

Distribuição da porosidade textural e estrutural em solos de Terra Preta Antropológica⁽¹⁾

Sueli Rodrigues⁽²⁾; Katiane Raquel Mendes Barros⁽³⁾, Herdjania Veras de Lima⁽⁴⁾, Dirse Clara Kern⁽⁵⁾, Antonia Kilma de Melo Lima⁽⁶⁾

(1) Trabalho executado com recursos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

(2) Estudante de pós-doutorado, Universidade Federal Rural da Amazônia; Belém; Pará; rodsueli@gmail.com; (3) Estudante de doutorado; Universidade Federal Rural da Amazônia; (4) Professora; Universidade Federal Rural da Amazônia; (5) Pesquisadora; Museu Paraense Emílio Goeldi; (6) Estudante de doutorado; Universidade Federal Rural da Amazônia.

RESUMO: As Terras Pretas Arqueológicas (TPA) são parcelas de solos com horizonte A antrópico com alto conteúdo de carbono orgânico, de cor escura e elevada fertilidade. Pouco se sabe sobre as características físicas desses solos, principalmente com relação a sua estrutura e espaço poroso. A hipótese deste trabalho é de que a distribuição do espaço poroso estrutural e textural em solos de TPA são similares independente da textura. Assim, objetivou-se avaliar o espaço poroso de solos de TPA, com diferentes classes texturais, utilizando um modelo duplo-exponencial. Foram amostrados quatro sítios arqueológicos com granulometria variável, nos municípios de Melgaço e Igarapé-Açu, estado do Pará. Amostras deformadas e indeformadas foram coletadas na profundidade de 0,10 m. Os solos apresentaram textura variando de franco arenosa a franco argilo arenosa. A equação duplo-exponencial permitiu a diferenciação dos poros texturais e estruturais para os sítios de TPA. Apesar da variação de classes texturais, os sítios de TPA não diferiram em relação porosidade textural e apenas o sítio 1 (S1) apresentou maior espaço poroso estrutural. As proporções de poros texturais e estruturais não influenciaram a densidade do solo, no entanto, os poros texturais foram positivamente relacionados ao conteúdo de matéria orgânica no solo.

Termos de indexação: Terra Preta de Índio. Retenção de água no solo. Matéria orgânica.

INTRODUÇÃO

Na Amazônia brasileira os solos denominados Terra Preta Arqueológica (TPA), apresentam atributos químicos e físicos distintos dos solos não antropogênicos adjacentes a eles (Lehmann et al., 2003). Fisicamente, em geral, estes solos são bem drenados, com alta porosidade total e boa aeração, além de baixa densidade.

O espaço poroso do solo é um atributo indicador da sua qualidade física e pode ser dividido em estrutural e textural e, normalmente são avaliados pela curva de retenção de água no solo. Dexter et

al. (2008) propuseram um modelo para avaliar a natureza bimodal do espaço poroso do solo.

A hipótese deste trabalho é de que a distribuição do espaço poroso estrutural e textural em solos de TPA são similares independentemente da sua textura. Assim, objetivou-se avaliar o espaço poroso de solos de TPA, com diferentes classes texturais, utilizando um modelo duplo-exponencial.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostras de solo foram coletadas em quatro áreas com solos classificados como Latossolo Amarelo (Embrapa, 2006), com horizontes A antrópicos e identificados como TPA. Os sítios S1, S2 e S3 estão localizados na Floresta Nacional de Caxiuanã, no município de Melgaço/PA enquanto que o sítio S4 no município de Igarapé-Açu/PA. Em cada área foram coletadas, na camada de 0-0,10 m, 15 amostras de solo com estrutura deformada e indeformada, sendo estas últimas coletadas utilizando anéis volumétricos (0,05 m de altura x 0,05 m de diâmetro), totalizando 120 amostras.

As amostras deformadas foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas em malha 2 mm. Foram submetidas a pré-tratamento com peróxido de hidrogênio para remoção da matéria orgânica e determinação da análise granulométrica pelo método da pipeta.

