com recursos do Processo CNPq Universal 476880/2010-6 e FAPEMAT Universal 006/2010

⁽²⁾Doutoranda; Universidade Federal de Mato Grosso; Cuiabá, Mato Grosso; aryadneaquino@gmail.com; ⁽³⁾Professora; Universidade Federal de Mato Grosso; ⁽⁴⁾Professor; Universidade Federal de Mato Grosso; ⁽⁵⁾Professor; Universidade Federal de Lavras; ⁽⁶⁾Professor; Universidade Federal de Mato Grosso; ⁽⁷⁾Professor; Universidade Federal de Mato Grosso.

RESUMO: Este trabalho tem por objetivo avaliar a distribuição espacial no horizonte superficial do solo e a determinação das suas propriedades hidráulicas utilizando Rosetta em área com dominância de *Vochysia divergens* Pohl no Pantanal Mato Grossense. Na área foram delimitados cinco transectos com 11 locais de observação em cada transecto, tendo em vista a determinação das características físicas do solo a uma profundidade de 0 a 10 cm e a descrição e amostragem em 4 trincheiras com profundidade até 1,70 m, além de dados de densidade aparente do solo. Mapas gerados por krigagem ordinária apresentaram a distribuição espacial com dependência espacial, indicando a heterogeneidade da área. As propriedades físicas do solo foram introduzidas ao módulo Rosetta – software HYDRUS-1D para a estimativa das propriedades hidráulicas do solo. Por meio dos resultados, conclui-se que o solo na área em estudo do Pantanal apresentou alto teor de argila e baixos valores de conteúdo de água e de condutividade hidráulica saturada.

Termos de indexação: áreas alagáveis, condutividade hidráulica; HYDRUS-1D; solo tropical.

INTRODUÇÃO

Os solos em ambiente saturado em água estão sujeitos à alternância natural de períodos de alagamento e secamento que os conduzem a uma formação e características diferenciadas, pois estes solos guardam estreita relação com a natureza do material de origem e com os processos de deposição e sedimentação (Coringa et., 2012). Os tipos de interação entre a dinâmica da água do solo e as áreas alagavam dependem da localização geomorfológica da área, influenciando nas interações entre as propriedades hidráulicas e hidrológicas.

Embora as propriedades hidráulicas do solo possam ser medidas diretamente, podem-se utilizar as funções de pedotransferência que preveem as propriedades hidráulicas a partir das coletas de solo

em visitas de campo, podendo ser uma boa alternativa, visto que a medição direta pode tornar-se dispendiosa e demorada para a determinação destas propriedades (Wösten et al., 1999), e por vezes os resultados obtidos não serem confiáveis, devido à heterogeneidade do solo associado e erros experimentais (Aimrun & Amin, 2009).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição da textura do solo e a determinação das propriedades hidráulicas do solo utilizando Rosetta-HYDRUS-1D em área com dominância de *Vochysia divergens* Pohl no Pantanal Mato Grossense.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição do local de estudo

Este estudo foi desenvolvido em uma área situada dentro da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) do Serviço Social do Comércio (SESC) localizada entre as latitudes 16° 29' 04" S e 16° 29' 10" S e longitudes 56°25'25" O e 56°25'39" O, aproximadamente 160 km de Cuiabá - Mato Grosso no Norte do Pantanal.

Propriedades físicas do solo

A textura do solo e densidade aparente do solo foram realizadas com amostragem do solo em uma profundidade de 0-10 cm em 55 pontos distribuídos em 5 transectos (A, B, C, D e E) (**Figura 1**) em dezembro de 2011 e julho de 2012.

Também foram coletadas amostragens em quatro trincheiras entre os transectos para determinação da textura do solo no perfil do solo, as profundidades de amostragem da Trincheira 1 foram: 0 a 15 cm, 15 a 30 cm, 30 a 120 cm e 120 a 170 cm; Trincheira 2 foram 0 a 10 cm, 10 a 30 cm, 30 a 170 cm, Trincheira 3 foram 0 a 10 cm, 10 a 30 cm e 30 a 170 cm e Trincheira 4 foram 0 a 10 cm, 10 a 30 cm, 30 a 120 cm e 120 a 170 cm.

