



Caracterização hidrodispersiva de dois solos da região irrigada do Vale do São Francisco¹

André I. do Carmo², Antônio C. D. Antonino³, André M. Netto³ & Marcus M. Corrêa⁴

RESUMO

A caracterização hidrodispersiva de um Latossolo e de um Neossolo Quartzarênico, ambos da região do Vale do São Francisco, foi realizada em laboratório por meio de ensaios de deslocamento de líquidos miscíveis em colunas de solo deformado. Os ensaios compreenderam o deslocamento de um pulso de 1,0 volume de poros da solução de KBr nas vazões de $2,4 \cdot 10^{-5}$; $4,8 \cdot 10^{-5}$; $7,2 \cdot 10^{-5}$; $9,6 \cdot 10^{-5}$ e $1,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ e nas concentrações de 11,89; 59,49 e 118,99 g L⁻¹, e três repetições para cada ensaio, sob condições de saturação e fluxo em regime estacionário. Por meio do programa CXTFIT 2.0, que ajusta a solução analítica da equação do modelo convectivo-dispersivo (CDE) aos pontos da curva experimental de eluição, foi possível obter os parâmetros hidrodispersivos do fator de retardamento (R) e o coeficiente de dispersão hidrodinâmica (D). O modelo CDE realizou um bom ajuste aos pontos das curvas de eluição, com valores dos coeficientes de determinação variando de 98 a 99% para ambos os solos; os valores de R ficaram próximos a 1,0 nos dois solos, indicando que o KBr não interage com os mesmos e a dispersividade do Neossolo é maior que a do Latossolo devido a distribuição do tamanho dos poros ser maior no Neossolo.

Palavras-chave: curva de eluição, parâmetros hidrodispersivos, modelo CDE

Hydrodispersive characterization of two soils in the irrigated region of São Francisco Valley

ABSTRACT

The hydrodispersive characterization of a Latosol and a Quartzarenic Neosol, both in the irrigated region of São Francisco Valley, was carried out in laboratory by means of assays of displacement of miscible liquids in columns of deformed soil. The assays consisted of the displacement of a pulse of 1.0 volume of pores of the solution of KBr in the outflows of $2.4 \cdot 10^{-5}$, $4.8 \cdot 10^{-5}$, $7.2 \cdot 10^{-5}$, $9.6 \cdot 10^{-5}$ and $1.2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ and in concentrations of 11.89, 59.49 and 118.99 g L⁻¹, and three repetitions for each assay, under conditions of saturation and flow in stationary condition. By means of program CXTFIT 2.0 that adjusts the analytical solution of the equation of the convection-dispersion (CDE) to the points of the experimental breakthrough curve, it was possible to obtain the hydrodispersive parameters of the retardation factor (R) and coefficient of hydrodynamic dispersion (D). The model CDE carried out a good adjustment to the points of the experimental breakthrough curve, with the values of determination coefficients varying from 98 to 99% for both soils. The values of R are near 1.0 for both the soils, indicating that the KBr does not interact with the soil and the dispersivity of the Neosol is greater than that of the Latosol due to distribution of the size of the pores being greater in the Neosol.

Key words: hydrodispersives parameters, breakthrough curve, model CDE

¹ Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares da UFPE

² Mestre, UFPE. Av. Prof. Luiz Freire 1000, Cidade Universitária, CEP 50740-540, Recife, PE. Fone: (81) 2126-7971. E-mail: andreinaciocarmo@yahoo.com.br

³ DEN/UFPE. Fone: (81) 2126-7973. E-mail: acda@ufpe.br; amnetto@ufpe.br

⁴ Departamento de Tecnologia Rural/UFPE. Rua Dom Manoel de Medeiros s/n, CEP 52171-030, Recife, PE. Fone: (81) 3320-6261. E-mail: metri@ufrpe.br

INTRODUÇÃO

O conhecimento do funcionamento hidrodinâmico e hidrodispersivo do solo é de fundamental importância para prevenção e remediação dos danos causados ao meio ambiente, uma vez que o solo é um dos principais destinatários dos resíduos gerados, devendo-se dar maior atenção ao uso indiscriminado de fertilizantes e pesticidas, haja vista que podem contaminar o lençol freático.

O estudo dos processos de transferência de sais e outras substâncias químicas no solo tem sido realizado através de experimentos em campo ou em laboratório utilizando-se, para isto, colunas de solo deformado e indeformado (Milfont et al., 2006). Um dos principais problemas encontrados no estudo dos processos de transferência em condições naturais de campo é a dificuldade em se determinar as variáveis e os parâmetros envolvidos, além do seu elevado custo; desta forma, tem-se preferido a realização de experimentos em colunas de solo para a avaliação desses processos e para a identificação e estimativa dos parâmetros hidrodispersivos (Costa et al., 2006).

Existem vários métodos para a determinação dos parâmetros hidrodispersivos que regem o transporte de solutos no solo, tais como: método de otimização não-linear dos mínimos quadrados, Parker & van Genuchten (1984); função de transferência lognormal – TFM, Jury & Sposito (1985) e o método dos momentos, Feike & Dane (1992), em que todos se baseiam no ajuste da solução analítica da equação da convecção-dispersão (CDE) aos pontos da curva de eluição obtida em ensaios de deslocamento de líquidos miscíveis (Milfont et al., 2006).

