

HIDRODINÂMICA EM ESTRUTURA DE SOLO RECONSTITUÍDA EM LISÍMETROS DE COLUNA

Andressa Gotti¹; Luiz Gustavo Andreguetto²; Suelen Cristina Grott³, Thiago Caique Alves^{4}, Leandro Mazzuco de Aguida⁵, Adilson Pinheiro⁶, Ivone Gohr Pinheiro⁷.*

Resumo

Lisímetros consistem de estrutura contendo solo representativo de uma área de interesse e são utilizados, sobretudo para medir os componentes do balanço de água no sistema solo-planta-atmosfera, sobre tratos culturais e condições climáticas específicas. Este trabalho objetivou avaliar as condições hidrodinâmicas do perfil do solo, assim como a sua homogeneidade, em lisímetros de coluna com solo reconstituído. Para isso foram efetuadas análises de 15 lisímetros de coluna em laboratório, construídos com solo deformado. Foram realizados ensaios por um período de três meses, sendo monitorados quatro escoamentos no perfil, em cada um dos lisímetros, que foram nomeados de A, B, C e D (10, 30, 70 e 100 cm, respectivamente). Obteve-se uma diferença de escoamento entre estas camadas de solo. Em contrapartida, a partir de cálculos estatísticos, constatou-se uma pequena diferença de variação na média de água escoada nos lisímetros, verificando um comportamento hidrodinâmico uniforme entre eles.

Palavras-Chave– Lisímetro de coluna, física do solo, transporte de poluentes.

HYDRODYNAMIC IN SOIL STRUCTURE RECONSTITUTED IN LYSIMETERS COLUMN

Abstract

Lysimeters consist of tanks containing soil representative of an area of interest and are used mainly to measure the components of the water balance in the soil-plant-atmosphere on cultural practices and specific climatic conditions. Therefore this study aimed to evaluate the hydrodynamic conditions of the soil profile as well as its homogeneity. For this analysis were made of 15 lysimeters column in the laboratory, built with Disturbed soil. Assays were performed over a period of three months, four being monitored flows different in each of the lysimeters were named A, B, C and D (10, 30, 70 and 100 cm, respectively) to verify a difference flow between these layers of soil. In contrast, from statistical calculations, it was found a small difference in change in average runoff in the lysimeters, checking out a uniform hydrodynamic behavior between them.

Keywords – Column lysimeter; soil physic; pollutant transport.

¹ Mestranda em Engenharia Ambiental – FURB. andressa.gotti@gmail.com.

² Mestrando em Engenharia Ambiental – FURB. gustavo@rcplanejamento.com.br.

³ Mestranda em Engenharia Ambiental – FURB. suelengt@bol.com.br.

⁴ Mestrando em Engenharia Ambiental – FURB. leandrom@tpa.com.br

⁵ Mestrando em Engenharia Ambiental – FURB. thiago.caique@gmail.com

⁶ Professor do curso de Pós graduação em Engenharia Ambiental – FURB. pinheiro@furb.br

⁷ Professora do curso de Pós graduação em Engenharia Ambiental – FURB. ivonegp@furb.br

* Autor Correspondente: thiago.caique@gmail.com

INTRODUÇÃO

Lisímetros de coluna são definidos como blocos de solo que operam em regime saturado ou instaurado, localizados tanto ao ar livre como em laboratório, podendo possuir ar, água ou outro líquido em seus poros. Podem reproduzir as condições encontradas do solo entre a superfície da terra e a parte superior do lençol freático (zona instaurada), ou operar em regime saturado, não possuindo ar ou fase gasosa entre seus poros, estando totalmente preenchidos com líquido, como água, sendo esta condição encontrada em aquíferos (Lewis; Sjöstrom, 2010).

A classificação de colunas de solo está relacionada com o seu nível de saturação, ou de acordo com a sua construção, como as colunas de solos deformadas, as quais utilizam solo perturbado, ou seja, solos secos ou úmidos que foram escavados e colocados em um recipiente rígido e compactado. Outra categoria encontrada na literatura são as colunas monolíticas, as quais utilizam solos imperturbados, ou seja, solos extraídos do solo natural de forma intacta (Neto, 2011).