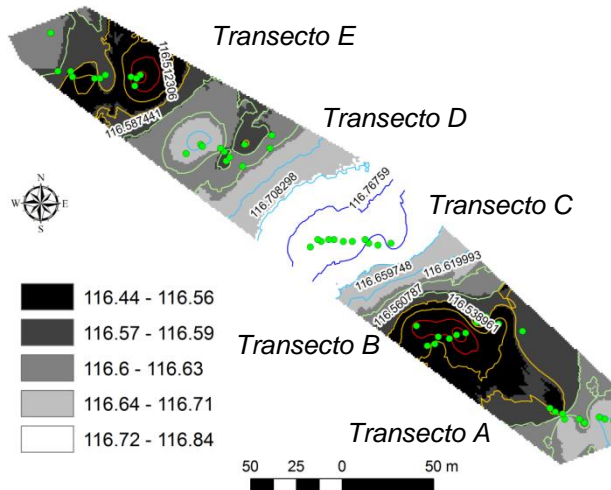


Figura 1. Localização dos pontos de amostragem do solo (círculos fechados verdes) definidos em cinco transectos de 11 pontos sobrepostos à carta de altitude (m).

Análise geoestatística

A textura do solo e as coordenadas geográficas foram consideradas como variáveis regionalizadas que podem variar continuamente no espaço geográfico. A semi-variância é a ferramenta que foi utilizada para representar a dimensão e estrutura da variabilidade espacial (Mesev, 2007). O modelo de variograma ajustado descreve os padrões espaciais e prevê os valores das variáveis nos locais não amostrados por meio da krigagem. Neste estudo, um modelo exponencial foi ajustado pelo método dos mínimos quadrados ordinários, e os dados foram interpolados por krigagem ordinária. O pacote de software estatístico R e pacote de análise geoestatística geo-R (Ribeiro & Diggle, 2001) foram utilizados durante a análise.

Estimativa das propriedades hidráulicas do solo usando Rosetta

As propriedades hidráulicas do solo de acordo com o modelo de van Genuchten-Mualem (van Genuchten, 1980) foram simuladas por meio do modelo HYDRUS-1D versão 5.0 (Šimůnek et al., 1999) que utilizou o pacote Rosetta para simulação das propriedades hidráulicas do solo saturado utilizando dados da textura do solo para determinar as funções de pedotransferência utilizando abordagens matemáticas, estatísticas e análise de redes neurais (Schaap et al., 1998, 2001).

Rosetta é um algoritmo que calcula os parâmetros de retenção de água no solo, K_s , é a condutividade hidráulica insaturada utilizando funções de pedotransferência hierárquicos baseados em cinco níveis de entrada de dados.

No Rosetta, a relação entre θ e a altura de sucção de água (h), ou seja, a retenção de água $[\theta(h)]$, bem como da condutividade hidráulica saturada e insaturada, são descritos com a bem conhecida equação Mualem-Van Genuchten dada pela Eq. (1),

$$\theta(h) = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{[1 + (\alpha h)^n]^m} \quad (1)$$

em que, $\theta(h)$ é o conteúdo volumétrico de água no solo ($m^3 m^{-3}$) para uma determinada altura de sucção h (cm); θ_s e θ_r são conteúdo de água no solo saturado e residual ($m^3 m^{-3}$) a $h = 0$ cm e -15.000 cm, respectivamente; α (> 0 , em cm^{-1}) está relacionada com o inverso da entrada de sucção de ar; e n (> 1) é uma medida da distribuição de tamanho de poros de $m=1-1/n$. A condutividade hidráulica insaturado, $K(S_e)$, é descrito com o modelo de Mualem-Van Genuchten, conforme Eq. (2),

$$K(S_e) = K_0 S_e^L \left[1 - \left(1 - S_e^{\left(\frac{n}{n-1} \right)} \right)^m \right]^2 \quad (2)$$

em que, K_0 é um valor associado ao valor de K a saturação ($cm d^{-1}$), podendo ser similar, mas sendo considerada igual a K_s , e L é um fator de conectividade dos poros (negativa na maioria dos casos). A saturação efectiva (S_e) é dada pela Eq. (3),

$$S_e = \frac{(\theta(h) - \theta_r)}{(\theta_s - \theta_r)} = \left[\frac{1}{1 + (\alpha x h)^n} \right]^m \quad (3)$$