Nos estudos de transporte de solutos são utilizados traçadores químicos, considerados uma ferramenta útil na física de solos, pois permitem simular a mobilidade da água através do solo proporcionando, desta forma, a estimativa dos parâmetros hidrodinâmicos e hidrodispersivos de determinado solo (Silva et al., 2009); outro parâmetro significativo utilizado nos modelos de transferência de solutos nos solos é a dispersividade, ou seja, a relação entre o coeficiente de dispersão hidrodispersivo e a velocidade média da água nos poros.

Este trabalho consistiu na caracterização hidrodinâmica e hidrodispersiva de um Latossolo proveniente da estação experimental de Bebedouro pertencente à Embrapa Semiárida e de um Neossolo Quartzarênico, oriundo do campo 144-PE (estrada de Petrolina – Parnamirim, a 3,6 km de Petrolina, PE), situado na região do Vale do São Francisco, no Nordeste do Brasil, a partir de ensaios de deslocamento miscível em colunas de solo deformado.

A escolha dos solos se deveu ao fato de se tratar de solos representativos deste local e por esta região se encontrar em grande desenvolvimento agrícola, especialmente no setor de frutas para exportação, o que tem levado ao emprego de quantidades indiscriminadas de pesticidas (Bedor et al., 2009); desta forma, a realização de estudos de caracterização hidrodispersiva para descrever o movimento da água através dos referidos solos se torna imprescindível para subsidiar o desenvolvimento de futuros trabalhos no que tange à determinação do tempo de permanência dos solutos aplicados.

MATERIAL E MÉTODOS

Dentre os modelos utilizados no estudo dos processos de transporte de solutos, o empregado no presente trabalho foi o modelo convecção-dispersão (CDE) (Milfont et al., 2008). Na sua forma adimensional esta equação se apresenta da seguinte forma:

$$R \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{1}{P} \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} - \frac{\partial C}{\partial z} \quad (1)$$

em que:

C – concentração do soluto, expressa em massa de soluto por volume de solução, ML^{-3}

z – coordenada espacial, L

t – tempo, T

P – número de Peclet, 1

R – fator de retardamento, 1

As condições de contorno para a Eq. 1 foram:

– Condição inicial:

$$C(z,0) = 0 \quad (2)$$

– Condição de contorno inferior:

$$\frac{\partial C}{\partial z}(\infty,t) = 0 \quad (3)$$

– Condição de contorno superior:

$$-\frac{1}{Pe} \frac{\partial C}{\partial z} + C = \begin{cases} C_0 & 0 < t \leq t_0 \\ 0 & t > t_0 \end{cases} \quad (4)$$

em que:

C_0 – concentração do soluto na solução deslocadora, ML^{-3}

t – tempo, T

t_0 – tempo de aplicação da solução deslocadora, T

Determinação dos parâmetros

Determinaram-se os parâmetros hidrodispersivos por meio do programa CXTFIT 2.0 (Code for Estimating Transport Parameters from Laboratory or Field Tracer Experiments) que utiliza o método de otimização não-linear dos mínimos quadrados na estimativa dos parâmetros de transporte de solutos (Miranda & Duarte, 2002).

Locais de origem dos solos

Utilizaram-se dois tipos de solo coletados de regiões com plantio de manga (*Mangifera indica* L. cv. Tommy Atkins) irrigada, provenientes da região agrícola do Município de Petrolina, PE, situados na região do Vale do São Francisco, no Nordeste do Brasil. Os solos foram classificados como Latossolo e Neossolo Quartzarênico e suas amostras coletadas na camada superficial (0-0,2 m), secadas ao ar, destorroadas e peneiradas em peneiras de $2 \cdot 10^{-3}$ m e, em seguida, armazenadas a temperatura ambiente. O Latossolo e o Neossolo Quartzarênico foram classificados, quanto à sua textura, como Areia, conforme a classificação textural da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

A análise granulométrica foi realizada utilizando-se o método do densímetro; as frações de argila e de silte foram determinadas por sedimentação, após dispersão com hexametáfosfato de sódio e a fração de areia foi obtida por peneiramento (EMBRAPA, 1997).

Dispositivo experimental

O dispositivo experimental utilizado no estudo da transferência de solutos sob condição de saturação foi composto de três colunas de solo em acrílico com $2 \cdot 10^{-1}$ m de comprimento e $5 \cdot 10^{-2}$ m de diâmetro interno; uma bomba peristáltica com doze canais de marca Ismaltec; um barril de $2 \cdot 10^{-2}$ m³ de solução iônica; recipientes contendo o traçador KBr a 11,89 g L⁻¹; 59,49 g L⁻¹ e 118,99 g L⁻¹; três válvulas de três vias; um coletor de frações de marca Isco Retriever com autonomia para 116 tubos e capacidade para trabalhar com quatro colunas de solo simultaneamente; um condutivímetro digital de marca Digimed DM-31; capilares de borracha flexíveis com $2,38 \cdot 10^{-3}$ m de diâmetro interno e balanças digitais de alta precisão (10^{-3} g) para definir a massa de solução deslocadora aplicada nas colunas de solo.