A principal diferença entre essas duas categorias é em relação à homogeneidade do solo, onde colunas deformadas são tipicamente mais homogêneas que os monólitos, o que pode ou não ser desejável, dependendo dos objetivos experimentais (Lewis; Sjöstrom, 2010).

Ao considerar lisímetro com solo compactado, o perfil em estudo é removido do campo para preenchimento da coluna, tendo como o passo mais importante dessa reconstrução do solo, manter a densidade o mais semelhante possível da sua condição inicial (Bergstrom, 1990).

Os lisímetros controlados em laboratório podem ser submetidos aos efeitos de intemperismo (chuva, insolação, calor e vento), com o objetivo de simular as condições naturais que ocorrem no meio ambiente, gerando transformações físico-químicas e químicas no solo. Este sistema laboratorial pode ser facilmente construído, com vários tipos de matérias, significando uma das grandes vantagens deste sistema (Galatto, 2006).

Na Europa, tem-se utilizado métodos com lisímetros para o estudo do escoamento de água e migração de solutos no solo, e novas técnicas têm sido desenvolvidas para recolher grandes colunas de solo monolítico com elevada precisão (Meissner; Seyfarth, 2004).

Este trabalho tem o objetivo de avaliar as condições hidráulicas e de homogeneidade de 15 lisímetros de coluna, construídos com solo deformado, avaliando as suas propriedades e o balanço hídrico ao longo de um intervalo de tempo de experimentação.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em 3 etapas: coleta, construção do lisímetro e compactação do solo (reconstrução) nos mesmos. O solo foi extraído da bacia do Ribeirão Concórdia, localizada no município de Lontras, tributário do Rio Lontras (afluente do Rio Itajaí-Açu). O solo, segundo EMBRAPA (2004), é classificado como Cambissolo Háplico Alumínico Típico. A coleta procedeu em uma parcela de aproximadamente 1 m³ de uma área agrícola, e coletou-se também amostras de solo para caracterização da mesma. Para este estudo foi utilizado a nomenclatura de horizonte A (0 a 50 cm de profundidade) e horizonte B (50 a 100 cm de profundidade). O material coletado foi seco ao sol, homogeneizado, destorroado e peneirado separadamente (horizonte A e B).

A coleta das amostras para caracterização física do solo foi realizada com anéis volumétricos de 140 cm³, coletados a cada 5 cm de profundidade, e a partir dos 20cm em um intervalo de 10 cm, totalizando 12 amostras de 0 a 100 cm de profundidade. Nelas determinou-se a densidade, porosidade e granulometria do solo. Também coletou-se amostras nas mesmas camadas, com anéis volumétricos de 475 cm³ para determinação de condutividade hidráulica saturada do solo. Os anéis

contendo as amostras foram removidos do solo, revestido com panos para evitar perdas e acondicionadas em recipientes apropriados para realização das análises. A caracterização do solo foi realizada no laboratório de física do solo da Empresa de Pesquisa Agropecuária - EPAGRI de Campos Novos, SC.

Os lisímetros foram confeccionados com tubos de PVC de 110 cm de altura e 200 mm de diâmetro. Sua parte inferior foi feita de alumínio como um suporte cônico de 20 cm de altura. Nele foi adicionado um meio filtrante que consiste em uma manta filtrante de modo a não deixar o material fino do solo ultrapassá-la e brita nº 1. Nesta base cônica foi acoplado o tubo de PVC, constituindo-se assim, em um lisímetro de coluna. Os mesmos foram dispostos em grupos de 6 e em seguida fixados em uma estrutura metálica para que ficassem suspensos, facilitando as coletas de águas de escoamento de drenagem.