Portanto, a condutividade hidráulica relativa $K_r(h)$ é dada pela Eq. (4),

$$K_r(h) = \frac{[1 - (\alpha x h)^{n-1} [1 + (\alpha x h)_n]^m]^2}{[1 + (\alpha x h)^n]^m} \quad (4)$$

que é uma função dada pelo quociente da função da produtividade hidráulica, $K(h)$ para condutividade hidráulica saturada, K_s . Em resumo, os sete parâmetros calculados com o Rosetta são: θ_r , θ_s , α , n , K_s , K_0 e L .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo o triângulo de classificação textural de solos (Lemos & Santos, 1984), os solos da área em estudo a uma profundidade de 0 a 10 cm foram classificados em franco argiloso e argiloso nos Transectos A, B, C e D e como argiloso e muito argiloso no Transecto E. Considerando os perfis do solo distribuídos entre os transectos, os solos foram classificados como argiloso e franco-argiloso

(Trincheira A-B, B-C, C-D) e como franco-argiloso, argilo-arenoso e franco-arenoso (Trincheira D-E) à medida que aumenta a profundidade do solo (**Figura 2**).

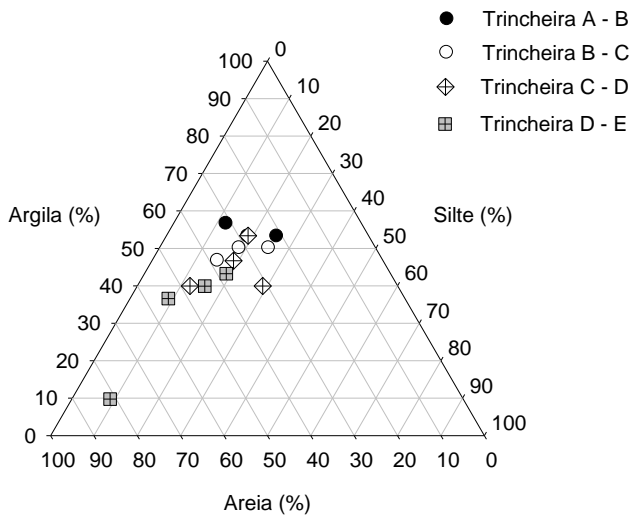


Figura 2. Triângulo de textura do solo em perfis com profundidade até 1,70 m localizados entre os transectos A-B, B-C, C-D e D-E em área de *V. divergens* Pohl no Pantanal.

A **Figura 3** apresenta mapas de distribuição espacial da textura do solo em área de *Vochysia divergens* Pohl no Pantanal utilizando a krigagem ordinária como interpolador. A dependência espacial das variáveis foi constatada por meio dos modelos variográficos, indicando que o solo da área estudada não possui um padrão homogêneo de distribuição.

A área em estudo apresenta uma leve variação no relevo em 40 cm, com maiores cotas na área do Transecto C, local com maiores teores de silte e menores teores de argila. Maiores teores de argila foram observados na área do Transecto E.

As **Figuras 4 e 5** apresentam o conteúdo de água no solo e a condutividade hidráulica no solo, respectivamente, nos transectos A, B, C, D e E.

Tanto o conteúdo de água no solo e a condutividade hidráulica tendem a crescer do Transecto A em direção ao Transecto E.

