



## **XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE**

### **ADSORÇÃO E DESLOCAMENTO DO ÍON POTÁSSIO EM PLANOSSOLO HÁPLICO NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO**

*Carolynne Wanessa Lins de Andrade*<sup>1</sup>; *Suzana Maria Gico Lima Montenegro*<sup>2</sup>; *Abelardo Antônio de Assunção Montenegro*<sup>3</sup>; *Fred Mikhail Carneiro Valério de Assis*<sup>4</sup>

**RESUMO** – Objetivou-se analisar o comportamento do íon potássio em um Planossolo Háplico típico da região semiárida de Pernambuco, a partir do ajuste de curvas de eluição pelo modelo STANMOD. A partir dos valores de fator de retardamento (R), os quais foram superiores a 1, observou-se que houve interação entre o íon potássio com o solo estudado. Pelos valores de número de Peclet (P), pôde-se constatar que houve transporte predominantemente por convecção para o potássio. Os parâmetros de transporte evidenciaram positivamente os efeitos de adsorção e de deslocamento do íon potássio, o qual foi retido no solo com grande intensidade; assim, o potássio possui baixa mobilidade no solo estudado. Os dados experimentais foram adequadamente ajustados ao modelo teórico através do modelo STANMOD.

**Palavras-Chave** – deslocamento miscível, STANMOD, parâmetros de transporte de solutos.

**ABSTRACT**– This study aimed to analyze the behavior of potassium ion in a typical Haplic Planossol the semiarid region of Pernambuco, from experimental breakthrough curves by STANMOD model. From the values of retardation (R) factor, which were higher than 1, it was observed that there was interaction between potassium ion with the soil. It could be observed, by the values of Peclet number (P), that the potassium was transported predominantly by convection. The transport parameters showed the positive effects of adsorption and displacement of potassium ion, which was retained in the soil with high intensity; thus, potassium has low mobility in soil studied. The experimental data showed a good fit to the theoretical model through STANMOD.

**Key-words** - miscible displacement, STANMOD, solute transport parameters

1) Universidade Federal Rural de Pernambuco. Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Recife, PE, 52171-900 Email: carolynelins200@gmail.com

2) Universidade Federal de Pernambuco. Avenida Prof. Moraes Rego, 123 - Cidade Universitária, PE, 50670-901 E-mail: suzanam@ufpe.br

3) Universidade Federal Rural de Pernambuco. Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Recife, PE, 52171-900 Email: abelardo.montenegro@yahoo.com.br

4) Universidade Federal Rural de Pernambuco. Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Recife, PE, 52171-900 Email: fredmikhail@hotmail.com

## 1 – INTRODUÇÃO

O entendimento dos processos de adsorção e deslocamento de solutos no solo é de grande importância para a preservação ambiental e para a economia agrícola, uma vez que o movimento de solutos para camadas mais profundas do solo pode causar a contaminação do lençol freático e o não aproveitamento dos nutrientes pelas culturas.

O deslocamento da água e dos solutos ao longo do perfil do solo é um tema bastante pesquisado na física do solo, devido, principalmente, à sua importância relacionada à disponibilidade de água para as plantas e ao transporte de solutos no solo (Tito et al., 2012).

Os processos pelos quais os solutos são transportados nos solos são: convecção, dispersão mecânica e difusão molecular. A mobilidade e a permanência dos solutos no solo são influenciadas pelas características do solo e pelo tipo de soluto aplicado. Segundo Santos et al. (2010) o tipo de solo, a mineralogia das argilas, a granulometria, a estrutura, a capacidade de troca iônica, o tipo de íons adsorvidos e o teor de matéria orgânica, influenciam sensivelmente o transporte de solutos.

Os métodos para determinação dos parâmetros de transporte de solutos no solo fundamentam-se no ajuste de uma solução analítica aos pontos da curva de distribuição de efluentes obtida experimentalmente. Os parâmetros de transporte mais relevantes a serem estimados são a velocidade de água no poro, o coeficiente de difusão-dispersão e o fator de retardamento (Silva et al., 2012).