As amostras indeformadas foram saturadas e submetidas aos potenciais mátricos: -10; -20; -30; -40; -50; -60; -70; -80; -90; -100 hPa em mesa de tensão; -250; -500; -1000, -3000 e -15000 hPa em panela de pressão com placa porosa (Klute, 1986). Em seguida, foram levadas à estufa a 105°C por 24 horas para determinação da umidade gravimétrica (θ) e da densidade do solo (D_s). Subamostras foram utilizadas para análise da densidade de partículas.

A curva de retenção de água (CRA) e a distribuição do tamanho dos poros do solo foram ajustados pelo modelo matemático duplo exponencial proposto por Dexter et al. (2008), conforme a equação 1:

$$\theta = C + A_1 e^{(-h/h_1)} + A_2 e^{(-h/h_2)} \quad (1)$$

onde C é a assíntota da equação e corresponde ao conteúdo de água residual. A_1 e A_2 descrevem o



conteúdo de água referente a porosidade textural e estrutural, respectivamente e, h_1 e h_2 correspondem as pressões aplicadas para esvaziar o espaço poroso textural e estrutural. A distribuição do tamanho dos poros foi calculada a partir da diferencial da equação 1.

O diâmetro efetivo dos poros texturais (δ_1) e dos poros estruturais (δ_2), foi calculado usando a equação 2:

$$\delta = \left[\frac{4\sigma}{h} \right] \quad (2)$$

onde σ é a tensão superficial da água a 20°C ($7,29 \times 10^{-2} \text{ Nm}^{-1}$) e o h o potencial mátrico (hPa).

As razões de vazios equivalentes aos poros residuais (e_{residual}), texturais (e_{textural}) e estruturais ($e_{\text{estrutural}}$) foram obtidas através da equação 3:

$$e_{\text{residual}} = C \left[\frac{\rho_s}{\rho_a} \right], e_{\text{textural}} = A_1 \left[\frac{\rho_s}{\rho_a} \right], e_{\text{estrutural}} = A_2 \left[\frac{\rho_s}{\rho_a} \right] \quad (3)$$

onde ρ_s é a densidade de partículas e ρ_a a densidade da água ($1,0 \text{ Mg m}^{-3}$). C , A_1 e A_2 correspondem aos parâmetros de ajuste da equação 1.

A porosidade total (PT) foi calculada a partir da D_s e ρ_s . A microporosidade foi determinada considerando o potencial de -60 hPa em mesa de tensão e a macroporosidade pela diferença entre a PT e a microporosidade (Embrapa, 1997).

Os parâmetros de ajuste da CRA e os atributos físicos do solo foram submetidos à análise de variância (teste F) ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$) utilizando o programa estatístico R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os solos variaram com relação as proporções das partículas minerais primárias (Tabela 1). Não houve relação entre a fração argila e MO ($R^2 = 0,28$), indicando que os maiores conteúdos de MO não estão associados a efeitos da textura. Já a D_s apresentou relação negativa com a MO ($R^2 = 0,97$).

Em geral as curvas apresentaram um decréscimo tênue do θ com a diminuição do h , com exceção do S1, que exibiu uma redução mais acentuada (Figura 1). O maior conteúdo de água residual nos sítios S2 e S3 possivelmente está relacionado ao efeito do conteúdo de silte+argila.

Tabela 1 - Distribuição do tamanho das partículas do solo, conteúdo de matéria orgânica (MO) e densidade do solo (D_s) nos sítios de TPA.

Sítio	Areia	Silte	Argila	MO	D_s
	g kg ⁻¹				Mg m ⁻³
S1	736,82a	140,25c	121,64c	22,24b	1,26ab
S2	453,64c	393,86a	153,41b	24,87a	1,19b
S3	539,29b	247,15b	227,71a	25,79a	1,20b
S4	703,60a	142,94c	154,86b	18,95c	1,34a

N= 15; areia: 2-0,05 mm; silte: 0,05-0,002 mm; argila: < 0,002 mm. Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si a nível de 5% de probabilidade.

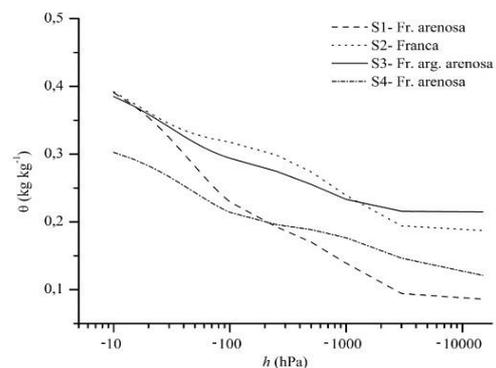


Figura 1 - Curva de retenção de água no solo de sítios (S) de TPA.