As propriedades físicas do solo, como a textura, afetam a movimentação de íons no solo, assim como, a densidade influencia na permeabilidade do solo pelo maior ou menor espaço poroso definindo o espaço do solo ocupado por ar e água entre micro e macroporos. Solos argilosos têm maior porosidade total e grande quantidade de microporos, enquanto que os solos arenosos têm grande volume de macroporos (Meurer, 2006). Conseqüentemente, as

propriedades hidráulicas do solo respondem da mesma maneira. Muitos ambientes de áreas alagadas possuem baixa condutividade hidráulica (Berry et al., 2011).

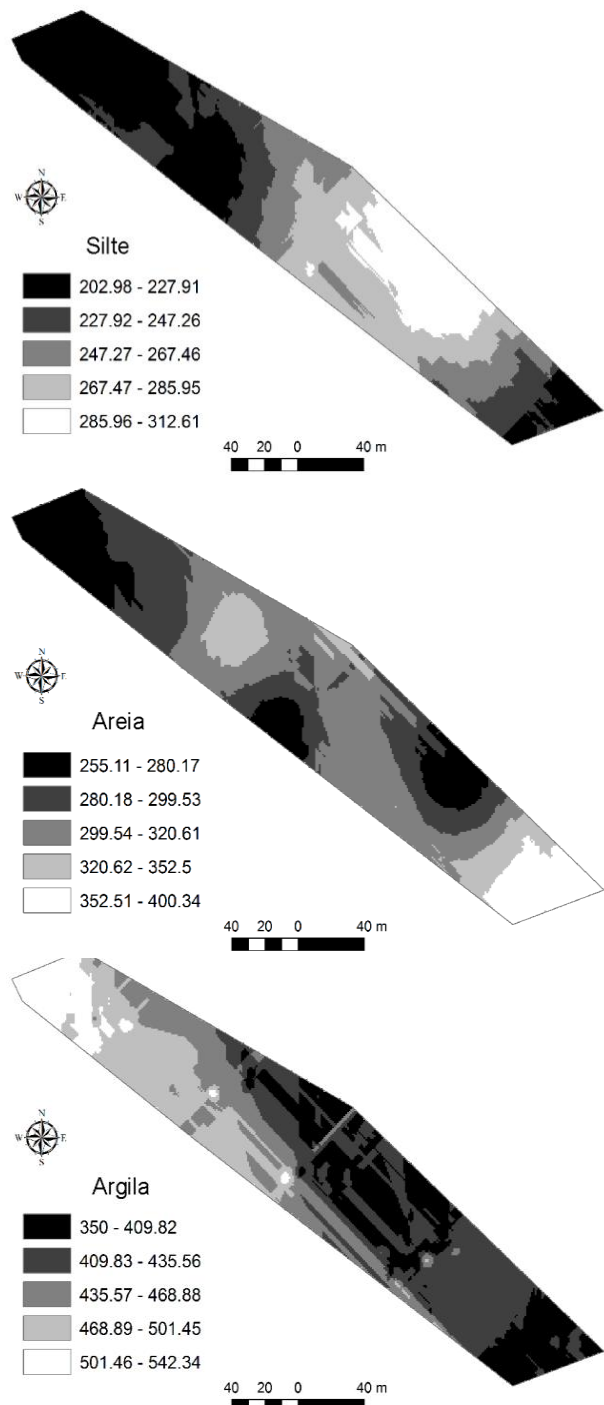


Figura 3. Mapas da distribuição de silte, areia e argila ($g\ Kg^{-1}$) em área de *V. divergens* Pohl no Pantanal.

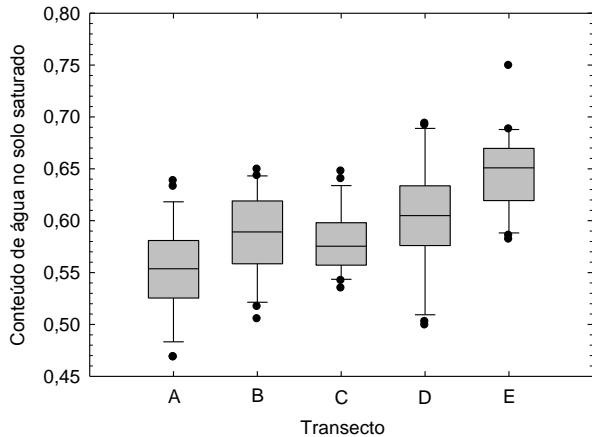


Figura 4. Conteúdo de água no solo saturado ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) nos transectos A, B, C, D e E em área de *V. divergens* Pohl no Pantanal.