O solo foi compactado de modo ascendente, buscando reproduzir a densidade de campo. Para isso, foi adicionada uma massa suficiente para completar 10 cm de altura do lisímetro, sendo ele compactado por parcelas desta mesma altura e a água utilizada foi disposta em um reservatório sempre em um nível superior ao atual de solo presente no lisímetro, de modo a ocorrer um nivelamento de água nos lisímetros. O solo saturado com água permaneceu em repouso por 24 horas para o perfil B e 2 semanas para o perfil A, após cada intervalo a água foi liberada, sendo direcionada a um segundo reservatório, este, responsável pela coleta da água pós-saturação, que por sua vez é reutilizada para a compactação da próxima camada.

Após este procedimento, foram fixados a eles 3 saídas laterais (10, 30 e 70 cm) na qual foi acoplado um sistema de coleta, que consistia em uma cápsula porosa introduzida no lisímetro com um recipiente de coleta externo ao tubo.

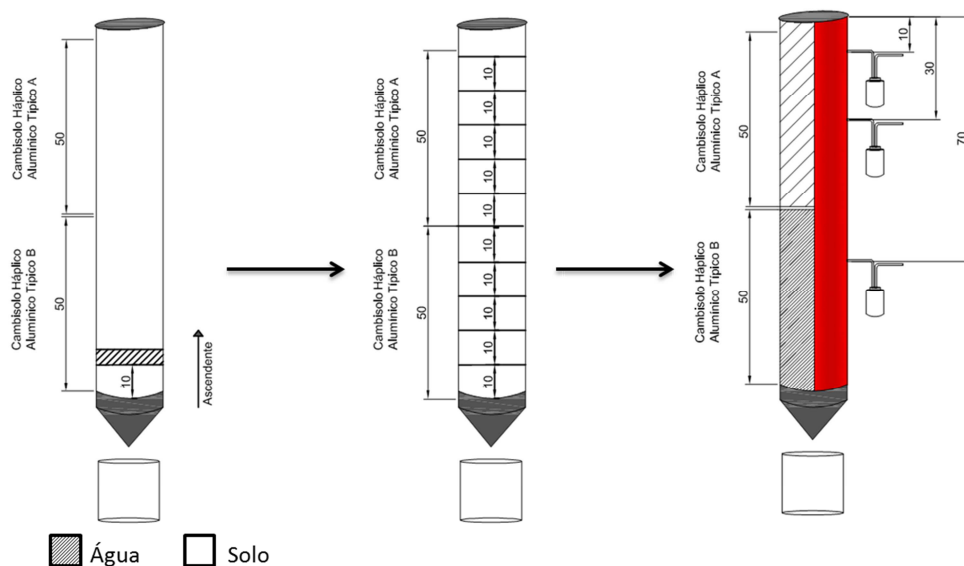


Figura 1. Reconstrução do solo em lisímetros de coluna.

Em seguida, foram realizadas simulações de chuva, referentes ao ano de 2011 do mesmo município de coleta de solo, Lontras – SC. Para simular a precipitação foi coletado água da chuva, de modo a manter uma condição de água real. Os volumes dos escoamentos dos lisímetros foram observados e registrados caso houvesse precipitação. Foram observados todos os escoamentos sendo eles nomeados A, B, C e D (10, 30, 70 e 100 cm, respectivamente).

Todos os dados obtidos foram analisados estatisticamente através do *software Statistica 7.0®*, onde foram realizadas análises de estatística descritiva, como Desvio Padrão, Média, Significância, além de testes de ANOVA e das diferenças das médias de Tukey, a fim de caracterizar a homogeneidade dos lisímetros e da reconstrução do solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O volume de água da chuva diário aplicado em cada lisímetro variou entre 31,5 a 3687,9 mL, correspondendo a alturas de precipitações de aproximadamente 0,5 a 120 mm, respectivamente. A Figura 2 apresenta um comparativo entre as precipitações aplicadas e o volume médio coletado. Nota-se que o volume coletado corresponde a aproximadamente 60% do volume aplicado. Esses valores corroboram com os dados obtidos por Cunha; Wendland (2005) nos quais a precipitação no período foi estimada em 788,40 mm, correspondendo a 55,6% da precipitação de 1416,90 mm registrada no ano de 2002. Em um estudo de análise do transporte de atrazina e diuron no perfil de um solo indeformado Argissolo Vermelho Amarelo álico Tb A moderado, na qual foram aplicados 31,95 L de água em lisímetros, representando 650,85 mm de chuva, durante cerca de seis meses, o volume total médio coletado foi de $23,19 \pm 1,60$ L, representando $72,57 \pm 8,40$ % do total aplicado (Kaufmann et. al., 2012).

