



Curva granulométrica gerada pelos métodos do densímetro e da pipeta

Rodrigo Pivoto Mulazzani⁽¹⁾; Paulo Ivonir Gubiani⁽²⁾

⁽¹⁾ Estudante de pós-graduação (mestrado, bolsista CAPES); Universidade Federal de Santa Maria; Santa Maria, RS; rpmulazzani@gmail.com; ⁽²⁾ Professor; Universidade Federal de Santa Maria; paulogubiani@gmail.com.

RESUMO: Funções de pedotransferência física-empíricas para estimar a curva de retenção de água no solo (CRAS) utilizam variáveis preditoras derivadas da curva granulométrica (CG). A área superficial específica (ASE) do solo também está relacionada com a retenção de água e pode ser calculada a partir da CG. Portanto, o objetivo foi avaliar a diferença entre CGs geradas pelo método do densímetro e da pipeta e o efeito sobre a estimativa da CRAS e da ASE. As CGs foram geradas para três solos com textura distinta. As CRAS foram estimadas como proposto por Arya & Paris (1981) e a ASE foi calculada considerando as partículas esféricas e com densidade constante. Houve diferenças significativas entre os métodos para a maioria dos pontos das CGs, principalmente para o solo mais argiloso. Comportamento semelhante foi observado nas CRAS e ASE estimadas, com diferenças maiores quanto maior o conteúdo de argila. O método do densímetro é menos preciso que o método da pipeta e seu uso para construção da CG é restrito a solos de textura não argilosa.

Termos de indexação: curva de retenção, ASE, pedotransferência.

INTRODUÇÃO

A demanda por funções de pedotransferência (FPT) para estimar a curva de retenção de água no solo (CRAS) tem crescido nas últimas décadas (McBratney et al., 2002). Diferentes abordagens são usadas na concepção de FPTs, contudo, modelos físico-empíricos são preferíveis, já que buscam estabelecer relações mecanísticas entre propriedades do solo e retenção de água. As poucas FPTs física-empíricas disponíveis (Botula et al., 2014) baseiam-se na semelhança de forma entre a curva granulométrica do solo (CG) e a CRAS, como proposto por Arya & Paris (1981). Estudos usando esse modelo (Vaz et al., 2005; Rezaee et al., 2010) utilizaram diferentes métodos para construção da CG, o que causa diferenças nas estimativas para CRAS.

A área superficial específica (ASE) do solo é uma propriedade relacionada com a retenção de água, sendo a base para o desenvolvimento de novas FPTs. A ASE pode ser medida ou estimada por meio da CG.

A CG pode ser gerada por diferentes métodos de quantificação da massa de classes de tamanho das partículas do solo menores que 2 mm. O método do densímetro (Klute, 1986) é amplamente difundido para determinação de frações granulométricas, pois permite a medição direta da concentração das partículas na suspensão. Já o método da pipeta é usado como referência para avaliação da acurácia das demais metodologias (Klute, 1986; Ryzak et al., 2007).

O objetivo do trabalho foi avaliar a diferença entre CGs geradas pelos métodos do densímetro e da pipeta e o efeito sobre a estimativa da CRAS e da ASE.

MATERIAL E MÉTODOS

As CGs foram geradas a partir de amostras deformadas da camada superficial (0 a 20 cm) de três solos com textura distinta: um Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd), com textura argilo-arenosa (467 g kg⁻¹ de areia, 144 g kg⁻¹ de silte e 389 g kg⁻¹ de argila), um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico arênico (PVAd), com textura franco-argilo-arenosa (642 g kg⁻¹ de areia, 254 g kg⁻¹ de silte e 104 g kg⁻¹ de argila) e um Latossolo Vermelho Distroférico típico (LVdf), com textura argilosa (145 g kg⁻¹ de areia, 208 g kg⁻¹ de silte e 647 g kg⁻¹ de argila).

