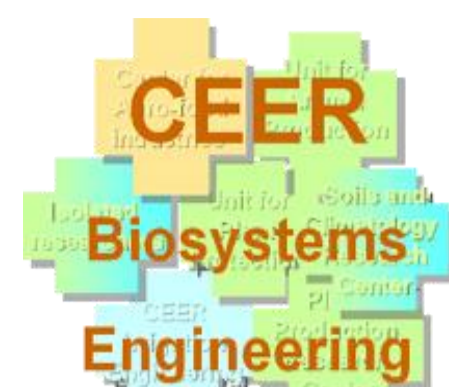


Quantificação dos parâmetros de transporte de solutos do solo na área de influência do perímetro de rega de Alqueva



Tiago B. Ramos¹, Maria C. Gonçalves², Sara Rodrigues², Fernando P. Pires², Abílio Guerreiro² e José C. Martins²

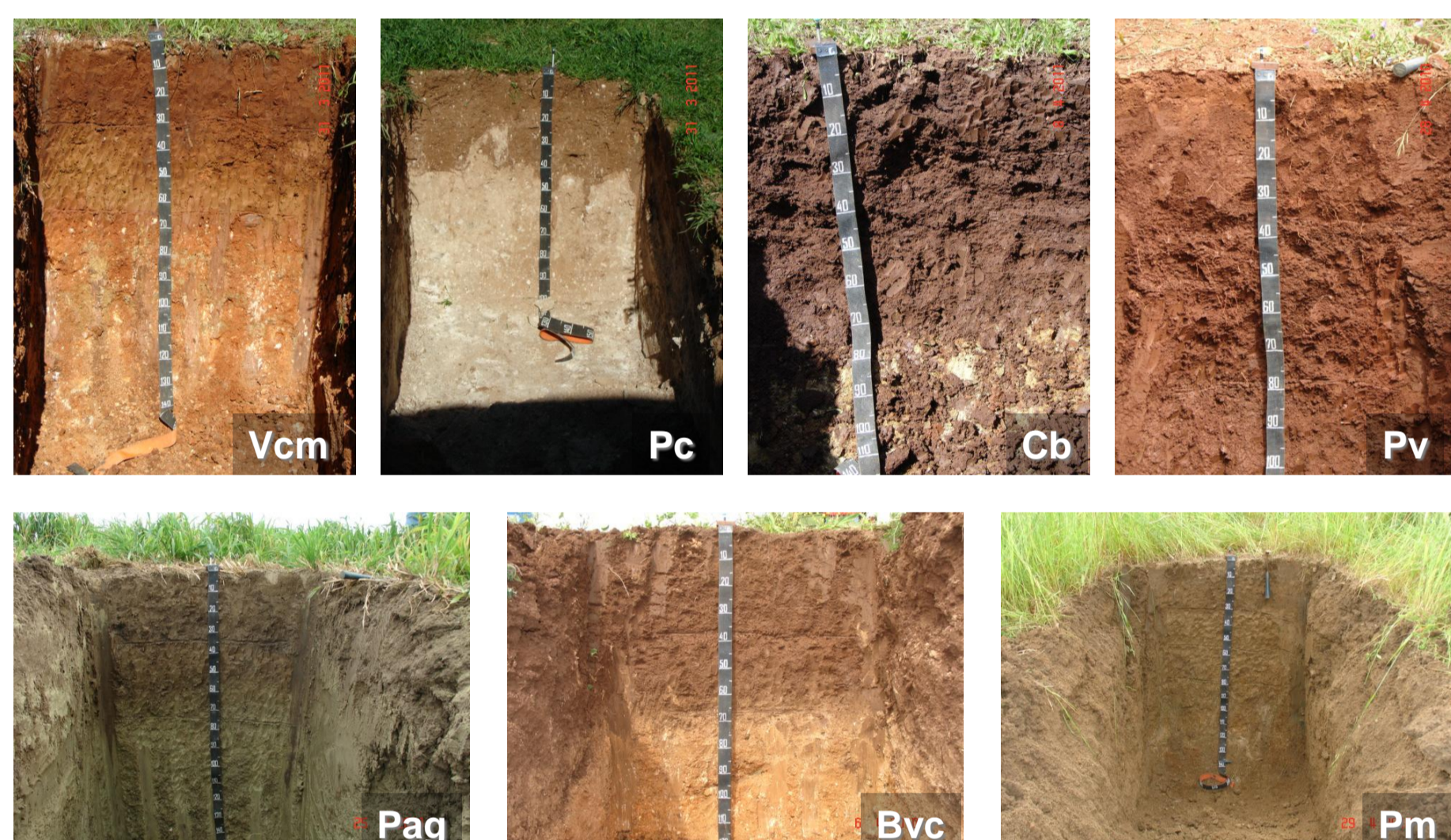
¹ CEER-Engenharia dos Biosistemas, Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa.

² Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, Quinta do Marquês, Av. República, 2784-505 Oeiras.

Email: tiago_ramos@netcabo.pt

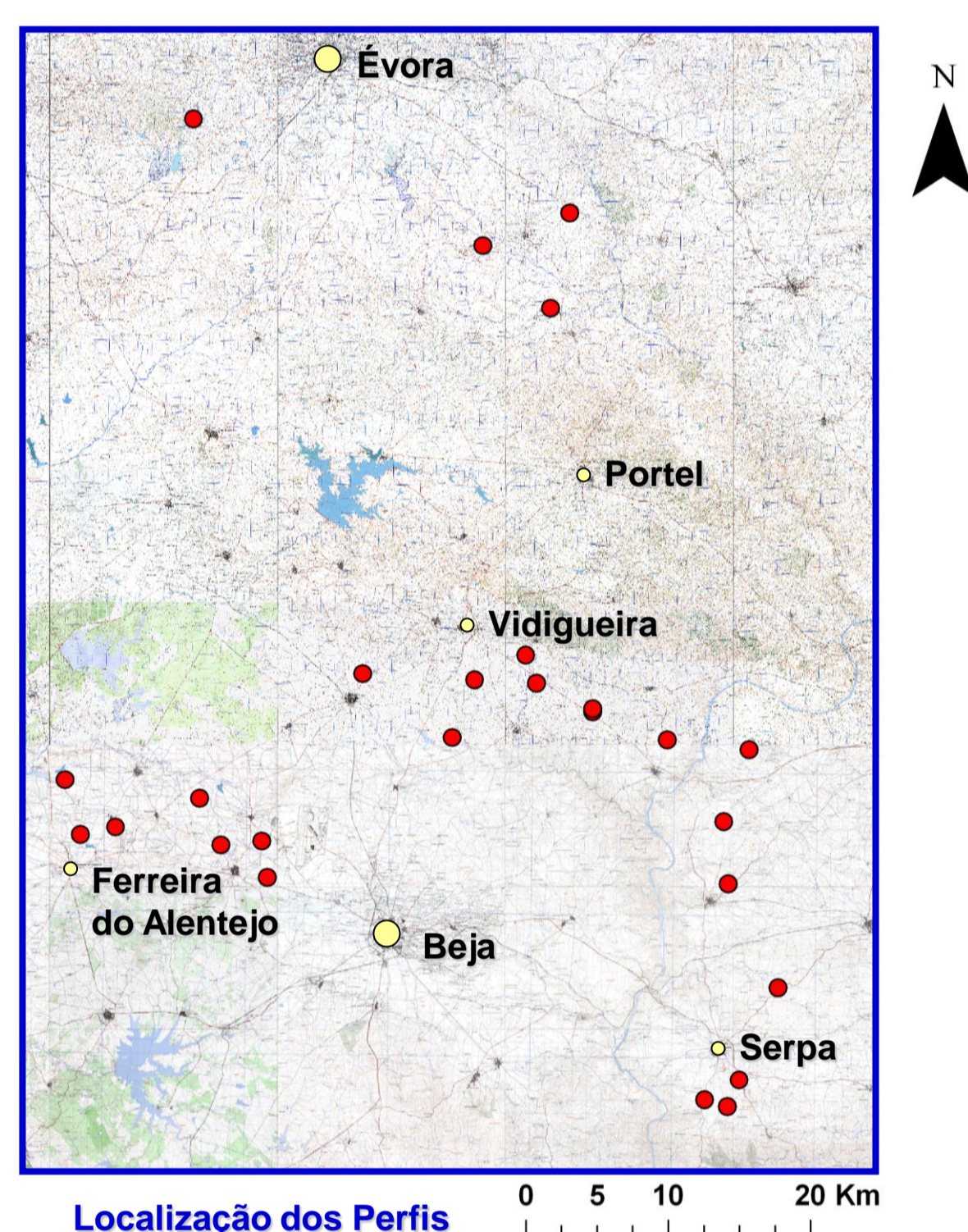
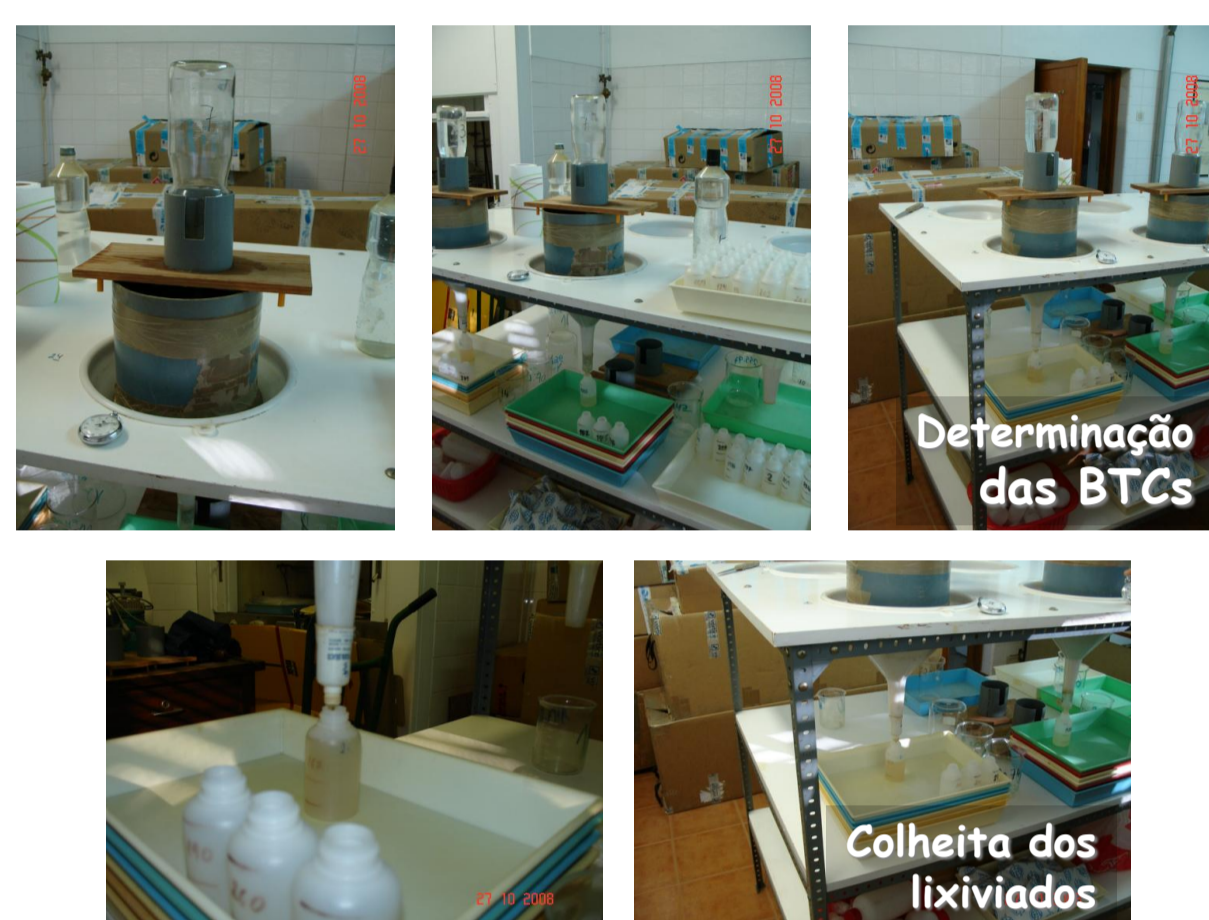
Introdução