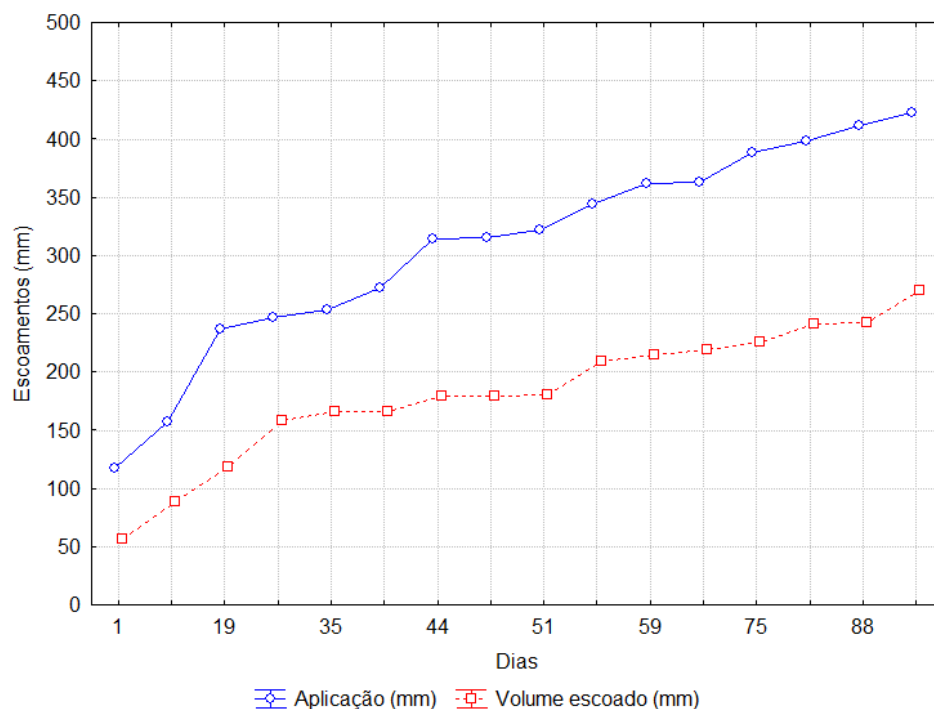


Figura 2. Evolução temporal das médias dos escoamentos e simulações acumulados.

Os diferentes valores de coleta registrados nos estudos citados podem estar relacionados com os diferentes tipos de conformação do solo, deformados ou indeformados. Vários fatores condicionam o movimento de água no solo (Pott; De Maria, 2003), tais como: porosidade, umidade, atividade biológica, cobertura vegetal e rugosidade superficial. (Carduro; Dorfman, 1998). Neste contexto, solos manejados podem gerar alterações em suas propriedades físicas, provocando um aumento da densidade, redução da porosidade total, e aumento na resistência à penetração, com isso

os fluxos de ar e água são reduzidos e o escoamento superficial potencializado (Schreiner et. al., 2010).

A porosidade média observada nas amostras de campo foi de 52,5% e a densidade de 1,210 g/cm³, sendo que nos lisímetros presentes no laboratório os valores mantiveram-se dentro das médias, indicando que a reconstrução foi efetiva.

Através da Figura 2 constata-se que a quantidade de água residual retida no lisímetro faz com que aumente o tempo de escoamento. Isso está relacionado ao conteúdo inicial de água no solo, uma vez que o mesmo úmido apresenta uma menor capacidade inicial de infiltração (Spohr et. al., 2007). Ainda pode-se observar que a média dos valores acumulados segue a mesma dinâmica tanto nos volumes simulados (aplicados) quanto nos volumes escoados. A recuperação obtida para os volumes de água escoados em relação aos simulados foi de 52,94% valores relativamente próximos aos encontrados por Kaufmann et al. (2012), onde foi observado uma recuperação de 72,57%. A diferença de escoamento entre os dois trabalhos está relacionada com a deformação do solo, uma vez que o solo utilizado no trabalho de Kaufmann et. al. (2012) foi indeformado, criando possibilidades de caminhos livres para a percolação da água com mais facilidade.