A dispersão das amostras foi feita em frasco de 100 mL, utilizando 20 g de terra fina seca ao ar com 60 mL de solução dispersante (NaOH 1%) associada a dispersão mecânica em agitador pendular por 4 horas, com auxílio de duas esferas de nylon dentro do frasco. As amostras foram lavadas em peneiras com malha de 0,05 mm para separação da fração areia. Após seca em estufa (105 °C), a areia foi separada em classes por peneiramento com malhas de 1,200, 0,500, 0,250, 0,150 e 0,075 mm. A sedimentação e a determinação das frações de silte e argila (partículas menores que 0,05 mm) foram feitas conforme as especificidades de cada método. Para o método do densímetro, foi utilizado protocolo descrito pela NBR 7181/84 (ABNT, 1984), com 10 medições correspondentes a tamanhos de partículas entre 0,039 e 0,001 mm. Para o método da pipeta, foi utilizado protocolo descrito por Klute (1986), e os tempos de pipetagem foram calculados de forma que os tamanhos de partículas



coincidissem com os do método do densímetro. As CGs foram construídas relacionando o tamanho da partícula com a massa relativa (%) acumulada das partículas.

As CRAS foram estimadas a partir das CGs pelo método proposto por Arya & Paris (1981) e descrito por Vaz et al. (2005).

A ASE foi estimada a partir das CGs, considerando que as partículas são esféricas e que a densidade de partículas (D_p) é constante (2.650 kg m^{-3}), pela equação:

$$ASE = \sum_{i=1}^n \frac{6}{D_p \phi_i} \frac{M \phi_i}{M_s}$$

Sendo n o número de classes em que a CG foi dividida, ϕ_i diâmetro das partículas da classe, $M \phi_i$ a massa de partículas do diâmetro considerado e M_s a massa de solo. Valores intermediários aos medidos foram calculados por interpolação linear.

Para as diferentes medições ou estimativas, o efeito do método de quantificação das classes granulométricas foi avaliado pelo teste t .

Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal de Santa Maria.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A comparação entre as CGs foi feita somente para silte e argila, pois foi usada a mesma técnica para separar a areia (peneiramento). Na maioria dos pontos observa-se que houve diferença estatística entre os métodos (**Figura 1**). As diferenças são mais evidentes no solo com maior conteúdo de argila, como verificado em todos os pontos no solo LVdf, e em apenas metade dos pontos no solo PVAd. A relação $M \phi_i / M_s$ sempre foi maior quando medida pelo método do densímetro. Isso indica que há tendência desse método em superestimar as medições quando o solo é mais argiloso. Esse efeito pode ser consequência da imersão sucessiva do bulbo do densímetro na suspensão que, mesmo sendo cuidadosa, pode deslocar partículas para uma posição superior dentro da proveta, aumentando a concentração de sólidos suspensos na próxima medição. Além disso, as primeiras medições são feitas logo após o término da agitação (30 e 60s, por exemplo) podendo haver partículas maiores que as calculadas ainda em suspensão, fazendo com que o valor de $M \phi_i / M_s$ seja maior.

O desvio padrão de cada ponto das CGs foi, em média, maior para o método do densímetro (1,019) comparado com o método da pipeta (0,369), independente do solo (**Figura 1**). Isso indica que o

método da pipeta é mais preciso, o que reforça seu uso como método referência. A menor precisão do método do densímetro decorre da dificuldade de leitura da escala graduada da haste. Além disso, quando há pequena diferença na quantidade de partículas suspensas entre duas leituras sucessivas, a variação na profundidade do densímetro não é percebida na escala graduada da haste. Isso representa um valor nulo de massa de partículas para o intervalo de diâmetro medido, o que é fisicamente inconsistente, pois a variação de diâmetro das partículas é contínua. Essa limitação do método é verificada quando a linha da CG se torna paralela ao eixo horizontal entre dois pontos (**Figura 1**).

As CRAS estimadas a partir das CGs confirmam a diferença entre os métodos do densímetro e da pipeta, porém, as diferenças são mais evidentes somente para o solo de textura argilosa, enquanto para os demais o efeito do método foi menor ou não significativo (**Figura 2**). Isso indica que a extremidade da CG referente a fração argila tem mais efeito sobre a CRAS em relação as partículas de tamanho maior. Portanto, a acurácia na determinação das partículas de menor diâmetro define a acurácia na estimativa da retenção de água e isso é mais importante quanto mais argiloso for o solo.