Os parâmetros de transporte de solutos (coeficiente de difusão-dispersão, D , coeficiente de retardação, R , e velocidade da água no poro, v) são fundamentais para a resolução da equação de convecção-dispersão (CDE) e para a modelação da dinâmica dos solutos no solo. Estes parâmetros podem ser determinados em laboratório, por modelação inversa, através do ajustamento de soluções analíticas da CDE à evolução temporal da concentração no ponto de saída de uma coluna de solo – curvas de “breakthrough” (BTCs), na literatura anglo-saxónica. Estas curvas são normalmente representadas em função do número de poros-volume de água extraída, para ter em conta a geometria da coluna de solo. Porém, tais determinações são extremamente morosas, dispendiosas e trabalhosas, pelo que, os parâmetros de transporte de solutos, a diferentes escalas, não se encontram geralmente disponíveis para utilização em modelos de simulação da dinâmica de água e do transporte de solutos nos solos, restringindo a sua aplicação (Vanderborght e Vereecken, 2007).



Objectivos

Determinar os parâmetros de transporte de solutos em colunas de solo, no estado natural, colhidas nas principais famílias de solos do perímetro de rega do Alqueva.



Material e Métodos

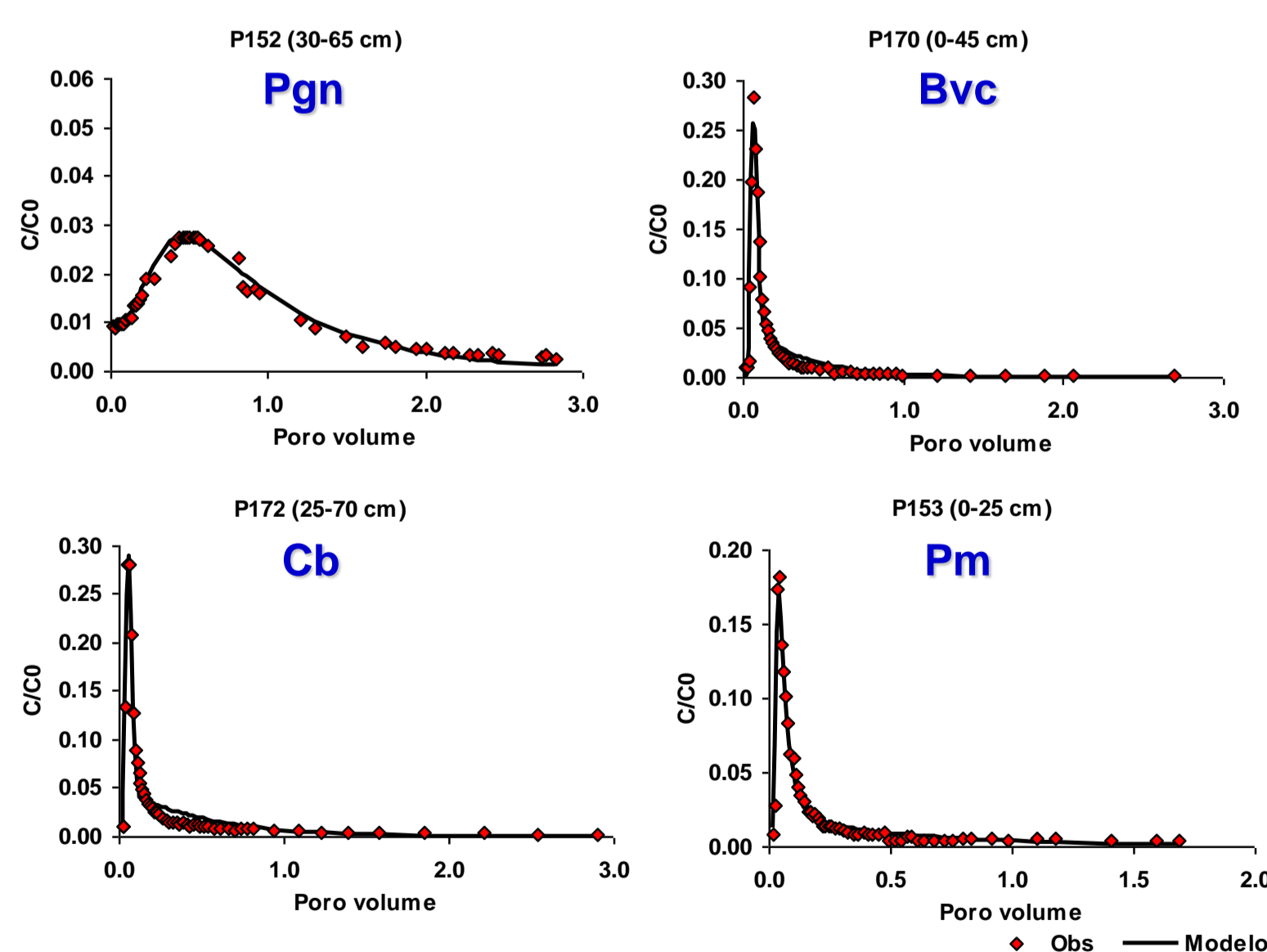