Realizou-se o acondicionamento do solo nas colunas em camadas de aproximadamente $2 \cdot 10^{-2}$ m, levemente compactadas. As colunas de solo foram montadas com uma massa específica aparente próxima à do campo ($1,55 \cdot 10^3$ kg m⁻³); após a montagem, as colunas foram saturadas com solução iônica de 5,54 g L⁻¹ de CaCl₂, próxima à da solução do solo, para que os colóides das amostras de solo não sofressem desestabilização, comprometendo a permeabilidade devido à diminuição da força iônica (Lacerda et al., 2005). A alimentação da coluna de solo com a solução deslocadora traçadora foi efetuada em regime estacionário e com fluxo descendente e realizada utilizando-se a bomba peristáltica conectada à parte superior da coluna, em que os efluentes da solução foram coletados na base da mesma, através de um coletor de frações; em seguida, efetuou-se a medida da condutividade elétrica da solução traçadora efluente (KBr) com um condutivímetro.

No experimento se aplicou, para cada concentração, um pulso de um volume de poros de solução traçadora (KBr) com concentrações de 11,89; 59,49 e 118,99 g L⁻¹, misturados à solução iônica de 5,54 g L⁻¹ de CaCl₂, nas vazões de $2,4 \cdot 10^{-5}$; $4,8 \cdot 10^{-5}$; $7,2 \cdot 10^{-5}$; $9,6 \cdot 10^{-5}$ e $12 \cdot 10^{-5}$ m³ h⁻¹, sendo feitas três repetições simultâneas. A progressão do avanço do soluto foi acompanhada medindo-se a concentração C do efluente ao longo do tempo. A evolução da razão C/C₀ em função do número de volumes de poros V/V₀ do efluente coletado, forneceu a curva de eluição. Os valores do tempo de aplicação do pulso (t₀) e da densidade de fluxo de Darcy (q) foram medidos durante a realização dos ensaios. Calculou-se a velocidade média da água nos poros (v) usando-se a relação $v = q \cdot \theta_s^{-1}$ e os parâmetros D e R foram determinados pelos ajustes das curvas de eluição, através do modelo CDE.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição das frações texturais e as curvas granulométricas do Neossolo e do Latossolo são, respectivamente,

apresentadas na Tabela 1 e na Figura 1. Conforme a classificação textural da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, tanto o Latossolo, como o Neossolo Quartzarênico foram classificados como textura arenosa.

Tabela 1. Distribuição das frações texturais

Solo	Frações texturais						
	Argila	Silte	Areia				
			muito fina	fina	média	grossa	muito grossa
Neossolo	5,93%	4,78%	12,35%	37,66%	19,31%	14,91%	5,06%
Latossolo	4,82%	2,76%	30,63%	53,27%	5,12%	2,07%	1,33%

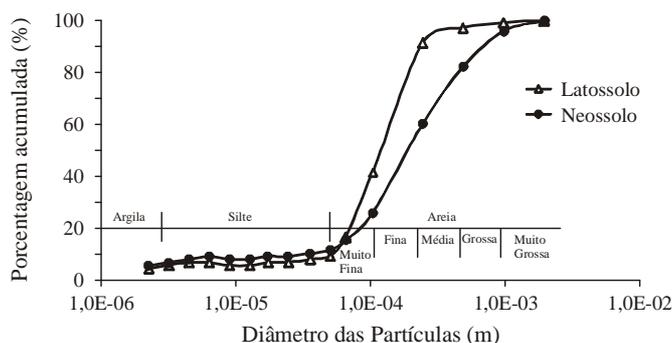


Figura 1. Curva granulométrica do Latossolo e Neossolo Quartzarênico

Na Tabela 2 se apresentam os valores das propriedades físicas do Neossolo e do Latossolo determinadas quando da montagem das colunas de solo.

Tabela 2. Características físicas do Neossolo e do Latossolo nas

Coluna de solo	Densidade do solo (kg m ⁻³ 10 ³)	Densidade das partículas (kg m ⁻³ 10 ³)	V _p (m ³ 10 ⁻⁴)	V _{injet} (m ³ 10 ⁻⁴)	ε	θ (m ³ m ⁻³)
Neossolo						
01	1,55	2,56	1,56	1,25	0,39	0,31
02	1,55	2,56	1,58	1,29	0,40	0,32
03	1,55	2,56	1,57	1,26	0,39	0,32
Latossolo						
01	1,55	2,69	1,69	1,61	0,42	0,35
02	1,55	2,69	1,69	1,57	0,42	0,35
03	1,55	2,69	1,68	1,54	0,42	0,34

V_p - volume de poros; V_{injet} - volume injetado; ε - porosidade; θ - umidade volumétrica

Na Figura 2 se acham as curvas médias do KBr das três repetições, nas vazões de $2,4 \cdot 10^{-5}$ e $12 \cdot 10^{-5}$ m³ h⁻¹ e nas três concentrações estudadas, para o Neossolo e para o Latossolo, respectivamente.

Verifica-se, na Figura 2, que o Brometo se apresenta como bom traçador, uma vez que, para um meio totalmente saturado no qual toda a água é considerada móvel, a curva de eluição de um traçador ideal passa pelo ponto 0,5 C/C₀; 1,0 V/V₀ (Melo et al., 2006).