O desvio padrão médio dos pontos estimados da CRAS também foram menores para o método da pipeta (0,002) comparado ao método do densímetro (0,005). Apesar do desvio padrão da CG do solo LVdf ser homogêneo pelo método do densímetro (barras de erro da **Figura 1**), houve aumento gradual do desvio padrão na estimativa da CRAS para o mesmo solo (barras de erro da **Figura 2**). Isso reforça o resultado de que método do densímetro é mais limitado quanto maior o conteúdo de argila do solo, refletindo menor precisão na estimativa da CRAS.

As estimativas da ASE refletiram as diferenças da geração das CGs pelos diferentes métodos (**Tabela 1**), também com maior efeito sobre o solo mais argiloso. Percebe-se que o método do densímetro tem valores maiores de desvio padrão, portanto menos preciso que o método da pipeta, e tende a superestimar os valores de ASE.

Tabela 1 – ASE estimada a partir de CGs geradas pelos métodos do densímetro e da pipeta.

Método	ASE ($\text{m}^2 \text{g}^{-1}$)			Desvio padrão ¹
	LVdf**	LVd*	PVAd ^{ns}	
Densímetro	1,186	0,674	0,221	13,39
Pipeta	1,050	0,631	0,212	5,53

¹ média dos três solos. Significância pelo teste t : não significativa (ns), significativa a 5% (*) e significativa a 1% (**).



Analisando a equação para estimar a ASE, observa-se que há uma relação inversa com o tamanho da partícula, portanto, quanto menor o diâmetro maior será a ASE. Novamente percebe-se a importância na acurácia e na precisão da estimativa da fração argila, sendo nesse ponto em que os métodos do densímetro e da pipeta mais divergem na geração da CG.

CONCLUSÕES

O método do densímetro é menos preciso que o método da pipeta para a construção da curva granulométrica, especialmente para solos com maior conteúdo de argila.

O uso do método do densímetro para a geração da CG a fim de estimar a CRAS ou a ASE é limitado a solos de textura franca ou arenosa.

REFERÊNCIAS

ARYA, L.M. & PARIS, J.F. A physicoempirical model to predict the soil-moisture characteristic from particle-size distribution and bulk-density data. *Soil Science Society of American Journal*, 45:1023-1030, 1981.

BOTULA, Y. D.; RANST, E. V. & CORNELIS, W. M. Pedotransfer functions to predict water retention for soils of the humid tropics: a review. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38:679-698, 2014.

KLUTE, A. (Ed). *Methods of soil analysis*. Madison: American Society of Agronomy, 1986. 1188p.

MCBRATNEY, A. B. et al. From pedotransfer functions to soil inference systems. *Geoderma*, 109:41-73, 2002.

REZAEI, L.; SHABANPOUR, M. & DAVATGAR, N. Estimating the soil water retention curve from soil particle size distribution using the Arya and Paris model from Iranian soils. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 35:649-657.

RYŻAK, M.; BIEGANOWSKI, A. & WALCZAK, R.T. Application of laser diffraction method for determination of particle size distribution of grey-brown podzolic soil. *Research in Agricultural Engineering*, 53:34-38, 2007.

VAZ, C. M. P. et al. Validation of the Arya and Paris water retention model for Brazilian soils. *Soil Science Society of American Journal*, 69:577-583, 2005.