Os modelos computacionais constituem-se em ferramentas essenciais para o estudo dos processos de transporte de solutos. Existem vários modelos, como o STANMOD (Šimůnek et al., 2008). Alcântara & Camargo (2010) e Oliveira et al. (2013) utilizaram o STANMOD para determinação dos parâmetros de transporte e obtiveram sucesso no ajuste dos dados experimentais. Tosco & Sethi (2009) verificaram o adequado desempenho do modelo STANMOD na simulação de nanopartículas no solo.

Vários pesquisadores têm buscado o entendimento sobre a dinâmica de solutos e da água no solo, podendo-se citar alguns mais recentes como Alcântara & Camargo (2010), que avaliaram a movimentação de nitrato em colunas de solo de um Latossolo Vermelho acriférico e de um Nitossolo Vermelho eutrófico; Maciel Netto et al. (2012), que realizaram a caracterização hidrodinâmica e hidrodispersiva de um Latossolo Amarelo; Silva et al. (2012), que obtiveram os parâmetros hidrodispersivos do sódio e potássio via vinhaça de um Nitossolo Vermelho eutrófico, e Moura et al. (2013) que estudaram o deslocamento de soluções miscíveis de um Espodossolo e de um Argissolo.

Portanto, o objetivo deste trabalho consiste na análise do comportamento, no que se refere ao transporte e retenção do íon potássio em um Planossolo Háplico típico da região semiárida de Pernambuco, a partir do ajuste de curvas de eluição (Breakthrough Curves, BTC) pelo modelo STANMOD. A escolha do solo deu-se devido a sua importância representativa de condições típicas de solo sob uso agrícola na região Nordeste.

## 2 – MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Água e Solo do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, situada em Recife/PE. O solo foi coletado no distrito de Mutuca, município de Pesqueira – PE (Figura 1), com coordenadas geográficas de 8°16'46" e 36°34'22" de latitude e longitude, respectivamente, e altitude 654 metros (Miranda, 2010). A área de estudo vem sendo utilizada para a disposição controlada de esgoto doméstico tratado para a produção agrícola.

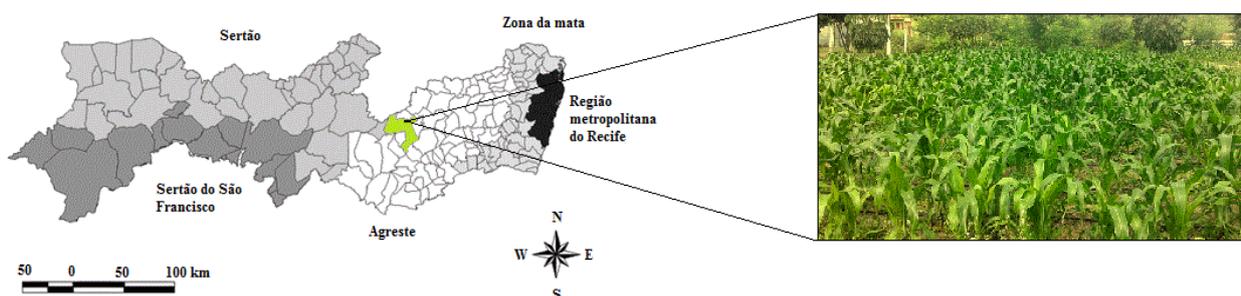


Figura 1. Mapa de Pernambuco com destaque no Município de Pesqueira/PE e imagem da área de estudo (Fonte: Modificado de Torres & Brandão Filho, 2006)

O clima da região é classificado como BSHW semiárido quente, com temperatura média anual em torno de 27°C, umidade relativa do ar de 73% e velocidade média do vento de 2,5 m/s (Molinier et al., 1994). O solo utilizado no estudo é classificado como Planossolo Háplico, e foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0 a 0,20 m em quatro blocos distintos (Bloco 1, Bloco 2, Bloco 3 e Bloco 4). Os blocos existentes na área de estudo diferiam apenas na declividade do terreno, com valor de 6%, conforme Miranda (2010).