Na Figura 3 é apresentada a média dos escoamentos em cada lisímetro, as quais apresentaram pequena diferença entre elas, variando entre 91,5 e 175,7 mm. Os testes de ANOVA, a um nível de significância de 5%, demonstraram que os 15 lisímetros se comportam de maneira homogênea, ou seja, quanto à hidrodinâmica, os escoamentos são estatisticamente equivalentes, como pode ser observado na tabela 1.

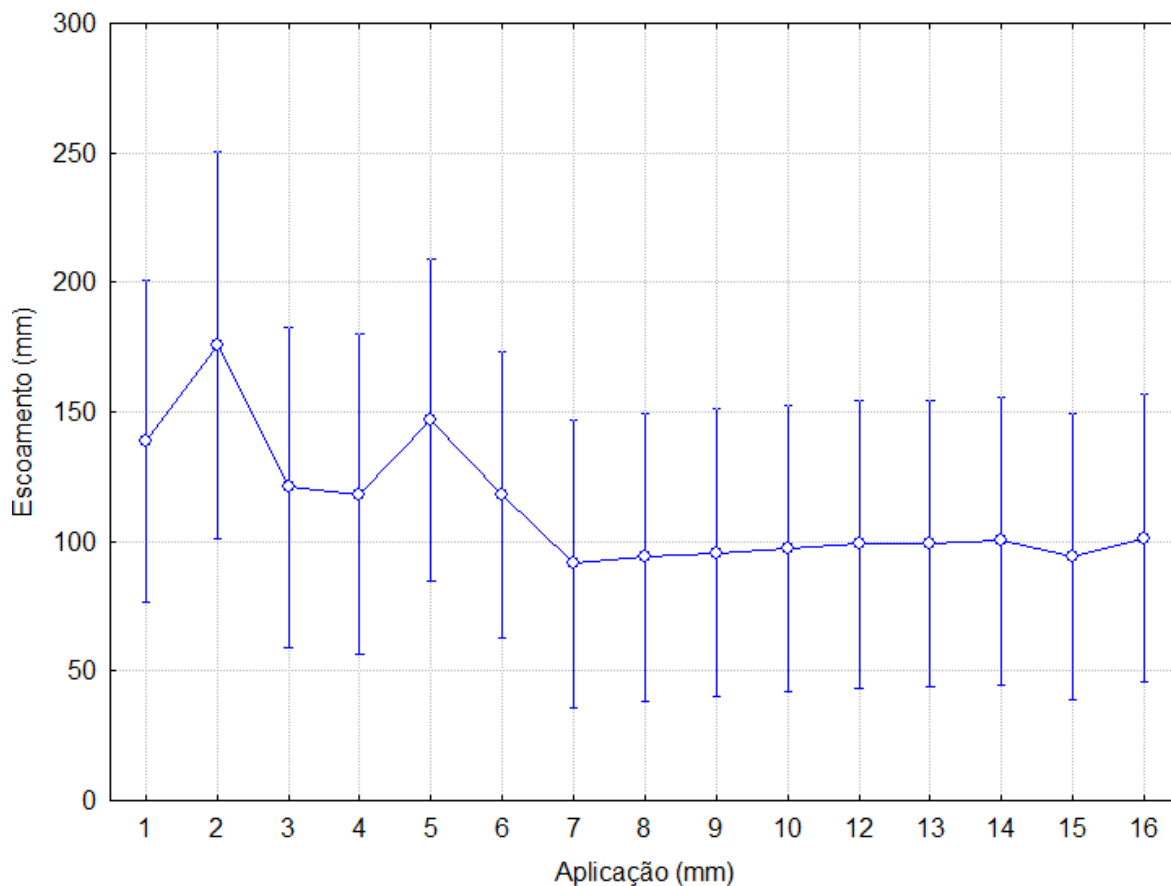


Figura 3 – Média de escoamento por lisímetro

Tabela 1: Teste ANOVA dos lisímetros.