É importante ressaltar que na Figura 2B na concentração de 11,89 g L⁻¹, o aparecimento prévio do referido traçador está relacionado a um erro no tempo de acionamento do

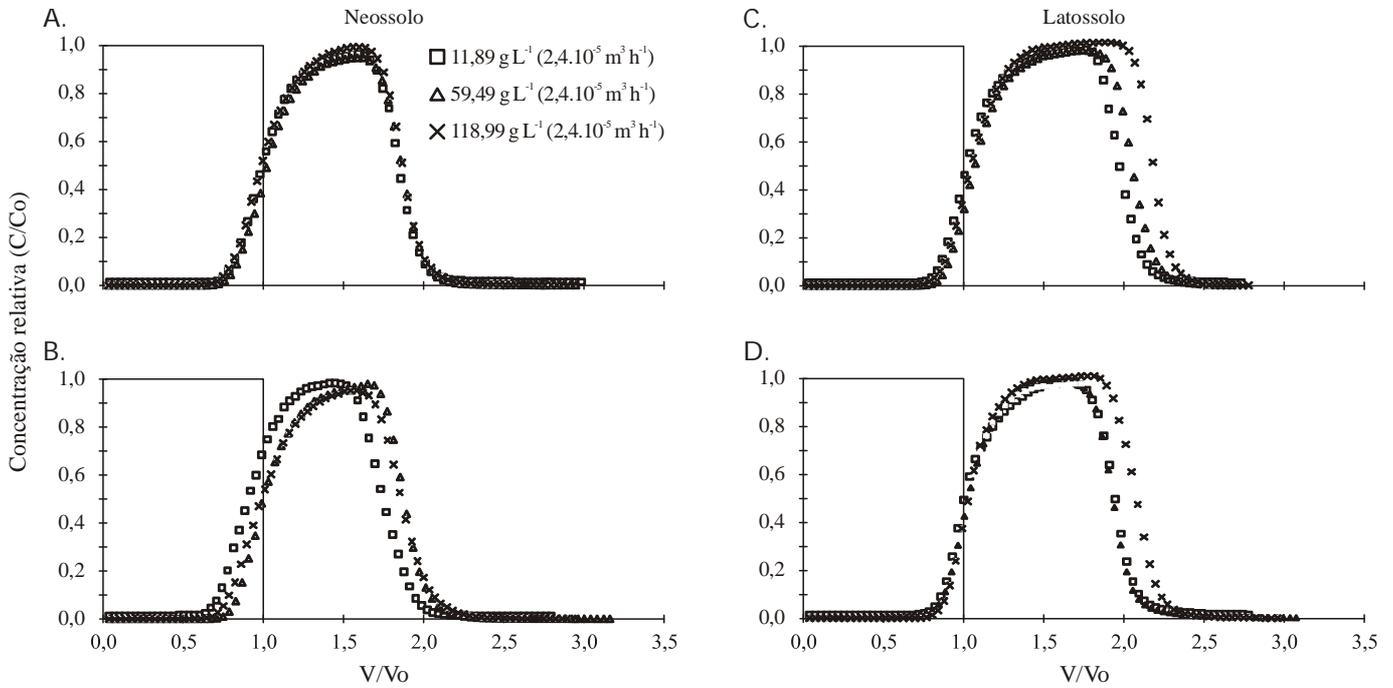


Figura 2. Curvas médias das três repetições dos ensaios com o Neossolo e Latossolo, nas vazões de (A, C) $2,4 \cdot 10^{-5}$ e (B, D) $12 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, nas concentrações de 11,89; 59,49 e 118,99 g L^{-1}

coletor de frações e não devido ao processo de exclusão aniônica, o que pode ser confirmado pelos valores de R presentes na Tabela 3, que ficaram próximos à unidade, indicando que o traçador não sofreu interações (adsorção ou exclusão) com o solo; já a defasagem na parte descendente da curva na concentração de 118,99 g L^{-1} , presente nas Figuras 2 (C) e (D) em relação às demais concentrações, é explicada pela aplicação de um tempo de pulso ligeiramente maior e não em função de uma possível interação (adsorção) do traçador com o solo, conforme explicado anteriormente com base nos valores de R.

Tem-se, na Figura 3, a sobreposição das curvas médias do Neossolo e do Latossolo, nas cinco vazões e nas concentrações de 11,89; 59,49 e 118,99 g L^{-1} , respectivamente.

Verifica-se que, independente da vazão empregada, o com-

portamento do brometo é o mesmo.

Na Tabela 3 se encontram os valores médios (três repetições) das condições experimentais e dos parâmetros hidrodispersivos dos ensaios de deslocamento miscível com o KBr, para o Neossolo, para cada vazão e nas três concentrações empregadas.