- Os parâmetros de transporte de solutos foram determinados em 71 colunas de solo, colhidas no estado natural (4350 cm³), nos diferentes horizontes/camadas de 25 perfis localizados nas 13 famílias de solos (Cb, Bvc, Bpc, Pm, Pv, Pgn, Pag, Pc, Vcm, Vc', Pc', Pcg, Cpc) mais representativas dos blocos do Pisão, Alvito-Pisão, Monte Novo, Ferreira, Alfundão, Orada-Amoreira, Brinches, Brinches-Enxoé, Serpa e Pedrógão, incluídos no perímetro de rega de Alqueva.
- Em cada coluna de solo procedeu-se à determinação das curvas de “breakthrough” (BTCs), a partir de ensaios de lixiviação e da aplicação de um traçador (0.05 M de KCl) na forma de um pulso de 50 cm³.
- Os parâmetros de transporte de solutos foram obtidos, por modelação inversa, através do ajustamento do modelo de duas regiões de van Genuchten e Wierenga (1976) aos dados laboratoriais, com o programa de estimação não linear CXTFIT2.1 (Toride *et al.*, 1995) incluído no pacote STANMOD (Šimůnek *et al.*, 1999): Aquele modelo é dado pelas seguintes equações (Toride *et al.*, 1995):

$$\beta R \frac{\partial C_1}{\partial T} = \frac{1}{P} \frac{\partial^2 C_1}{\partial Z^2} - \frac{\partial C_1}{\partial Z} - \omega(C_1 - C_2) \quad (1 - \beta) R \frac{\partial C_2}{\partial T} = \omega(C_1 - C_2)$$

