

FUNÇÕES DE PEDOTRANSFERÊNCIA NA ESTIMATIVA DA CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO EM ESCALA DE BACIA HIDROGRÁFICA

MIGUEL DAVID FUENTES-GUEVARA¹; LUCIANA MARINI KOPP²; TONISMAR DOS SANTOS PEREIRA³; LUCIANA MONTEBELLO DE OLIVEIRA⁴; LUANA NUNES CENTENO⁵; LUÍS CARLOS TIMM⁶

Universidade Federal de Pelotas - ¹miguelfuge@hotmail.com; ²lucianakopp@gmail.com; ³tonismarpereira@gmail.com; ⁴lu.montebello@gmail.com; ⁵luananunescenteno@hotmail.com; ⁶luisctimm@gmail.com.

1. INTRODUÇÃO

A curva de retenção de água no solo (CRAS) é uma propriedade físico-hídrica importante na tomada de decisões e no estabelecimento de práticas agrícolas relacionadas a irrigação e drenagem, além de ser um importante parâmetro de entrada em modelos que simulam os fluxos superficiais e sub-superficiais de água no solo, transporte de solutos, poluentes e erosão do solo (PINEDA et al., 2018).

Entretanto, a determinação da CRAS demanda tempo e necessita de equipamentos caros para a sua obtenção (BARROS et al., 2013). Neste sentido, métodos alternativos para estimá-la têm sido desenvolvidos, como as Funções de Pedotransferência (FPT). BOUMA (1989) redefiniu o conceito de FPT como sendo “funções que estimam certas propriedades do solo mais dificilmente de serem obtidas a partir de outras propriedades que estão facilmente disponíveis em bancos de dados de solos na literatura”.

Dentro das várias técnicas de elaboração de uma FPT, as regressões lineares múltiplas têm sido usadas em função da sua praticidade e simplicidade, não sendo necessário um conhecimento aprofundado de matemática e estatística. Outros métodos matemáticos, tais como Redes Neurais Artificiais, Árvore de Regressão, Lógica Fuzzy, dentre outros, também sido usados para a elaboração de uma FPT (PADARIAN et al., 2017).

Vários trabalhos têm sido publicados na literatura enfatizando o potencial das FPT em estimar pontos da curva de retenção de água no solo (FPT pontuais) ou estimar os parâmetros de um modelo que descreve a CRAS (FPT paramétricas). Entretanto, a maior parte dessas FPT foram desenvolvidas para solos de clima temperado (OTTONI et al., 2018).

Diante do exposto, este estudo objetivou desenvolver FPT pontuais para estimar o conteúdo de água no solo a partir de outras propriedades determinadas ao longo de uma transeção espacial estabelecida na bacia hidrográfica do Arroio Pelotas.

2. METODOLOGIA

O local de estudo foi a bacia hidrográfica do Arroio Pelotas (BHAP), considerando-se a área de drenagem à montante da seção de controle Ponte Cordeiro de Farias (PCF). A partir da BHAP-PCF foi estabelecida uma transeção espacial de 25 km onde foram demarcados 100 pontos amostrais, equidistantes entre si de 250 m.

Em cada ponto da transeção, foram coletadas amostras de solo deformadas, camada de 0 - 0,20 m, para determinar as frações texturais (argila, areia e silte) e o teor de carbono orgânico. Também foram coletadas em cada ponto e na mesma camada de solo, amostras de solo com estrutura preservada usando anéis

volumétricos para determinar a densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total, macro e microporosidade e para elaboração da curva de retenção de água no solo nas tensões de 0, 1, 6, 10, 33, 100 e 1.500 kPa. As metodologias de determinações de todas as variáveis podem ser encontradas em EMBRAPA (1997).

O banco de dados de solo (100 observações de cada variável) foi dividido em dois conjuntos. O primeiro conjunto foi constituído com 75% dos dados utilizados para a construção das FPT e os 25% restantes foram utilizados para a validação das FPT geradas. O coeficiente de correlação de *Pearson* (ao nível de 5% de probabilidade) foi usado para avaliar a correlação entre os valores dos conteúdos de água volumétricos (adotadas como variáveis respostas neste estudo) nas diferentes tensões e as demais variáveis (frações argila, silte e areia, macro e microporosidade, porosidade total e carbono orgânico do solo, densidade do solo e de partículas) do primeiro conjunto de dados adotadas como independentes no intuito de selecionar quais propriedades físico-químicas que proporcionassem maior correlação linear. Uma vez selecionadas as variáveis que foram correlacionadas significativamente com as variáveis respostas, foram construídas regressões lineares múltiplas para estimar essas variáveis, as quais foram avaliadas mediante o cálculo das medidas estatísticas coeficiente de determinação (R^2), erro médio (ME) e raiz quadrada do erro médio ao quadrado (RMSE).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise exploratória (Tabela 1) pode se observar que os dois conjuntos de dados apresentaram semelhança entre si, decorrente da aleatoriedade na seleção a partir do banco de dados original. As amostras de solo da transeção da BHAP apresentaram valores médios das frações texturais de 62, 19 e 17 % para as partículas areia, silte e argila, respectivamente, enquadrando-se os solos da transeção na classe textural franco-arenosa. Os valores médios das demais propriedades físico-químicas do solo nos dois bancos estiveram dentro dos valores normais representativos dos solos de textura franco-arenosa do clima tropical.