Observando-se os dados da Tabela 3, nota-se que os valores médios do fator de retardamento R, nas três concentrações e nas cinco vazões testadas, ficaram próximos à unidade, indicando que o KBr, tanto no Neossolo como no Latossolo, não sofreu interações com o solo (adsorção ou exclusão). Através dos valores de r^2 verifica-se que o modelo CDE realizou um bom ajuste aos pontos das curvas de eluição do KBr com coeficientes de determinação que variaram de 98 a 99% para o Neossolo e de 99% para o Latossolo;

Tabela 3. Valores médios (três repetições) das condições experimentais e dos parâmetros hidrodispersivos dos ensaios de deslocamento miscível com KBr para o Neossolo e para o Latossolo por vazão e nas concentrações de 11,89; 59,49 e 118,99 g L^{-1}

Q ($\text{m}^3 \text{ h}^{-1}$)	v (m s^{-1})	q (m s^{-1})	t_0 (h)	D ($\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$)	R	r^2	λ (m)	Pe
Neossolo								
$2,4 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-4} \pm 0,06$	$3,33 \cdot 10^{-6} \pm 0,04$	$5,36 \pm 0,03$	$1,6 \cdot 10^{-8} \pm 0,03$	$1,05 \pm 0,003$	0,99	$1,91 \cdot 10^{-3}$	104,7
$4,8 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-4} \pm 0,08$	$6,66 \cdot 10^{-6} \pm 0,04$	$2,54 \pm 0,09$	$3,8 \cdot 10^{-8} \pm 0,11$	$1,04 \pm 0,004$	0,98	$2,2 \cdot 10^{-3}$	94,3
$7,2 \cdot 10^{-5}$	$3,2 \cdot 10^{-4} \pm 0,25$	$1,00 \cdot 10^{-5} \pm 0,09$	$1,75 \pm 0,05$	$6,7 \cdot 10^{-8} \pm 0,14$	$1,04 \pm 0,003$	0,99	$2,79 \cdot 10^{-3}$	73,0
$9,6 \cdot 10^{-5}$	$4,4 \cdot 10^{-4} \pm 0,61$	$1,30 \cdot 10^{-5} \pm 0,24$	$1,30 \pm 0,05$	$7,0 \cdot 10^{-8} \pm 0,18$	$1,04 \pm 0,005$	0,99	$2,06 \cdot 10^{-3}$	101,7
$12 \cdot 10^{-5}$	$5,5 \cdot 10^{-4} \pm 0,67$	$1,63 \cdot 10^{-5} \pm 0,21$	$1,05 \pm 0,04$	$9,6 \cdot 10^{-8} \pm 0,23$	$1,00 \pm 0,003$	0,99	$2,36 \cdot 10^{-3}$	85,3
Latossolo								
$2,4 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-4} \pm 0,14$	$3,33 \cdot 10^{-5} \pm 0,01$	$7,03 \pm 0,12$	$1,3 \cdot 10^{-7} \pm 0,02$	$1,16 \pm 0,002$	0,99	$1,59 \cdot 10^{-3}$	124,8
$4,8 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-4} \pm 0,14$	$6,94 \cdot 10^{-6} \pm 0,01$	$3,31 \pm 0,16$	$3,3 \cdot 10^{-7} \pm 0,02$	$1,18 \pm 0,002$	0,99	$1,65 \cdot 10^{-3}$	20,8
$7,2 \cdot 10^{-5}$	$3,4 \cdot 10^{-4} \pm 0,50$	$1,02 \cdot 10^{-5} \pm 0,20$	$2,28 \pm 0,03$	$4,1 \cdot 10^{-7} \pm 0,08$	$1,13 \pm 0,002$	0,99	$1,7 \cdot 10^{-3}$	117,0
$9,6 \cdot 10^{-5}$	$4,6 \cdot 10^{-4} \pm 0,42$	$1,38 \cdot 10^{-5} \pm 0,12$	$1,67 \pm 0,09$	$6,7 \cdot 10^{-7} \pm 0,08$	$1,15 \pm 0,002$	0,99	$1,87 \cdot 10^{-3}$	106,7
$12 \cdot 10^{-5}$	$5,8 \cdot 10^{-4} \pm 0,43$	$1,75 \cdot 10^{-5} \pm 0,16$	$1,31 \pm 0,05$	$8,8 \cdot 10^{-7} \pm 0,20$	$1,11 \pm 0,002$	0,99	$2,09 \cdot 10^{-3}$	95,6

(X \pm σ): Média \pm desvio padrão; Q – vazão; v – velocidade média da água nos poros; t_0 – tempo de aplicação do pulso; D – coeficiente de dispersão hidrodinâmico; R – fator de retardamento; r^2 – coeficiente de determinação; λ – dispersividade; Pe – número de Péclet