As amostras foram inicialmente destorroadas e peneiradas em peneira com diâmetro de 2,00 mm e, posteriormente secas em estufa a 105°C para obtenção da TFSE (Terra Fina Seca em Estufa) por um período de 24 h. As caracterizações física e química do solo foram realizadas de acordo com

a EMBRAPA (1997). As determinações do carbono orgânico total e matéria orgânica do solo foram realizadas conforme Yeomans & Bremner (2005).

As características físicas e químicas do solo são apresentadas na Tabela 1. Conforme a classificação da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, o solo possui textura franco-arenosa.

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo na profundidade de 0 a 0,2 m

| Areia (%) |        | Silte | Argila | Ds                     | Dp                     | $\alpha$                          | CE                    | pH   | K <sup>+</sup>                       | Na <sup>+</sup>                      |
|-----------|--------|-------|--------|------------------------|------------------------|-----------------------------------|-----------------------|------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Fina      | Grossa | (%)   | (%)    | (kg dm <sup>-3</sup> ) | (kg dm <sup>-3</sup> ) | (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ) | (dS m <sup>-1</sup> ) | água | (mmol <sub>c</sub> l <sup>-1</sup> ) | (mmol <sub>c</sub> l <sup>-1</sup> ) |
| 57,77     | 21,97  | 7,22  | 13,04  | 1,50                   | 2,64                   | 43,02                             | 2,67                  | 7,89 | 0,36                                 | 1,58                                 |

Ds – Densidade do solo; Dp – Densidade de partículas;  $\alpha$  – Porosidade; CE – Condutividade elétrica do extrato de saturação

Para obtenção dos parâmetros de transporte de solutos no solo foram elaboradas, em laboratório, as Breakthrough Curves (BTC), ou seja, as curvas de eluição do íon em relação ao volume de solução aplicada. Foram utilizadas duas colunas de acrílico com 30 cm de comprimento e 6 cm de diâmetro interno; as colunas foram preenchidas com solo até a altura de 28 cm, resultando em um volume de 791,68 cm<sup>3</sup>. Na parte inferior das colunas foi colocado um círculo de manta sintética sobre uma tela, definidos por um “cap”.

Para iniciar o teste, primeiramente, a coluna foi saturada com água deionizada, processo esse realizado de forma lenta, por capilaridade, colocando-a em um balde e em seguida, adicionando a água por gotejamento ao longo das paredes do balde, até cerca de 2/3 da altura da coluna. O conjunto foi mantido em repouso durante um período de 24 horas para completar o processo de saturação.

Após 24 horas em repouso (saturado), as colunas de solo foram montadas em um permeâmetro de carga constante e, pelo tempo de 24 h, se manteve no topo da coluna uma carga hidráulica de 0,1 m, com o objetivo de remover, por percolação da água, todos os íons presentes na solução do solo e do complexo de troca.

Após a lavagem, verificou-se, em cada unidade experimental, se o fluxo estava em condição de regime permanente. Comprovada a condição de fluxo permanente, deu-se início à passagem das soluções (pelas colunas de solo), contendo a solução do íon potássio na concentração de 300 mg dm<sup>-3</sup>. A solução do íon potássio foi preparada diluindo 1,9069 g de KCl para cada litro de água deionizada.

A partir deste momento, os efluentes foram coletados sequencialmente em frascos com volume de 20 ml, definidos em função do volume de poros ( $V_p$ ), cujos valores estão em função do volume da coluna ( $V_t$ ) e da porosidade do solo ( $\alpha$ ) (Eq. 1). Cada frasco correspondia a aproximadamente 0,06 $V_p$ . As concentrações de potássio foram mensuradas pelo equipamento

fotômetro de chamas (EMBRAPA, 1997). Amostras da solução efluente foram coletadas até que a concentração se aproximasse da solução deslocadora.