As curvas correspondentes à distribuição do tamanho dos poros (Figura 2) mostra que, em geral, os picos correspondentes à porosidade estrutural (A_2) foram superiores aos picos da porosidade textural (A_1), com exceção do S2 de textura franca, que teve predomínio de poros texturais.

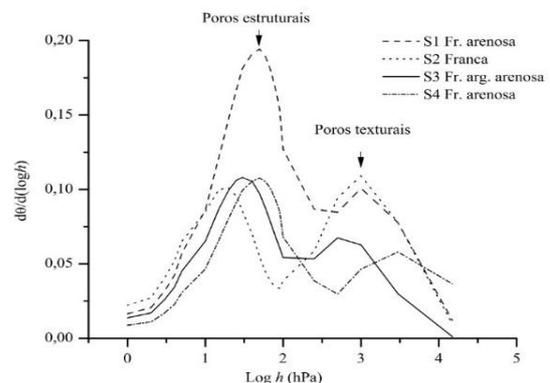


Figura 2 - Distribuição do tamanho dos poros ($d\theta/d(\log h)$) em função do potencial mátrico (h) em solos de TPA.

O sítio S1 apresentou espaço poroso estrutural maior que os demais sítios. Esse resultado mostra que os solos com textura mais arenosa, como o S1, associados à TPA podem exibir melhor estruturação

do solo, quando comparado com aqueles com maior conteúdo de argila.

A altura dos picos da curva diferencial mostra que a porosidade estrutural pode ser maior ou menor que a porosidade textural, para um mesmo tipo de solo (S1 e S4). Esses resultados possivelmente se devem ao tempo de conservação da floresta secundária dos sítios S1 e S4 de 30 e 15 anos, respectivamente, que resultou em um maior acúmulo de MO no S1, influenciando na estrutura desse solo.

A distribuição bimodal do tamanho dos poros com maior pico referente à porosidade estrutural sugere que tratam-se de áreas com prevalência de poros entre os microagregados.

Houve uma forte relação entre o parâmetro C e o conteúdo de argila + silte ($R^2 = 0,82$). A partir dos parâmetros C, A_1 e A_2 (Tabela 2) é possível converter diretamente nas razões de vazios: $e_{residual}$, $e_{textural}$ e $e_{estrutural}$ (Tabela 3). O $e_{textural} + e_{residual}$ estão relacionados com a microporosidade e foi maior que o $e_{estrutural}$ mostrando que a maior parte da PT desses solos é composta por microporos. A soma de todas as razões de vazios (e_{total}) foi maior que uma unidade para a maioria dos sítios, com exceção do S4. Isto significa que a proporção de poros em relação aos sólidos (ρ_s) é maior, o que é evidenciado pela $PT > 50\%$ dessas áreas. Esses valores são comuns em área de TPA como relatado por Santos et al. (2013) e Campos et al. (2011).

Tabela 2 - Parâmetros do ajuste da CRA nos sítios (S) de TPA.

Sítio	C	A_1	A_2	$\log h_1$	$\log h_2$	δ_1	δ_2
	----- g kg ⁻¹ -----			---- hPa ----		---- μm ----	
S1	0,086b	0,134a	0,217a	3,0	1,6	6,8	71,8
S2	0,187a	0,144a	0,115b	3,0	1,2	3,6	184
S3	0,215a	0,089a	0,118b	2,8	1,4	7,2	104
S4	0,121b	0,082a	0,124b	3,4	1,7	2,2	72,7

Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 3 - Valores médios da porosidade total (PT), macroporos (MAC), microporos (MIC) e do volume dos poros residuais ($e_{residual}$), texturais ($e_{textural}$) e estruturais ($e_{estrutural}$) em sítios de TPA.