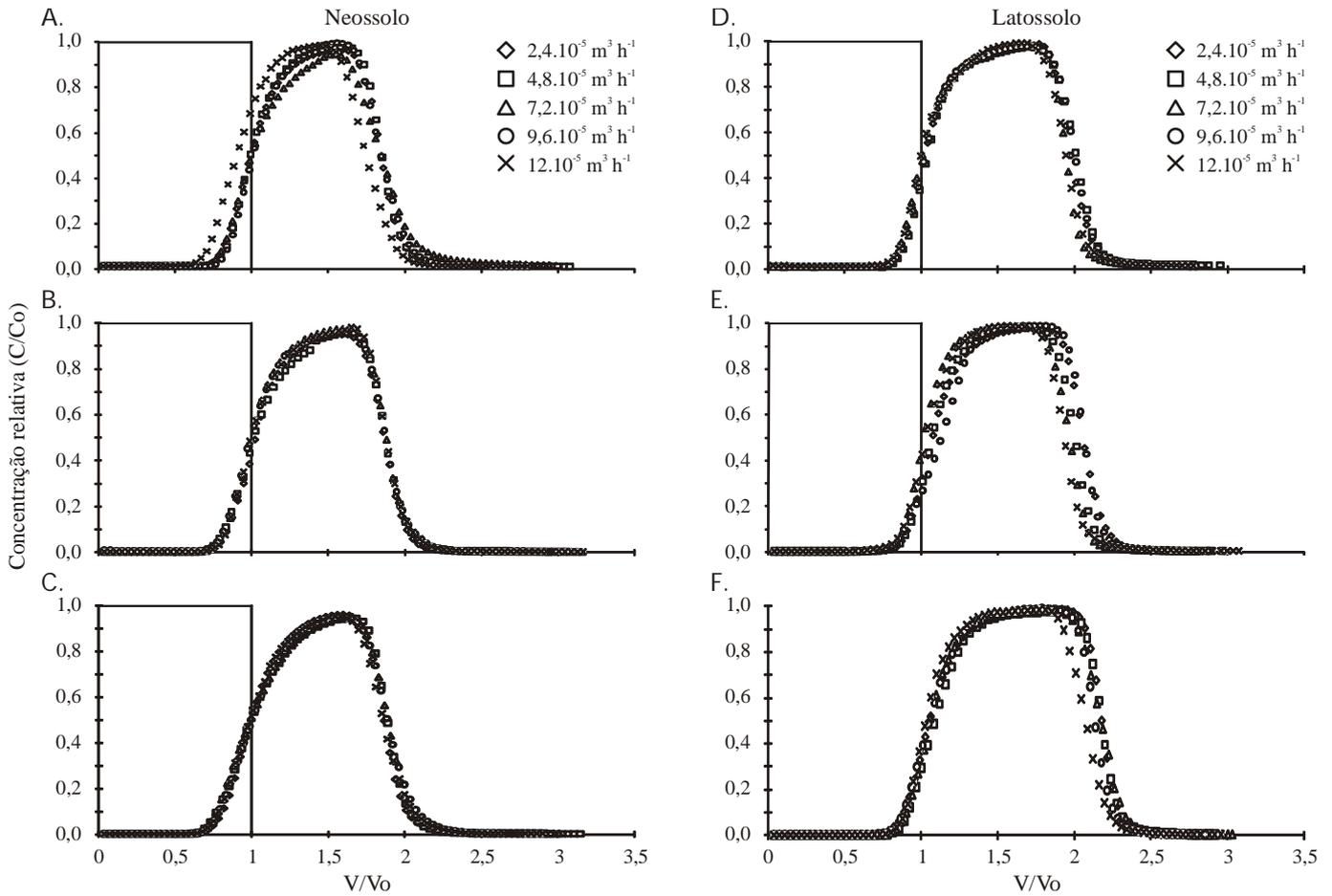


Figura 3. Sobreposição das cinco curvas médias de três repetições por vazão nas concentrações de (A, D) 11,89; (B, E) 59,49 e (C, F) 118,99 g L⁻¹ para o Neossolo e o Latossolo

observa-se ainda, para os dois solos que, em todos os ensaios o processo de convecção foi predominante uma vez que, segundo Novy Quadri (1993), valores do número de Péclet superiores a 10 indicam que a convecção predomina sobre o processo de difusão.

Na Figura 4 se constata, para ambos os solos, a relação entre o coeficiente de dispersão e a velocidade média da água nos poros segue uma relação linear.

Apresentam-se, na Figura 5, as curvas médias de eluição do KBr, obtidas experimentalmente e ajustadas ao modelo CDE (D e R), para o Neossolo e o Latossolo, na vazão de $12 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, nas concentrações de 11,89; 59,49 e 118,99 g L⁻¹, respectivamente.

Observando-se os gráficos na Figura 5 constata-se, para ambos os solos, que em todos os ensaios além de ter ocorrido uma simetria no trecho ascendente e descendente de cada uma das curvas, também as curvas de eluição e as curvas ajustadas pelo modelo CDE passaram pelo ponto $(0,5 C/C_0; 1,0 V/V_0)$, confirmando a boa qualidade do KBr como traçador químico.

Com base nos resultados encontrados para esses solos, o valor da dispersividade ($\lambda = D/v$) é aproximadamente duas vezes maior para o Neossolo visto que, embora ambos os solos apresentem a mesma classificação textural (Areia), o Neossolo mostra uma distribuição maior dos tamanhos das