Tabela 1. Valores máximos, mínimos e médios das variáveis utilizadas para gerar e validar as FPT.

Variáveis	Banco utilizado para gerar FPT			Banco utilizado para validar FPT		
	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média
θ_{-1} (kPa)	0,2756	0,6967	0,3951	0,2272	0,4849	0,3754
θ_{-6} (kPa)	0,1532	0,6467	0,2910	0,1885	0,4184	0,2868
θ_{-10} (kPa)	0,1509	0,6263	0,2748	0,1576	0,3988	0,2707
θ_{-33} (kPa)	0,0380	0,5899	0,2424	0,1240	0,3824	0,2239
θ_{-100} (kPa)	0,0146	0,5660	0,2077	0,1052	0,2973	0,1924
θ_{-1500} (kPa)	0,0146	0,5177	0,1810	0,0558	0,2759	0,1694
Dp (Mg m ⁻³)	2,33	2,84	2,57	2,35	2,68	2,57
Ds (Mg m ⁻³)	1,06	1,68	1,43	1,08	1,67	1,43
Mi (m ³ m ⁻³)	0,1218	0,4269	0,2854	0,0818	0,3894	0,2608
Ma (m ³ m ⁻³)	0,0085	0,3321	0,1562	0,0175	0,3161	0,1819
PT (%)	30,14	57,21	44,16	35,06	58,26	44,27
Areia (%)	42,97	83,73	62,25	35,70	91,57	64,17
Argila (%)	6,97	32,53	17,63	6,54	27,42	17,11
Silte (%)	9,30	35,62	20,12	1,49	42,28	18,72
C (%)	1,91	3,20	2,30	1,91	3,07	2,31

θ_{-1} , θ_{-6} , θ_{-10} , θ_{-33} , θ_{-100} , θ_{-1500} , - Umidade volumétrica nos potenciais matriciais de -1, -6, -10, -33, -100 e -1500 kPa, respectivamente; Dp – densidade de partículas; Ds – densidade do solo; Mi – microporosidade; Ma – macroporosidade; PT – porosidade total; C – carbono orgânico do solo.

A correlação realizada entre as propriedades físico-químicas e as variáveis respostas mostrou que os baixos valores de correlação podem ter relação com a grande variabilidade dos atributos que existe ao longo da transeção da BHAP. Observando o comportamento das correlações a microporosidade foi a que melhor se correlacionou com a umidade nos potenciais altos de -1 e -6 kPa, apresentando também boas correlações com a retenção de água nos demais potenciais (Tabela 2). Nos potenciais intermediários e baixos (-10 até -1500 kPa) as propriedades que tiveram maior correlação com a retenção de água no solo, foram a microporosidade e as frações texturais areia e silte (Tabela 2).

Nota-se que à medida que se reduz o potencial matricial, a correlação com os atributos microporosidade, areia e silte aumenta (Tabela 2) encontrando-se resultados semelhantes aos reportados por MICHELON et al. (2010). Isto decorre da importância da área superficial específica das partículas e dos microporos do solo em reter a água em potenciais mais baixos. Segundo AULER et al. (2017) nos altos potenciais matriciais a retenção da água no solo é dada principalmente pelas forças capilares a qual é influenciada pela estrutura do solo, pelo contrário nos baixos potenciais a força atuante na retenção da água é a adsorção dependente da textura e da superfície das partículas do solo.

A semelhança do estudo de MICHELON et al. (2010) com o presente estudo, as avaliações das variáveis respostas foram realizadas em amostras indeformadas, o que confirma que a geração das FPT a partir desse banco de dados deve constar não somente a textura senão também os atributos que estão relacionados com a estrutura do solo.

Tabela 2. Coeficiente de correlação de *Pearson* (ao nível de 5% de probabilidade) entre as variáveis e os potenciais matriciais do banco de dados utilizados para gerar as FPT na BHAP

Variáveis	Potenciais matriciais (kPa)					
	-1	-6	-10	-33	-100	-1500
Dp (Mg m ⁻³)	0,11	0,04	0,01	-0,01	0,03	0,06
Ds (Mg m ⁻³)	-0,26	-0,04	-0,02	0,01	0,07	0,06
Mi (m ³ m ⁻³)	0,42	0,60	0,57	0,49	0,51	0,52
Ma (m ³ m ⁻³)	-0,15	-0,47	-0,46	-0,42	-0,48	-0,46
PT (%)	0,30	0,05	0,02	-0,02	-0,06	-0,04
Areia (%)	-0,29	-0,53	-0,58	-0,53	-0,53	-0,55
Argila (%)	0,15	0,35	0,43	0,40	0,41	0,43
Silte (%)	0,32	0,54	0,53	0,48	0,48	0,49
C (%)	0,22	0,27	0,32	0,27	0,26	0,29

Dp – densidade de partículas; Ds – densidade do solo; Mi – microporosidade; Ma – macroporosidade; PT – porosidade total; C – carbono orgânico do solo.

