



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013  
13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

**ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS SOLOS**

Marina L. **Corcovia**<sup>1a</sup>; Isabella C. **De Maria**<sup>1b</sup>; Ricardo M. **Coelho**<sup>1c</sup>; Cleide A. **Abreu**<sup>1c</sup>

<sup>1</sup> Instituto Agrônomo (IAC), Centro de Solos e Recursos Ambientais

**Nº 13152**

**RESUMO** - Com o aumento da necessidade de se intensificar o uso do solo, têm sido desenvolvidas inúmeras maneiras de uso e manejo do solo e elevação da sua qualidade, a começar pelo monitoramento ambiental. Entretanto, tendo o conhecimento da importância das análises químicas e físicas do solo, o presente trabalho buscou, através de levantamentos pedológicos realizados em várias regiões do Estado de São Paulo e armazenados na Pedoteca do Instituto Agrônomo (IAC), a obtenção de parâmetros de referência para o monitoramento da qualidade dos solos. Utilizando os dados do IAC, após sua conferência, foram realizadas correlações para estimativa de parâmetros que indicam a dinâmica da água, e foram observados em especial dois deles: Capacidade de Campo ( $CC_{1/3}$ ) e Ponto de Murcha Permanente (PMP). Esta estimativa tem como objetivo diminuir gastos e tempo com análises laboratoriais, e para isso é necessário que sejam realizadas funções de Pedotransferências, que utiliza os atributos que melhor se relacionam para prever os valores de  $CC_{1/3}$  e PMP. Para um maior conhecimento em relação aos dados que mais se correlacionam com a  $CC_{1/3}$  e PMP, foram realizadas Análises de Componentes Principais (ACP) com dois arquivos de atributos diferenciados e avaliados quais deles tinham a melhor relação. Em seguida, com o auxílio do software XLSTAT foram realizadas regressões lineares múltiplas para estimativas de funções de  $CC_{1/3}$  e PMP utilizando os dados gerados pela ACP. Os modelos de regressão indicaram quatro funções, onde duas foram de  $CC_{1/3}$  e outras duas de PMP de cada arquivo selecionado.

**Palavras-chaves:** Parâmetros do solo, Capacidade de Campo, Ponto de Murcha, Funções de Pedotransferência.

<sup>a</sup> Bolsista CNPq: Graduação em Engenharia Ambiental, marina\_corcovia@hotmail.com.br, <sup>b</sup>Orientador: icdmaria@iac.sp.gov.br, <sup>c</sup> Colaboradores: rmcoelho@iac.sp.gov.br e cleide@iac.sp.gov.br.



**ABSTRACT-** *Increasing the necessity of use the soil, are developed countless ways to use and rise their quality, starting with environmental monitoring. However, having the knowledge of the importance of physical and chemical analysis of soil, the present study sought, through soil survey in various regions of the State of São Paulo and stored in Pedoteca Agronomic Institute (IAC), obtaining chemical and physical parameter for monitoring soil quality. Using data from the IAC, after conference, correlations were performed to estimate parameters that indicate the dynamics of the water, and were observed in particular two: Field Capacity ( $CC_{1/3}$ ) and Permanent Wilting Point (PMP). This estimate has the objective of cut costs and time of laboratory tests, and for that they must be performed Pedotransfer functions which uses the attributes that best relate to predict the values of  $CC_{1/3}$  and PMP. To better understand in relation to the data that most correlated with the  $CC_{1/3}$  and PMP were performed Principal Component Analysis (PCA) with two different attributes of files and assessed which of them had the best relationship. Then, with the aid of the software XLSTAT multiple linear regressions were carried out to estimate the  $CC_{1/3}$  functions and PMP using the data generated by the PCA. Regression models indicated four functions, where two were  $CC_{1/3}$  and two other PMP each selected file.*

**Key-words:** Soil parameters, field capacity, wilt point, Pedotransfer functions.

## 1 INTRODUÇÃO

Desde tempos muito antigos, a humanidade necessita do solo por diversos motivos considerados básicos, como a locomoção, alimentação, abrigo, dentre outros. No entanto, com o passar dos tempos, com o aumento da população, restrições ambientais e redução de áreas para produção agropecuária, a necessidade de que este seja mais produtivo aumentou significativamente. Contudo, para manter sua sustentabilidade produtiva os solos devem apresentar qualidade.

LARSON E PIERCE (1991 apud Santana, 1999) definem boa qualidade, considerando propriedades visuais, biológicas, químicas e físicas, quando há ambiente propício para o crescimento das plantas e para regular a distribuição de água para o meio ambiente. Quanto às propriedades físicas, foi relatado que são fundamentais nas relações existentes com os processos hidrológicos, incluindo as taxas de infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão.



## VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013

13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

Destaca-se entre os indicadores físicos de qualidade do solo, a capacidade de água disponível, determinada pela diferença entre Capacidade de Campo ( $CC_{1/3}$ ) e Ponto de Murcha Permanente (PMP). Valores de  $CC_{1/3}$  e PMP de diferentes tipos de solos determinados nos levantamentos de solos do Estado de São Paulo realizados pelo IAC estão disponíveis em boletins publicados e podem ser utilizados como valores de referência em monitoramentos ou para determinar a qualidade do solo.

Uma alternativa para obtenção desses valores, com menor custo e tempo, são expressões denominadas Funções de Pedotransferências (FPT), que são funções preditivas que permitem que as informações do solo de fácil obtenção sejam transformadas através de relações estatísticas, em outras informações mais caras e de difícil execução em laboratórios (BUDIMAN et al., 2003).

Com o intuito de buscar resultados para  $CC_{1/3}$  e PMP, a presente pesquisa buscou encontrar relações matemáticas (FTFs) para prever os mesmos a partir de dados da biblioteca de solos do Instituto Agrônomo.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente foi realizada uma organização eletrônica das informações contidas em boletins e cartas de levantamento de solos realizados pelo Instituto Agrônomo e armazenado na Pedoteca (biblioteca de solos), onde estão contidas todas as informações coletadas de 630 perfis de solos representativos de diferentes regiões do Estado de São Paulo.

Para o presente trabalho 108 perfis de solo foram utilizados, por terem valores completos de todos os atributos e a fração silte no tamanho 0,02 - 0,002 mm.

Após a organização e conferência foram feitas matrizes de correlações e análise de Componentes Principais, conhecido como PCA (Principal Component Analysis). A PCA foi realizada em dois conjuntos de dados distintos. O primeiro denominado “dados mais comuns” contém todos os atributos iniciais excluindo pH KCl;  $\Delta$ pH; C/N; MO; ataque sulfúrico, Ki, Kr e razão Al/Fe. O segundo foi chamado de “Ataque Sulfúrico” e contém os perfis que apresentam ataque sulfúrico em todos seus horizontes.

A partir dos resultados da PCA, utilizou-se o software XLSTAT com a propriedade regressão linear múltipla para a estimativa de funções de pedotransferência para os parâmetros  $CC_{1/3}$  e PMP.





## VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013 13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

O ponto de murcha permanente a 15 atm (PMP) apresenta elevada associação com a argila, devido ao fato desta fração granulométrica ser constituída por partículas  $< 0,002\text{mm}$ , que, por efeito do empacotamento das partículas produzem menor tamanho de poros, permitindo assim manifestação do efeito de capilaridade.

O PMP apresentou associação moderada com CTC, porosidade total e Ds. A associação com a CTC reflete a variação da fração argila e só não é tão significativa quanto a da argila devido à CTC provinda da matéria orgânica que, apesar de influenciar a CTC, não contribui tanto para o PMP. A porosidade total e a Ds são variáveis do solo alta e inversamente correlacionadas, mas na medida em que a Ds aumenta, há tendência de diminuição destes poros, onde a água é armazenada. Também contribui para este resultado o fato de solos mais arenosos, aqueles onde a água tem menor retenção, apresentarem maior Ds. A associação do C orgânico e do  $\text{H}^+$  com o PMP, explica-se o mesmo fato já descrito a cima para a  $\text{CC}_{1/3}$ .

No conjunto de dados Ataque Sulfúrico,  $\text{CC}_{1/3}$  tem elevada associação com os teores de Si pelo ataque sulfúrico ( $\text{SiO}_2$ ), pela presença de argilominerais 2:1, promovendo arranjos de partículas favoráveis à maior retenção de água na tensão de  $1/3\text{atm}$ . Há também elevada associação, porém inversa, entre os teores de areia grossa (AG2) e a  $\text{CC}_{1/3}$ . A areia grossa não contribui para porosidade de retenção de água, mas para poros maiores, em que a água se perde por gravidade.

Em associação moderada e direta com a  $\text{CC}_{1/3}$ , a PCA identificou o Al determinado pelo ataque sulfúrico ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), refletindo o efeito dos óxidos de Al e dos argilominerais para formação de unidades estruturais e a porosidade associada que favorecem a retenção de água.