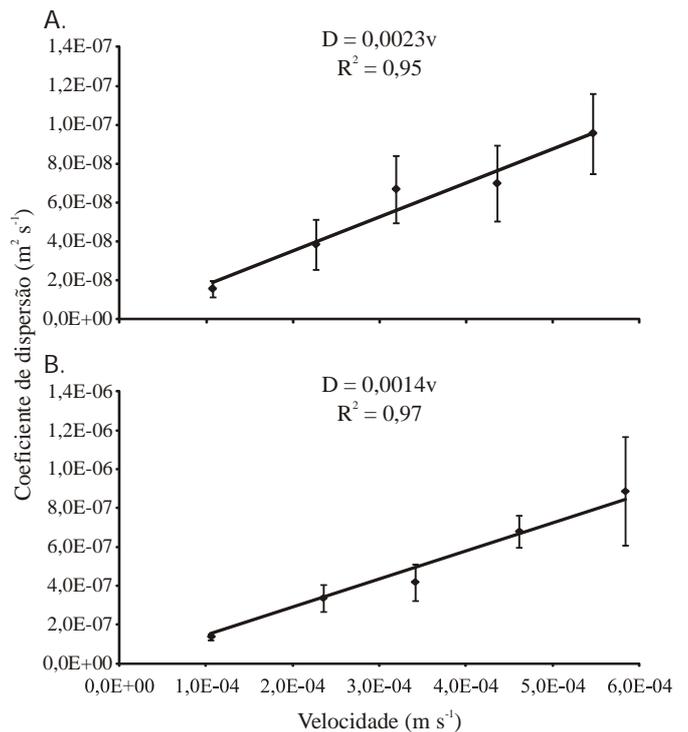


Figura 4. Relação entre o coeficiente de dispersão e a velocidade média da água nos poros para o (A) Neossolo, (B) Latossolo para as cinco vazões estudadas e para as concentrações de 11,89; 59,49 e 118,99 g L⁻¹

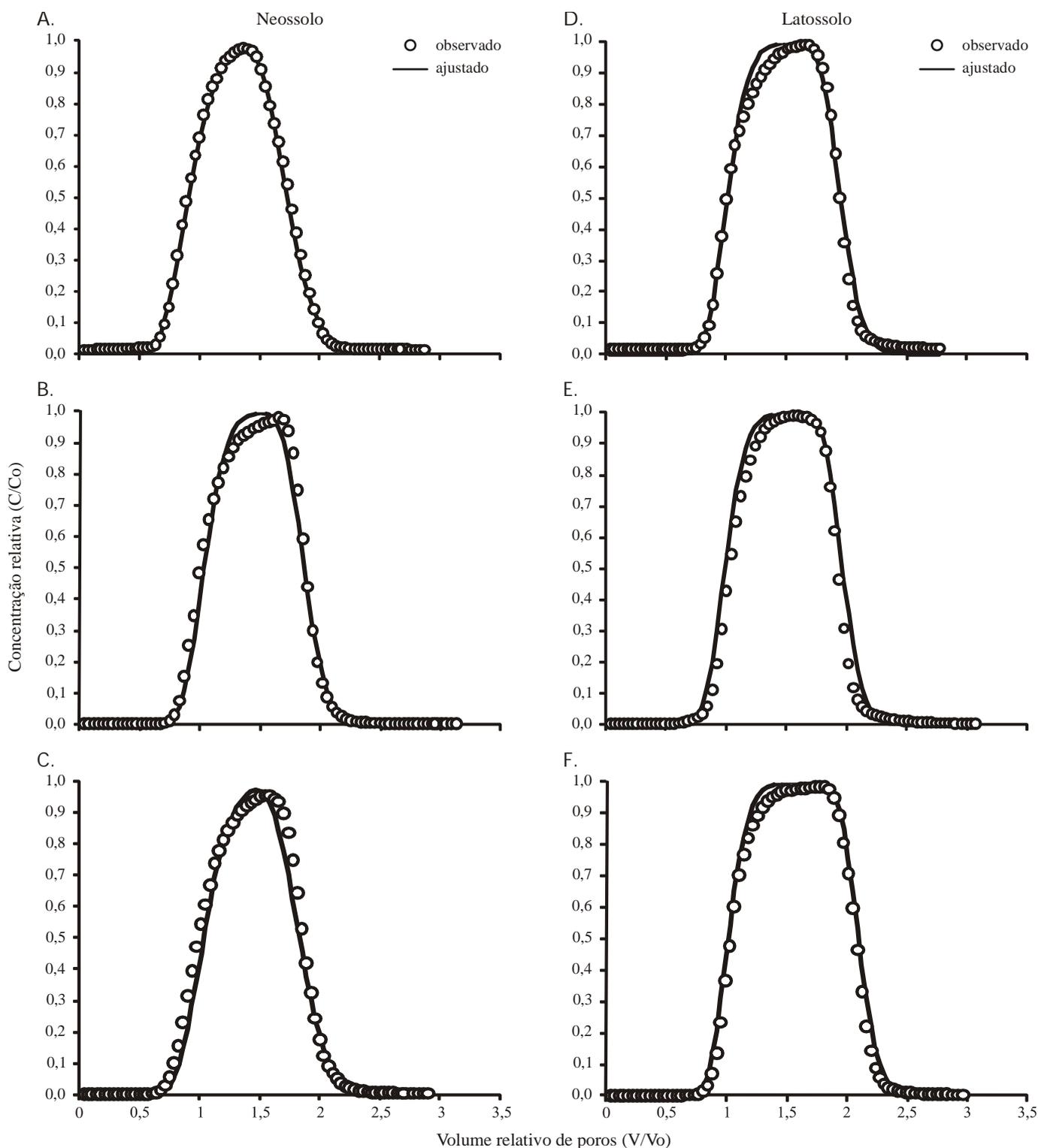


Figura 5. Curvas médias de eluição do KBr ajustadas pelo modelo CDE, em colunas com Neossolo e Latossolo saturadas na vazão de $12 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, nas concentrações de (A, D) 11,89; (B, E) 59,49 e (C, F) 118,99 g L⁻¹

partículas (frações de areia), diferente daquela encontrada para o Latossolo, sinal de que, nas mesmas condições de fluxo, o Neossolo apresenta maior capacidade de dispersão de um soluto no solo que para o Latossolo. Os valores determinados para a dispersividade estão de acordo com os valores encontrados em trabalhos na literatura (Perfect et al., 2002; Vervoort et al., 1999; Gist et al., 1999).