Sítio	PT	MAC	MIC	$e_{residual}$	$e_{textural}$	$e_{estrutural}$
	----- m ³ m ⁻³ -----					
S1	0,50a	0,18a	0,32c	0,22b	0,34a	0,55a
S2	0,51a	0,13b	0,38a	0,46a	0,35a	0,28b
S3	0,52a	0,15ab	0,37ab	0,54a	0,22a	0,29b
S4	0,46b	0,11b	0,34bc	0,30b	0,20a	0,31b

Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.

A D_s é diretamente relacionada com o volume de poros, portanto, variações na porosidade textural (A_1) e estrutural (A_2) podem acarretar em mudanças na D_s . O efeito dos parâmetros A_1 e A_2 na D_s foi avaliado pela regressão (Figura 3a) e, não foi observada uma relação significativa, dada por:

$$A_1 = 0,553 - 0,353D_s; R^2 = 0,26; F = 4,91^{ns} \quad (4)$$

$$A_2 = 0,194 - 0,045D_s; R^2 = 0,11; F = 0,04^{ns} \quad (5)$$

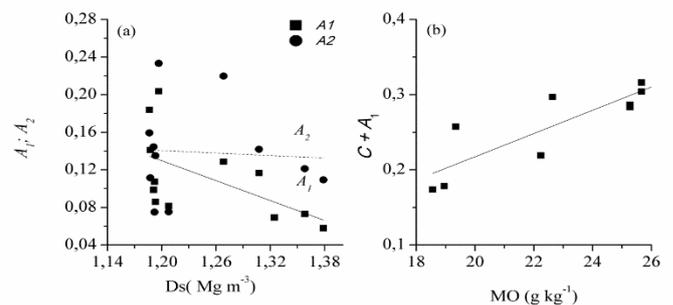


Figura 3 - Variação de A_1 e A_2 em função da densidade do solo (D_s) (a) e $C + A_1$ em função do conteúdo de matéria orgânica (MO) (b) em sítios de TPA.

A baixa relação mostrada na Figura 3a indica que a variação nos valores de D_s não está relacionada com as porosidades A_1 e A_2 , mas, como apresentado, houve uma relação entre a D_s e a MO do solo. Portanto, a quantidade de MO presente nestes sítios influenciou mais significativamente a porosidade do solo, principalmente com relação a $C + A_1$ (Figura 3b). Essa influência pode ser calculada por:

$$C + A_1 = -0,092 + 0,016MO; R^2 = 0,73; F = 24,9^* \quad (6)$$

CONCLUSÕES

O modelo duplo-exponencial utilizado para o ajuste da curva característica de retenção de água no solo evidenciou a diferenciação dos poros estruturais e texturais dos sítios de Terra Preta Arqueológica dos municípios de Melgaço e Igarapé-Açu, Pará.

Apesar da variação de classes texturais, os sítios de TPA não diferiram em relação à porosidade textural e apenas o sítio S1 apresentou maior espaço poroso estrutural.

As proporções de poros texturais e estruturais não influenciaram a densidade do solo, no entanto, os poros texturais foram positivamente relacionados ao conteúdo de matéria orgânica no solo.



AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pela concessão de bolsa ao segundo autor.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, M.C.C. et al. Caracterização e classificação de terras pretas arqueológicas na Região do Médio Rio Madeira. *Bragantia*, 70:598-609, 2011.

DEXTER, A.R. et al. A user-friendly water retention function that takes account of the textural and structural pore spaces in soil. *Geoderma*, 143:243-253, 2008.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos e análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 2112 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. Sistema Brasileiro de Classificação do Solo. 2ª Ed. Rio de Janeiro, 2006.

KLUTE, A. Water retention: laboratory methods. In: KLUTE, A. *Methods of soil analysis. Part 1: Physical and mineralogical methods*, 1986. p. 635- 660.

LEHMANN, J. et al. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant and Soil*, 249:343- 357, 2003.

SANTOS, L.A.C. dos. et al. Caracterização de Terras Pretas Arqueológicas no sul do Estado do Amazonas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37:825- 836, 2013.

**XXXV Congresso
Brasileiro de
Ciência do Solo**

CENTRO DE CONVENÇÕES - NATAL / RN



**O SOLO E SUAS
MÚLTIPLAS FUNÇÕES**
02 a 07 DE AGOSTO DE 2015