Em pequena associação direta com a  $\text{CC}_{1/3}$ , estão as variáveis  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  e silte. Os efeitos do silte e do Fe devem estar relacionados à influência destas duas variáveis do solo na formação de porosidade que favorece a retenção de água na CC. Não foi encontrada justificativa para a associação da  $\text{CC}_{1/3}$  com as outras duas variáveis.

Com relação ao PMP, o mesmo apresentou elevada associação direta com o Al determinado pelo ataque sulfúrico ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) e inversa com a densidade do solo (Ds). A associação com o  $\text{Al}_2\text{O}_3$  deve-se por este representar a fração argila, mas não está claro porque esta associação mostra-se maior do que a com os teores de argila. A Ds está inversamente associada ao PMP, como consequência da associação da DS com os teores de areia.



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013  
13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

Moderadamente associadas ao PMP estão argila e CTC. Já o teor de Fe pelo ataque sulfúrico mostrou-se em pequena associação com o PMP, o que pode refletir a variação da argila em alguns solos referentes aos seus elevados teores de óxidos de Fe.

Utilizando os atributos que a ACP considerou relevantes, foram obtidas regressões lineares múltiplas e geradas funções que relacionam esses atributos com a CC e PMP. Os resultados são apresentados nas tabelas 1 a 5.

**Tabela 1.** Regressão Linear Múltipla para CC 1/3 no conjunto de Dados Mais Comuns.

CC 1/3 ATM	Intercepto	X <sub>1</sub> (Silte)	X <sub>2</sub> (CTC)	X <sub>3</sub> (Ds)	R <sup>2</sup>
Y=	15,76	0,533			0,519
Y=	15,76	0,533	0,566		0,662
Y=	<b>15,76</b>	<b>0,533</b>	<b>0,566</b>	<b>-2,364</b>	<b>0,670</b>

Os atributos do solo que mais se relacionaram com a CC<sub>1/3</sub> foram silte, CTC e Ds. Cerca de 67% da variação da CC<sub>1/3</sub> está relacionada a esses atributos (Tabela 1). O valor de 52% para o silte indica alta dependência da CC<sub>1/3</sub> em relação à textura do solo (ALVARENGA, 2010). Assim, para predição da Capacidade de Campo dos solos do Estado de São Paulo a realização de análise mais importante é a de granulometria.

**Tabela 2.** Regressão Linear Múltipla para PMP no conjunto de Dados Mais Comuns.

PMP 15 ATM	Intercpto	X1 (Argila)	X2 (CTC)	X3 (C%)	R <sup>2</sup>
Y=	-0,453	0,328			0,753
Y=	-0,453	0,328	0,265		0,820
Y=	<b>-0,453</b>	<b>0,328</b>	<b>0,265</b>	<b>0,837</b>	<b>0,827</b>

A argila se destaca como melhor preditora do PMP com 75% de coeficiente de regressão (Tabela 2). Considerou-se também a CTC e o Carbono Orgânico, que contribuem para um total de 83% no coeficiente de regressão. O fato é explicado em função de que a textura do solo afeta a retenção de água, por determinar a área de contato entre a água e as partículas sólidas, determinando assim a acomodação das partículas e a distribuição de poros (SCHEINOST et al., 1997). Entretanto, a CTC se destaca justamente por representar a variação da fração argila, e não por interferência da CTC provinda da matéria orgânica, que não contribui significativamente para o PMP como foi avaliado na correlação de Person do Excel.



**VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013**  
**13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo**

**Tabela 3.** Regressão Linear Múltipla para  $CC_{1/3}$  no conjunto de dados Ataque Sulfúrico.

$CC_{1/3 \text{ atm}}$	Intercepto	X1 (Areia Grossa)	X2 ( $SiO_2$ )	$R^2$
Y=	24,495	-0,2401		0,657
Y=	<b>24,495</b>	<b>-0,2401</b>	<b>0,513</b>	<b>0,795</b>

No conjunto de dados Ataque Sulfúrico observou-se uma importante relação da  $CC_{1/3}$  com a Areia Grossa, com coeficiente de regressão de 66% (Tabela 3). Esta relação está influenciada pelo tamanho dos poros do solo, de maiores tamanhos quando há teor elevado de Areia Grossa, nos quais a água se perde por gravidade. Ainda sim, fica evidente a necessidade de realizar análise granulométrica. Também há relação entre a  $CC_{1/3}$  e o  $SiO_2$  proveniente do ataque sulfúrico. Juntas, essas variáveis apresentam um coeficiente de regressão de 79% pela influência da presença de argilominerais em arranjos de partículas favoráveis a maior retenção de água.