As FPT geradas a partir das melhores correlações entre as propriedades físico-químicas e as variáveis respostas e seus respectivos índices estatísticos são apresentados na Tabela 3.

De forma geral, observa-se que a maioria das FPT geradas contém a microporosidade, areia e silte, exceto no maior potencial matricial (-1 kPa) onde a fração areia não está incluída, entrando no modelo a porosidade total (PT), predominando assim os atributos relacionados com a estrutura do solo sobre os atributos texturais (Tabela 3). Porém essa FPT, durante a sua validação, apresentou baixo potencial de estimação, refletido no baixo valor de R² e os seus altos valores positivos de ME e RMSE, indicando que essa FPT superestima a umidade do solo.

Tabela 3. FPT da BHAP e indicadores estatísticos: coeficiente de determinação (R^2), erro médio (ME) e raiz quadrada do erro meio ao quadrado (RMSE).

Ψ_m	Funções de Pedotransferência	ME	RMSE	R^2
-1	$\theta = 0.1225 + 0.2372Mi + 0.0039PT + 0.0017Silte$	0,013	0,050	0,32
-6	$\theta = 0.0059 + 0.5319Mi + 0.0008Areia + 0.0042Silte$	-0,012	0,039	0,59
-10	$\theta = 0.2254 + 0.3863Mi - 0.0015Areia + 0.0017Silte$	-0,009	0,040	0,63
-33	$\theta = 0.3045 + 0.2403Mi - 0.0023Areia + 0.0007Silte$	0,009	0,041	0,59
-100	$\theta = 0.1793 + 0.2786Mi - 0.0014Areia + 0.0017Silte$	0,002	0,030	0,65
-1500	$\theta = 0.1853 + 0.2652Mi - 0.0018Areia + 0.0015Silte$	-0,002	0,034	0,56

Ψ_m – potencial matricial (kPa); θ – conteúdo de água no solo ($m^3 m^{-3}$); Mi – microporosidade ($m^3 m^{-3}$); PT – porosidade total (%); Silte – porcentagem de Silte (%); Areia – porcentagem de areia (%).

As FPT geradas para os potenciais matriciais -10 e -100 kPa foram as de melhor estimativa, durante a validação dos modelos (Tabela 3), com altos R^2 de 0,63 e 0,65, respectivamente, e predominando na sua composição as propriedades texturais. Contudo, a FPT no potencial de -10 kPa e outras apresentaram ME negativo, indicando que em algumas ocasiões podem subestimar a umidade do solo.

4. CONCLUSÕES

O conteúdo de água no solo na transeção espacial da bacia hidrográfica do Arroio Pelotas pode ser estimado mediante o desenvolvimento de FPT pontuais, porém precisa-se de melhorias na geração dos modelos e o uso de outras metodologias com o intuito de aumentar a acurácia de estimativa.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AULER, A. C.; PIRES, L. F.; PINEDA, M. C. Influence of physical attributes and pedotransfer function for predicting water retention in management systems. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 11, p. 746-751, 2017.
- BARROS, A. H. C. et al. Pedotransfer functions to estimate water retention parameters of soils in northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 37, p. 379-391, 2013.
- BOUMA, J. Using soil survey data for quantitative land evaluation. **Advance in Soil Science**, v. 9, p. 177-213, 1989.
- EMBRAPA. **Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária**. Manual de métodos de análise de solos. 2.ed Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997, 212 p.
- MICHELON, J. M. et al. Funções de pedotransferência para estimativa da retenção de água em alguns solos do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.41, p. 848-853, 2010.
- OTTONI, M. V.; OTTON FILHO, T. B.; SCHAAP, M. L. R. C., LOPES-ASSADA, M. L. C.; FILHO, O. C. R. Hydrophysical database fro Brazilian soils (HYBRAS) and pedotransfer functions for water retention. **Vadose Zone Journal**, v. 17, p. 1-17, 2018.
- PADARIAN, J.; MORRIS, J.; MINASNY, B.; McBRATNEY, A. B. Pedotransfer Functions and soil inference systems. In: McBRATNEY, A. B.; MINASNY, B.; STOCKMANN, U. **Pedometrics**. Sydney: Springer, 2017. Cap 7, p.195–220.
- PINEDA, M. C. et al. Predicting soil water content at - 33 kPa by pedotransfer functions in stoniness 1 soils in northeast Venezuela. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 190, n. 161, p. 1-11, 2018.