$$V_p = V_t \cdot \alpha \quad (1)$$

Para obtenção dos parâmetros de transporte de solutos no solo, após a coleta dos efluentes, foi utilizado o software STANMOD (Šimůnek et al., 2008). Com a posse da concentração de sódio e potássio foram elaboradas as curvas de distribuição de efluentes pelo modelo. Os parâmetros determinados pelo software foram: fator de retardamento (R) e número de Peclet (P). A velocidade da água nos poros ( $v$ ), o coeficiente de difusão-dispersão (D) e a dispersividade ( $\lambda$ ) foram obtidos a partir das equações 2, 3 e 4, respectivamente. Os dados de entrada para o modelo são: tipo do modelo (no qual utilizamos o CFITIM, equilíbrio de adsorção linear, primeiro-tipo BC), tipo de problema (problema inverso), número de pontos de dados (variável a cada ensaio, entre 70 e 100) parâmetros de transporte (P=10; R=1; Pulso=1000, ajuste de P e R) e por fim, os dados do ensaio (volume de poros acumulado e concentração relativa ao longo do ensaio experimental).

$$v = \frac{q}{\theta_{sat}} \quad (2)$$

Onde  $v$  é a velocidade da água,  $\text{cm min}^{-1}$  e  $q$  é a densidade de fluxo,  $\text{cm min}^{-1}$ .

$$D = \frac{v \cdot L}{P} \quad (3)$$

Onde D é o coeficiente de difusão-dispersão,  $\text{cm}^2 \text{min}$ ; L é o comprimento da coluna de solo, cm e P é o número de Peclet, adimensional.

$$\lambda = \frac{D}{v} \quad (4)$$

### 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas de distribuição de efluentes, Breakthrough Curves (BTC), para o íon potássio em cada bloco estudado são apresentadas na Figura 2. O desenvolvimento e a forma das curvas de distribuição de determinado íon caracteriza o deslocamento miscível da solução aplicada; assim, indica a existência ou não de efeitos de interação entre o soluto e o solo.

Observa-se a baixa inclinação das curvas de distribuição do potássio; pode-se verificar também o deslocamento dessas curvas do sódio para a direita, indicando alta interação entre o soluto e o solo. Pode-se dizer que houve grande interação entre o potássio e o solo estudado, e conseqüentemente, menor mobilidade do íon potássio durante o processo de fluxo de solução ao longo da coluna de solo. Silva et al. (2012), estudando os parâmetros de transporte dos íons sódio e potássio via vinhaça, observaram maior interação do íon potássio com o solo quando comparado com o íon sódio.

Em todas as BTC's do solo estudado foram atingidos pelo menos 75% da concentração inicial aplicada. A dificuldade em se atingir 100% da concentração inicial pode estar relacionada à baixa quantidade do potássio presente na solução, o que retardou o processo de lixiviação do soluto.