**Tabela 4.** Regressão Linear Múltipla para PMP no conjunto de dados Ataque Sulfúrico.

PMP 15 ATM	Intercepto	X1 (Argila)	X2 (CTC)	X3 ( $Al_2O_3$ )	$R^2$
Y=	-2,817	0,199			0,638
Y=	-2,817	0,199	0,452		0,748
Y=	<b>-2,817</b>	<b>0,199</b>	<b>0,452</b>	<b>0,415</b>	<b>0,813</b>

No conjunto de dados Ataque Sulfúrico, a argila com aproximadamente 64% do coeficiente de regressão, mais uma vez se apresenta como o mais importante atributo do solo para prever o PMP (Tabela 4). Nesse conjunto de dados, há também a presença de  $Al_2O_3$  proveniente do ataque sulfúrico. O  $Al_2O_3$  é apresentado pelo reflexo dos efeitos dos óxidos de Al e argilominerais.

**Tabela 5.** Equações de Regressão Linear Múltipla obtidas pelo XLSTAT com os respectivos  $R^2$ .

Classificação	Equação	$R^2$
<b>Dados Mais Comuns</b>	$CC_{1/3} = 15,76 + 0,56 * CTC + 0,53 * SILTE - 2,36 * DS$	0,670
	$PMP_{15 \text{ atm}} = -0,453 + 0,265 * CTC + 0,328 * ARGILA + 0,837 * C\%$	0,827
<b>Ataque Sulfúrico</b>	$CC_{1/3} = 24,495 - 0,2401 * AREIA \text{ GROSSA} + 0,513 * Si \text{ O}2$	0,795
	$PMP_{15 \text{ atm}} = -2,817 + 0,415 * Al_2 \text{ O}3 + 0,199 * ARGILA + 0,452 * CTC$	0,813



#### 4 CONCLUSÕES

A pesquisa gerou novos modelos de pedotransferências para determinação da capacidade de campo e do ponto de murcha permanente.

Destaca-se que as frações granulométricas são os atributos que explicam a maior variação dos valores da capacidade de campo e do ponto de murcha permanente, indicando que é possível uma estimativa desses valores a partir da análise granulométrica que é uma determinação mais simples de ser feita.

#### 5 AGRADECIMENTOS

Ao CNPq-PIBITI pela bolsa de iniciação tecnológica e ao Instituto Agrônomo pela oportunidade de estágio ao primeiro autor.

#### 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRUDA, F.B. et al. Parâmetros de solo para o cálculo da água disponível com base na textura do solo. *Rev. Brasileira do solo* 11: 11 – 15. 1987.

BENITES, V.M. et al. Funções de Pedotransferência para estimativa da densidade dos solos brasileiros. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* 104. EMBRAPA solos, Rio de Janeiro. Dezembro, 2006.

BUDIMAN et al. Revisão sobre funções de pedotransferência (PTFs) e novos métodos de predição de classes e atributos do solo. Documento 45 EMBRAPA. Setembro, 2003.

DE MELLO, C.R. et al. Predição da porosidade drenável e disponibilidade de água para Cambissolos da Microrregião Campos das Vertentes, MG. *Pesq. Agropecuária brasileira*, v.37, n.9, p. 1319-1324. Setembro, 2002.

FABIAN, A.J.; FILHO, T.B.O. Determinação da capacidade de Campo In Situ ou através de equações de regressão. *Pesquisa Agropecuária brasileira*, v.35, n.5, p.1029-1036. Maio, 2000. Brasília.

FIDALSKI, J.; TORMENA, C.A. Funções de pedotransferência para as curvas de retenção de água e de resistência do solo à penetração em sistemas de manejo com plantas de cobertura permanente em citros. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 37, n. 5, Set – Out. 2007.

FILHO, J.T. et al. Atributos de solo determinantes para a estimativa do índice de estabilidade de agregados. Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias. Londrina, PR. Março, 2012.

GOMES, M.A.F.; FILIZOLA, H.F. Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola. EMBRAPA meio ambiente. Jaguariúna, 2006.

KLEIN, V.A. et al. Textura do solo e a estimativa do teor de água no ponto de murcha permanente com Psicrômetro. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.40, n.7, p 1550-1556. Julho, 2010.

LIBARDI, P.L. Dinâmica da água no solo. São Paulo. Editora da universidade de São Paulo, 2005.,344 p.

SANTANA, D.P.; FILHO, A.F.C.B. Indicadores de qualidade do solo. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, Minas Gerais. 1999.