em que, os índices 1 e 2 referem-se às regiões móvel (de equilíbrio) e imóvel (não-equilíbrio) do solo, respectivamente; C é a concentração do soluto [ML⁻³]; β é o coeficiente de partição entre as regiões móvel e imóvel; R é o factor de retardação que descreve o efeito da adsorção no transporte de solutos no solo em condições de equilíbrio linear; ω é o coeficiente de transferência de massa que governa a taxa da troca do soluto entre as duas regiões; $T=vt/L$ é o número de poros-volume, sendo função da velocidade da água no poro v [LT⁻¹], do tempo t [T], e do comprimento da coluna de solo L [L]; $Z=z/L$ é uma distância adimensional, função da profundidade z [L] e L ; e $P=vL/D$ é o número de Peclet, que depende de v , L e do coeficiente de difusão-dispersão D [L² T⁻¹]. As condições inicial e nos limites são:

$$C_1(Z, 0) = C_2(Z, 0) = 0 \quad C_1(0, T) = \begin{cases} 1 & 0 < T < T_0 \\ 0 & T > T_0 \end{cases} \quad \frac{\partial C_1}{\partial Z}(\infty, T) = 0$$

Resultados e discussão

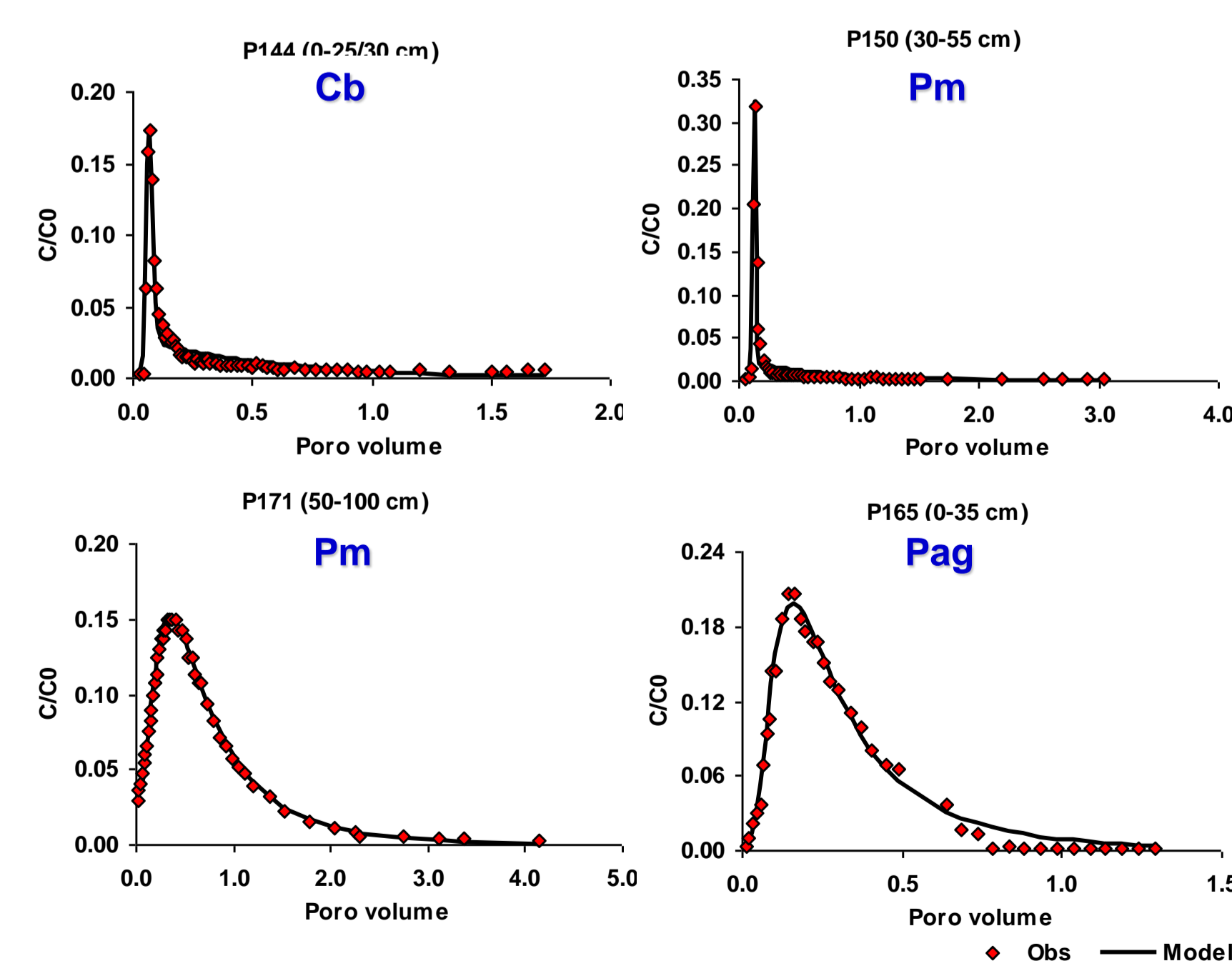


Valores médios, máximos, mínimos e desvio padrão dos parâmetros de transporte de solutos determinados nas 71 colunas de solo

Parâmetro	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Ks (cm d ⁻¹)	107.3	231.4	0.1	1461.0
V (cm d ⁻¹)	221.8	485.6	0.2	3216.6
D (cm ² d ⁻¹)	481.9	1139.5	1.0	7818.0
R	0.719	0.263	0.178	1.000
Beta	0.370	0.282	0.010	1.000
Omega	5.6	9.4	0.0	30.0
R ²	0.959	0.046	0.683	0.997

Conclusões

- As BTCs foram descritas com o modelo de transporte de duas regiões, sendo a água do solo dividida em água móvel, onde o transporte de solutos é essencialmente realizado por convecção, através da macroporosidade do solo, e água imóvel, onde o transporte é essencialmente difusivo. Este modelo, em que se obtêm 5 parâmetros, descreveu bem as concentrações efluentes obtidas, tendo-se registado um R² médio de 0.96 para a relação entre as concentrações observadas e estimadas com o modelo. Apenas em 4 casos, os dados recolhidos foram melhor ajustados com o modelo de equilíbrio.