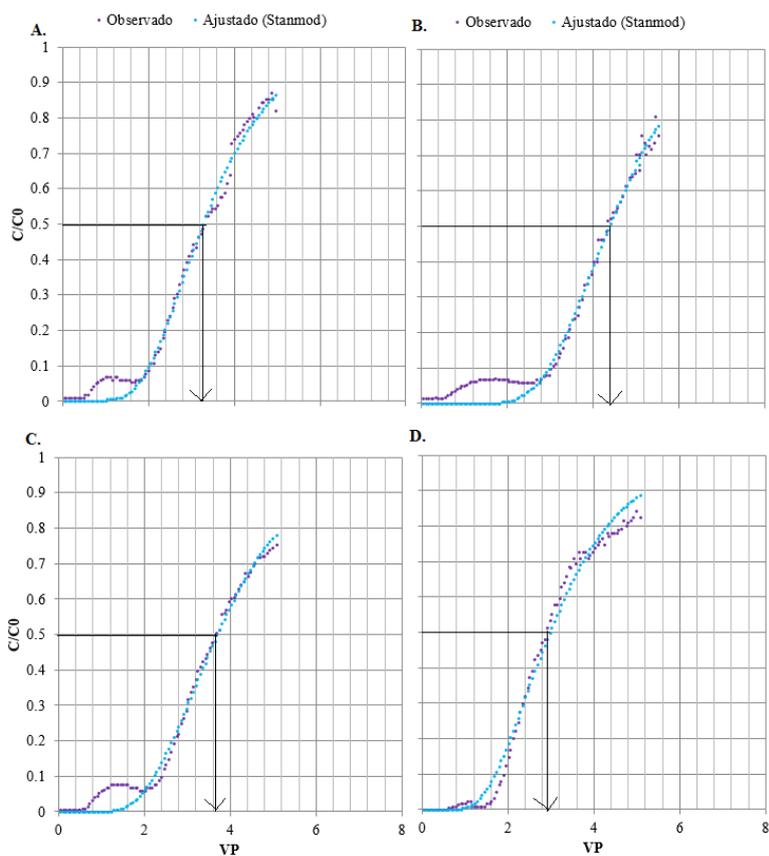


Figura 2. Curvas de distribuição de efluentes para o íon potássio na concentração de  $300 \text{ mg dm}^{-3}$  para os blocos 1 (2 A), 2 (2 B), 3 (2 C) e 4 (2 D), observadas e ajustadas pelo STANMOD

As setas presentes nas curvas de distribuição do sódio indicam o volume de solução aplicada pelo volume de poros da coluna (VP) em que a concentração relativa ( $C/C_0$ ) foi igual a 0,5. De acordo com Nielsen & Biggar (1962), um primeiro indicativo de que existe interação entre o soluto e solo é o número de volume de poros correspondente à concentração relativa de 0,5. Quando o valor do número de volume de poros correspondente à concentração for igual a 1, significa que não há

interação entre o soluto e solo; quando for maior do que 1 significa há interação, ou seja, quando a solução passa no solo, parte do soluto é adsorvido pelo mesmo. Assim, como mostram as setas nas curvas, os valores de VP para  $C/C_0=0,5$  foram superiores a 1, indicando que para todos os blocos estudados houve interação entre o potássio e o solo. Santos et al. (2010), avaliando os íons cálcio, magnésio, sódio e potássio das águas residuárias de origem doméstica tratada e de suinocultura, com colunas de solos Argissolo Vermelho Amarelo e Neossolo Regolítico, e Silva et al. (2012) obtendo os parâmetros de transporte do sódio e potássio via vinhaça, com colunas de solo Nitossolo Vermelho eutrófico, também encontraram valores de VP para  $C/C_0=0,5$  superiores a um para o íon potássio.

A partir das análises, verificou-se que nas curvas de eluição do íon potássio, o início da ascensão foi em aproximadamente 2VP; as curvas do potássio possuem maior deslocamento para a direita, indicando que o íon potássio foi retido com grande intensidade no solo estudado.

O ajuste do modelo aos dados obtidos experimentalmente e a estimativa dos parâmetros de transporte do potássio (P, R, D, v e  $\lambda$ ) foram realizados, uma vez que segundo Álvarez-Benedí et al. (1999), a estimativa dos parâmetros de transporte se dá através do ajuste do modelo utilizado aos dados obtidos experimentalmente.

Os parâmetros de transporte do potássio das amostras de cada bloco e as características das colunas estão apresentados na Tabela 2, os quais sejam o número de Peclet (P), o fator de retardamento (R), a velocidade de solução no solo (v), a dispersividade ( $\lambda$ ), o coeficiente de difusão-dispersão (D), o fluxo de solução no solo (q), a densidade do solo ( $\rho$ ) e a porosidade do solo ( $\alpha$ ) nas colunas. Os parâmetros P e R encontram-se no intervalo de confiança de 95%.

Verificou-se que para o íon potássio, a maioria dos valores correspondentes ao número de Peclet (P) foram maiores do que 10, indicando que o transporte predominante ocorreu por convecção. Silva et al. (2012) obtiveram valores elevados de P para os íons sódio e potássio em um Nitossolo Vermelho eutrófico, ocorrendo transporte predominante por convecção.