	Soma dos quadrados	Grau de Liberdade	MS	F	P
Interceptação	13597588	1	13597588	213,1789	0
Nível	476879	14	34063	0,534	0,914087
Erro	69206575	1085	63785		

Foram utilizadas duas hipóteses, a nula ou verdadeira ($\mu_0 = \mu_1$), aceitando que os lisímetros são iguais quanto à hidrodinâmica, ou a hipótese alternativa ou falsa ($\mu_0 \neq \mu_1$), que define se os lisímetros comportavam de formas diferentes. Ao observar o valor de p, pode-se concluir que há um aceite da hipótese nula, confirmando a homogeneidade na construção dos lisímetros.

Ainda, observou-se pelos testes de Tukey ($\alpha=0,05$), que pelas diferenças das médias, os lisímetros são pertencentes a um mesmo grupo, ou seja, se comportam de maneira homogênea.

Em relação ao comportamento dos diferentes níveis dos lisímetros, foi possível observar através dos testes de ANOVA, que os lisímetros rejeitaram a Hipótese nula ($\mu_0=\mu_1$), ou seja, em um intervalo de confiança de 95%, os níveis se diferem quanto aos escoamentos. E seguindo a análise observou-se com os testes de Tukey, no mesmo intervalo de confiança que o escoamento médio no nível C (1,5 mm) apresentou o menor valor em relação aos demais níveis, sendo o D (275,6 mm) com o maior valor escoado, seguido dos níveis A e B respectivamente (111,2 e 50,0 mm), conforme mostra a Figura 4, diferindo-se em 4 grupos.

Tabela 2: ANOVA dos níveis de escoamentos dos lisímetros

	Soma dos quadrados	Grau de Liberdade	MS	F	P
Interceptação	13208510	1	13208510	249,97700	0,00000
Nível	11772012	3	3924004	74,26350	0,00000
Erro	57911442	1096	52839		

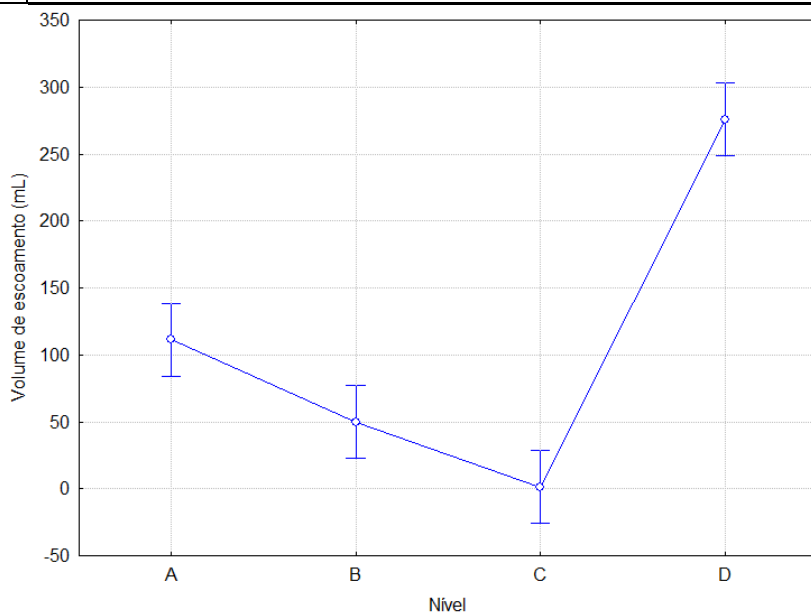


Figura 4 – Média dos escoamentos de acordo com os níveis dos lisímetros

Esses dados corroboram com os valores encontrados por Kaufmann et al. (2012) onde observou-se diferenças estatística nos diferentes níveis de escoamento. Pode-se justificar tais diferenças neste trabalho, é que utilizou solo indeformado nos lisímetros, porém, o mesmo seguiu os padrões estatísticos de escoamento em todos os lisímetros.