CONCLUSÕES

1. O fator de retardamento R, para ambos os solos, foi próximo à unidade, indicando que o KBr não sofreu qualquer tipo de interação (adsorção ou exclusão) nesses solos.
2. O modelo CDE ajustou-se bem aos pontos das curvas de eluição, com os valores dos coeficientes de determinação

variando de 98 a 99% para ambos os solos.

3. Verificou-se que tanto para o Neossolo quanto para o Latossolo, a relação entre o coeficiente de dispersão hidrodinâmica e a velocidade média da água nos poros seguiu uma relação linear.

4. Em referência à dispersividade, os valores médios encontrados no Neossolo foram ligeiramente maiores que os do Latossolo, em função das diferentes frações de areia (grossa, média e fina) encontradas para ambos os solos.

5. Por fim, o KBr se mostrou como bom traçador químico, em ambos os solos e em todas as vazões e concentrações empregadas, demonstrando que o KBr representa boa ferramenta na avaliação dos parâmetros hidrodispersivos.

LITERATURA CITADA

- Bedor, C. N. G.; Ramos, L. O.; Pereira, P. J.; Rêgo, M. A.V.; Pavão, A.C.; Augusto, L. G. S. Vulnerabilidades e situações de riscos relacionados ao uso de agrotóxicos na fruticultura irrigada. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v.12, n.1, p.39-49, 2009.
- Costa, C. T.; Antonino, A. C. D.; Netto, A. M. Ensaios de deslocamento de líquidos miscíveis na determinação dos parâmetros hidrodispersivos de um solo aluvial. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.11, n.2, p.111-122, 2006.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.
- Feike, L. J.; Dane, J. H. Moment method applied to solute transport with binary and ternary exchange. *Soil Science Society of America Journal*, v.56, p.667-674, 1992.
- Gist, G. A.; Thompson, A. H.; Katz, A. J.; Higgins, R. L. Hydrodynamic dispersion and pore geometry in consolidated rock. *Physical Fluids*, v.2, p.1533-1544, 1999.
- Jury, W. A.; Sposito, G. Field Calibration and validation of solute transport models for the unsaturated zone. *Soil Science Society of America Journal*, v.49, p.1331-1341, 1985.
- Lacerda, B. N.; Zero, V. M.; Barilli, J.; Moraes, M. H.; Bicudo, S. J. Efeito de sistemas de manejo na estabilidade de agregados de um Nitossolo Vermelho. *Engenharia Agrícola*, v.25, n.3, p.686-695, 2005.
- Melo, R. F.; Ferreira, P. A.; Matos, A. T.; Ruiz, H. A.; Oliveira, L. B. Deslocamento miscível de cátions básicos provenientes da água residuária de mandioca em colunas de solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, n.2, p.456-465, 2006.
- Milfont, M. L.; Antonino, A. C. D.; Martins, J. M. F.; Netto, A. M.; Corrêa, M. M. Caracterização hidrodispersiva de dois solos do Vale do Rio São Francisco. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.1, p.81-87, 2006.
- Milfont, M. L.; Antonino, A. C. D.; Martins, J. M. F.; Netto, A. M.; Gouveia, E. R.; Correa, M. M. Transporte do paclobutrazol em colunas de solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, n.5, p.2165-2175, 2008.
- Miranda, J. H.; Duarte, S. N. Modelo para simulação da dinâmica de nitrato em colunas verticais de solo não saturado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, n.2, p.235-241, 2002.
- Novy Quadri, M. G. Transferts de solutes dans les sols saturés et non saturés application au pentachlorophenol. Grenoble: Université of Grenoble, 1993. 204p. Tese Doutorado
- Parker, J. C.; van Genuchten, M.Th. Flux-averaged and volume-averaged concentrations in continuum approaches to solute transport. *Water Resource Research*, v.20, p.866-872, 1984.
- Perfect, E. M. C. S.; Haszler, G. R. Prediction of dispersivity for undisturbed soil columns from water retention parameters. *Soil Science Society American Journal*, v.66, p.696-701, 2002.
- Silva, L. L.; Donnici, C. L.; Ayala, J. D.; Freitas, C. H.; Moreira, R. M.; Pinto, A. M. F. Traçadores: o uso de agentes químicos para estudos hidrológicos, ambientais, petroquímicos e biológicos. *Química Nova*, v.32, n.6, p.1576-1585, 2009.
- Vervoort, R. W.; Radcliffe, D. E.; West, L. T. Soil structure development and preferential solute flow. *Water Resource Research*, v.35, p.913-928, 1999.