Tabela 2. Parâmetros de transporte do potássio na concentração de  $300 \text{ mg dm}^{-3}$  para os quatro blocos estudados

| BTC<br>(Bloco) | P     | R    | v<br>( $\text{cm min}^{-1}$ ) | $\lambda$<br>(cm) | D<br>( $\text{cm}^2 \text{ min}^{-1}$ ) | q<br>( $\text{cm min}^{-1}$ ) | $D_s$<br>( $\text{kg dm}^{-3}$ ) | $\alpha$<br>( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) |
|----------------|-------|------|-------------------------------|-------------------|---|-------------------------------|----------------------------------|---|
| 1              | 13,35 | 3,45 | 0,63                          | 2,10              | 1,33                                    | 0,29                          | 1,41                             | 47,72                                       |
| 2              | 20,37 | 4,55 | 0,84                          | 1,37              | 1,16                                    | 0,38                          | 1,43                             | 45,28                                       |
| 3              | 11,95 | 4,14 | 0,36                          | 2,34              | 0,84                                    | 0,16                          | 1,48                             | 44,07                                       |
| 4              | 9,81  | 3,28 | 0,76                          | 2,85              | 2,18                                    | 0,34                          | 1,45                             | 47,77                                       |

Observa-se que os valores de R estimados pelo STANMOD (Tabela 2), foram relativamente próximos dos valores indicados pelas setas nos gráficos, para o íon estudado, indicando um bom ajuste do modelo aos dados obtidos experimentalmente.

Em geral, foi observado valor de fator de retardamento para o íon potássio em média igual a 3,34 VP, indicando que, no solo estudado, é necessário aplicar a ele o respectivo VP, além da lâmina de irrigação a ser aplicada, para compensar o retardamento desse íon em relação à frente de avanço da solução. Santos et al. (2010), estudando os íons sódio, potássio, cálcio e magnésio em um Neossolo Regolítico, sob aplicação de água doméstica tratada e água de suinocultura, encontraram valores de fator de retardamento iguais a 1,25 e 1,37, para o íon potássio, respectivamente.

Valores mais altos do coeficiente de difusão-dispersão (D) estão ligados ao aumento da faixa de mistura entre as soluções deslocadora e deslocada no perfil do solo (Nielsen & Biggar, 1962). Santos et al. (2010), estudando dois tipos de solos, encontraram valores mais elevados de D para o Neossolo Regolítico em relação ao Argissolo Vermelho Amarelo, indicando que uma das possíveis causas para o menor D no Argissolo foi a sua menor velocidade de fluxo. Comparando os valores de D para cada ensaio, pode-se verificar que o menor valor de D está associado à menor velocidade de fluxo, corroborando com Santos et al. (2010).

Observou-se que os valores do fluxo da solução para o potássio foram menores em alguns blocos em comparação com os demais; esses resultados podem ser explicados pelo processo de preenchimento das colunas; em que a maior densidade do solo da coluna, resultou na menor densidade de fluxo.

Verifica-se na Tabela 2, que os volumes de poros foram ligeiramente maiores para as colunas com densidade menor; essa pequena diferença de densidade ocorreu devido ao processo de preenchimento das colunas. Santos et al. (2010) também encontraram essa relação quando compararam as densidades de dois solos, onde o Argissolo, que apresentava menor densidade, possuía maior volume de poros em relação ao Neossolo.

#### **4 – CONCLUSÕES**

1. A partir dos valores de fator de retardamento (R), os quais foram superiores a 1, observou-se que houve interação entre os íon potássio com o solo estudado.
2. Pelos valores de número de Peclet (P), pôde-se constatar que houve transporte predominantemente por convecção para o potássio.

3. Os parâmetros de transporte evidenciaram positivamente os efeitos de adsorção e de deslocamento do íon potássio, sendo o íon potássio retido no solo com grande intensidade; assim, o potássio possui baixa mobilidade no solo estudado.
4. Houve bom ajuste do modelo STANMOD aos dados obtidos experimentalmente.