CONCLUSÕES

A metodologia utilizada para a avaliação do escoamento em solo reconstruído em lisímetros de coluna em laboratório mostrou-se bastante positiva, os quais permitiram quantificar os valores de escoamento nos diferentes níveis dos lisímetros.

Os quinze lisímetros apresentam um comportamento hidráulico semelhantes podendo ser considerados confiáveis e representativos dos fenômenos analisados. Os lisímetros apresentaram-se de forma homogênea, com escoamento em todos os níveis, ou seja, ao longo do perfil, demonstrando que a compactação realizada atendeu as expectativas em comparação à densidade existente no campo, podendo o mesmo ser utilizado como instrumento laboratorial no estudo de escoamento, lixiviação e transporte de espécies químicas.

Entretanto, foi verificada considerável diferença de escoamento entre os níveis dos lisímetros, sendo no nível C (70 cm de profundidade) o menor valor de escoamento encontrado e no nível D (100 cm de profundidade) o maior valor de escoamento. Em contrapartida, os lisímetros se comportam de maneira homogênea, ou seja, quanto à hidrodinâmica os escoamentos são estatisticamente equivalentes.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer a FAPESC, Termo de Outorga 17419/2011-0 e ao CNPq, processo 562378/2010-3, pelo suporte financeiro ao desenvolvimento do trabalho e, a CAPES, programas PROAP e REPENSA, pela concessão de bolsas de mestrado.

REFERÊNCIAS

BERGSTRON, L. (1990) Use of Lysimeters to Estimate Leaching of Pesticides in Agricultural Soils. **Environmental Pollution**, p. 325-347.

CUNHA, A. T.; WENDLAND, E. (2005) Uso de lisímetro para avaliação da infiltrabilidade em zona de afloramento da formação Botucatu, na região de São Carlos SP. **Águas Subterrâneas**, v. 19, p. 77-90.

CAUDURO, F.A.; DORFMAN, R. (1988) **Manual de ensaios de laboratório e campo para irrigação e drenagem**. Brasília: PRONI/MA, p. 216.

EMBRAPA (2004) Classificação do solo na Região Sul do Brasil. Londrina, 128p. (Embrapa Solos. Documentos, 132; Embrapa Agropecuária).

GALATTO, L. S. (2006) **Avaliação da eficiência de coberturas secas sobre rejeito de carvão visando à prevenção da drenagem ácida de mina**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, SC.

KAUFMANN, V., SILVA da, M. R., PINHEIRO, A., FATH, G., AGUIDA de, L.M. (2012) Transporte de Atrazina e Diuron no Perfil de um Argissolo. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, n.1, p.149-157.

LEWIS, J.; SJÖSTROM, J. (2010) **Optimizing the experimental design of soil columns in saturated and unsaturated transport experiments**. Journal of Contaminant Hydrology, v. 115, p.1-13.

MEISSNER, R.; SEYFARTH, M. (2004) **Mensuring water and solute balance with new lysimeter techniques**. Super Soil 2004: 3rd Australian New Zealand Soils Conference, University of Sydney, Australia.

NETO M. D. (2011) **Avaliação do transporte de herbicidas utilizando lisímetro e consulta a sistema especialista**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Universidade Federal do Paraná.

POTT, C. A.; DE MARIA, I. C. (2003) Comparação de métodos de campo para determinação da velocidade de infiltração básica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 19-27.

SCHREINER, D.T.; BRAGA, F.V.A; VOGELMANN, E.S.; RODRIGUES, M.F.; OLIVEIRA, A.E.; PREVEDELLO, J.; REICHERT, J.M. (2010) Efeito da compactação do solo na retenção de água em uma Toposequência argissolos-gleissolo no RS. In: **XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. Uberlândia MG.

SPOHR, R. B.; CARLESSO, R.; ELTZ, F. L. F.; BROETTO, T.; FLORES, C.H.; KNIES, A.E. (2007) Escoamento superficial e infiltração de água no solo sob chuva simulada no Rio Grande do Sul. 2007. In: **XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. Gramado.