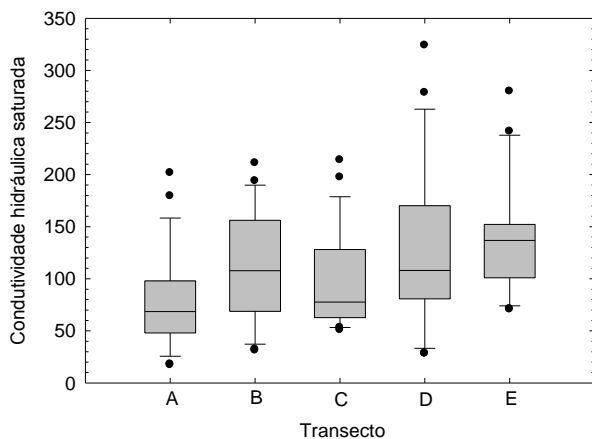


Figura 5. Condutividade hidráulica saturada no solo ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) nos transectos A, B, C, D e E em área de *V. divergens* Pohl no Pantanal.

CONCLUSÕES

Conclui-se que o solo na área do Pantanal em estudo apresentou alto teor de argila, com tendência a argiloso, dependência espacial e baixos valores de conteúdo de água no solo saturado e de condutividade hidráulica saturada.

REFERÊNCIAS

AIMRUN, W.; AMIN, M. S. M. Pedo-Transfer Function for Saturated Hydraulic Conductivity of Lowland Paddy Soils. *Paddy Water Environment*, 7: 217-225, 2009. doi:10.1007/s10333-009-0165-y.

BERRY, L. E.; MUTITI, S.; HAZZARD, S. Determining the Hydraulic Conductivity of the Subsurface in Wetland Environments. In: *American Geophysical Union, Fall Meeting*, H33E-1353, 2011.

CORINGA, E. A. O.; COUTO, E. G.; PEREZ, X. L. O.; TORRADO, P. V. Atributos de solos hidromórficos no Pantanal Norte Matogrossense *Acta Amazônica*, 42: 1, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-5967201200010000>

LEMO, R.C.; SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 2.ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Embrapa-SNLC, 1984, 46p.

MESEV, V. *Integration of GIS and Remote Sensing*. Chichester: John Wiley & Sons, 2007.

MEURER, E. J. *Fundamentos da química do solo*. 3. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006.

RIBEIRO JR., P.J. geoR: a package for geostatistical analysis *R-NEWS*, 1/2: 15-18, 2001.

SCHAAP, M. G.; LEIJ, F. J.; VAN GENUCHTEN, M. T. Neural network analysis for hierarchical prediction of soil water retention and saturated hydraulic conductivity. *Soil Science Society of America Journal*, 62:847-855, 1998.

SCHAAP, M. G.; LEIJ, F. J.; VAN GENUCHTEN, M. T. Rosetta: A computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions, *Journal of Hydrology*, 251:163-176, 2001.

ŠIMŮNEK, J., ŠEJNA, M.; VAN GENUCHTEN, M. T. The HYDRUS-1D software package for simulating the one-dimensional movement of water, heat, and multiple solutes in variably-saturated media, Version 2.0, IGWMC-TPS-70, Int, Ground Water Modeling Ctr., Colorado School of Mines, Golden, 1999.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, 44:892-898, 1980.

WÖSTEN, J.H.M., LILLY A., B. A. NEMES C, C. LE BAS, C. Development and use of a database of hydraulic properties of European soils. *Geoderma*, 90:169-185, 1999.