- O coeficiente de difusão-dispersão (D) apresentou valores elevados, relacionados com a condutividade hidráulica saturada e proporcionais à velocidade da água no poro (v). O coeficiente de retardação (R) foi geralmente inferior a 1, em resultado da exclusão aniónica do Cl⁻. A fracção de água móvel foi, de um modo geral, inferior à fracção de água imóvel e o coeficiente de transferência de massa foi geralmente elevado.
- 21 colunas de solo apresentaram valores de v muito reduzidos (<10 cm d⁻¹), o que significa que grande parte dos solos estudados apresentam sérios riscos de acumulação de solutos, o que pode levar, entre outros problemas, à salinização dos solos.



Exemplos de BTCs e do ajustamento com o modelo de duas regiões. A quantidade C0 é a concentração inicial da água do solo e C a concentração no fluxo de saída.

Bibliografia

- Šimůnek, J., van Genuchten, M.Th., Šejna, M., Toride, N., Leij, F.J., 1999. The STANMOD computer software for evaluating solute transport in porous media using analytical solutions of convection-dispersion equation. Versions 1.0 and 2.0. IGWMC - 71, International Ground Water Modeling Center, Colorado School of Mines, Golden, Colorado, p. 32.
- Toride, N., Leij, F.J., van Genuchten, M.T., 1995. The CXTFIT Code for Estimating Transport Parameters from Laboratory or Field Tracer Experiments. Version 2.0. Research Report 137, U.S. Salinity Laboratory, Riverside, CA.
- van Genuchten, M.T., Wierenga, P.J., 1976. Mass transfer studies in sorbing porous media. I. Analytical solutions. Soil Sci. Soc. Am. J., 40: 473-480.
- Vanderborght, J., Vereecken, H., 2007. Review of dispersivities for transport modeling in soils. Vadose Zone J., 6: 29-52.