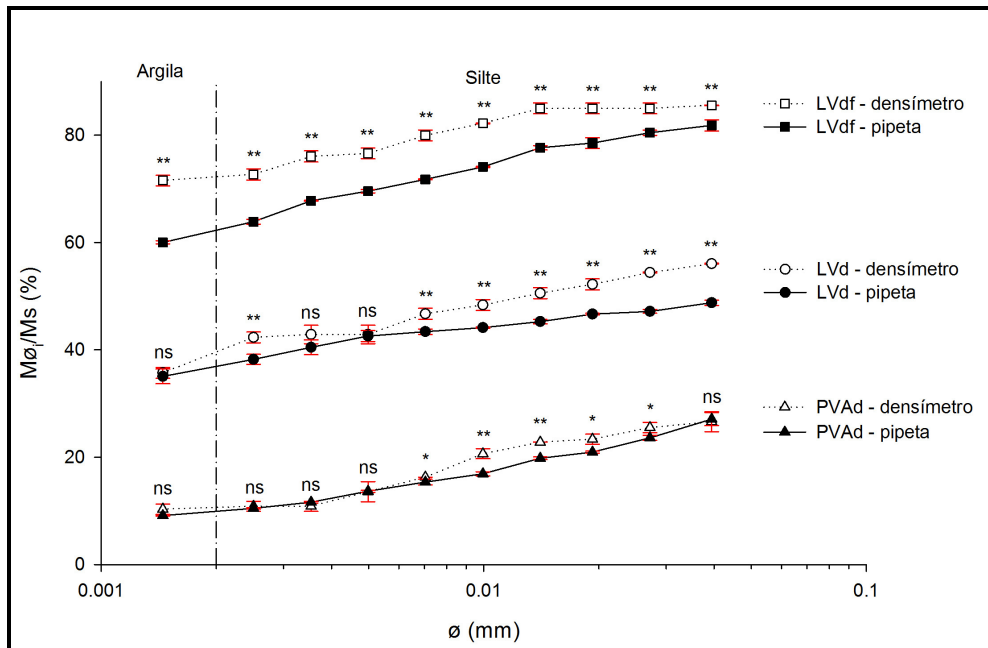


Figura 1 – CGs geradas pelos métodos do densímetro e da pipeta para os tamanhos de partícula menores que silte. As barras de erros representam o desvio padrão entre as repetições. Significância pelo teste t: não significativa (ns), significativa a 5% (*) e significativa a 1% (**).

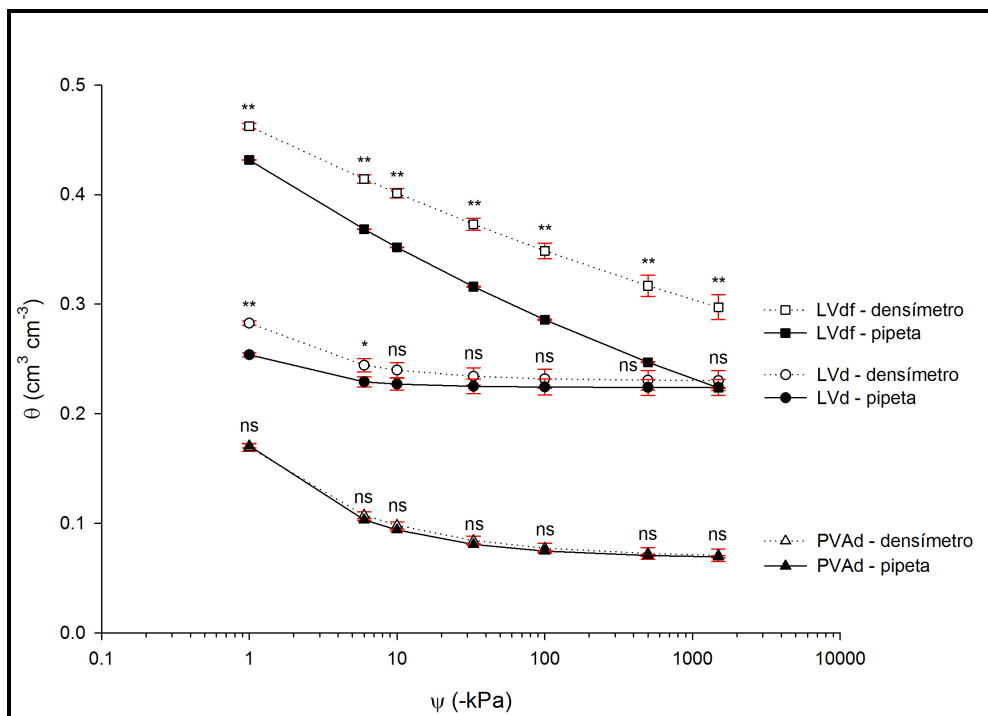


Figura 2 – CRAS estimadas a partir de CGs geradas pelos métodos do densímetro e da pipeta. As barras de erros representam o desvio padrão entre as repetições. Significância pelo teste t: não significativa (ns), significativa a 5% (*) e significativa a 1% (**).