## 5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcântara, M. A. K.; Camargo, O.A. Movimentação de nitrato em horizonte superficial e subsuperficial de Latossolo e Nitossolo com cargas variáveis. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, n.1, p.81-88, jan. 2010.

Álvarez-Benedí, J.; Isla, T.; Cartón, A.; Bolado, Y. S. Efecto de la velocidad de flujo en los parámetros de transporte de solutos. In: Muñoz-Carpena, R.; Ritter, A.; Tascón, C. (Ed.). *Estudios en la zona no saturada del suelo. La laguna: ICIA*, 1999. p. 157-161.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Manual de Métodos de Análises de Solo*. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212p

Maciel Netto, A.; Lima, L. J. S.; Antonino, A. C. D.; Souza, E. S.; Ângulo-Jaramillo, R. Caracterização hidrodinâmica e hidrodispersiva de um Latossolo Amarelo na microrregião do brejo paraibano. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v.37, p.86-96, 2012.

Miranda, R. J. A. Lâminas de irrigação com água residuária e adubação orgânica na cultura do algodão BRS Safira. Campina Grande: UFCG, 2010. 84p. Tese Doutorado. Molinier, M.; Albuquerque, C.H.C. & Cadier, E. Análise de pluviometria e isoietas homogêneas do nordeste brasileiro. Recife, *Sudene* 58p. (hidrologia, 32), 1994.

Molinier, M.; Albuquerque, C.H.C. & Cardier, E. Análise de pluviometria e isoietas homogêneas do nordeste brasileiro. Recife, *Sudene* 58p. (Hidrologia, 32), 1994.

Moura, A. E. S. S.; Carvalho, J. F.; Montenegro, S. M. G. L.; Carmo, A. I.; Magalhães, A. G.; Sousa, C. C. M.; Antonino, A. C. D.; Araujo, J. A. C.; Melo, R. O. Determinação de parâmetros hidrodispersivos em solos da Zona da Mata de Pernambuco. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 18, n.3, p. 109-115, 2013.

Nielsen, D. R.; Biggar, J. W. Miscible displacement: ii. Behavior of tracers. *Soil Science Society of America Proceedings*, v. 26, n. 2, p. 125-128, 1962.

Oliveira, L. F. C.; Nogueira, J. G.; Frizzarim, S. S.; Fia, R.; Freitas, J. S.; Fia, F. R. L. Sorção e mobilidade do lítio em solos de áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.18, n.2, p. 139-148, 2013.

- Santos, J. S.; Lima, V. L. A.; Borges Júnior, J. C. F.; Silva, L. V. B. D.; Azevedo, C. A. V. Mobilidade de solutos em colunas de solo com água residuária doméstica e de suinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.11, p.1226–1233, 2010.
- Silva, N. F.; Lelis Neto, J. A.; Teixeira, M. B.; Cunha, F. N.; Miranda, J. H.; Coelho, R. D. Distribuição de solutos em colunas de solo com vinhaça. *Revista Irriga*, edição especial, p. 340 - 350, 2012.
- Šimůnek, J.; Genuchten, M.T.H. van; Sejna, M. Development and applications of the hydrus and stanmod software packages and related codes. *Vadose Zone Journal*, v.7, p.587-600, 2008.
- Tito, G. A.; Chaves, L. H. G.; Guerra, H. O. C. Mobilidade do zinco e do cobre em Argissolo com aplicação de argila bentonita. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.9, p.938–945, 2012.
- Tosco, T.; Sethi, R. MNM1D: A Numerical Code for Colloid Transport in Porous Media: Implementation and Validation. *American Journal of Environmental Sciences*, v. 5 n.4, p. 517-525, 2009.
- Yeomans J. C. & Bremner, J. M. Carbono orgânico total no solo. In: Mendonça, E. S.; Matos, E. S. *Matéria orgânica do solo: métodos de análises*. Viçosa, 2005. Cap.1, p. 1-5.