

Construção de um Lisímetro de Laboratório com Solo Indeformado

José Anderson do Nascimento Batista¹; Patrícia Diniz Martins²

nbatista@fec.unicamp.br; patricia.martins@uniube.br

Recebido: 16/07/12 - revisado: 30/10/12 - aceito: 25/03/13

RESUMO

O presente trabalho apresenta a construção de um lisímetro de gravidade com a extração de uma amostra indeformada de solo para realização de estudos de produção de escoamento superficial direto e escoamento subterrâneo em laboratório. Pequenas amostras de solo não representam a macroestrutura do solo e ainda não representam de forma íntegra o perfil litológico raso dos terrenos. Por outro lado, abordagens em bacias hidrográficas obtém o efeito de solos agrupados em uma área não permitindo caracterizar os escoamentos em função do perfil de solo. O lisímetro foi construído em aço inoxidável, com formato cilíndrico com 0,6m de diâmetro, 1,8m de altura e parede com 3,0mm de espessura. O lisímetro representa, aproximadamente, as condições de contorno encontradas em um determinado perfil litológico natural raso para infiltração, percolação e de desflúvio direto em escala de campo. A amostra foi obtida em campo e instalada em laboratório de forma íntegra e com grau de compactação (amalgamento) de 10,5%. Simulações de eventos de precipitação e monitoramentos dos escoamentos gerados neste lisímetro estão sendo realizados visando à avaliação do grau de interferência do amalgamento no comportamento hidrológico da amostra e posterior avaliação da viabilidade do equipamento como método de ensaio.

Palavras-chave: Monólito de solo. Lisímetro. Produção de escoamento superficial. Infiltariação de água no solo.

INTRODUÇÃO

Projetos de obras de controle de enchentes e obras de travessia são realizados em função do estudo da vazão máxima na seção de um curso d'água. Para isto é imprescindível o conhecimento da produção do escoamento superficial direto. Alternativamente, o gerenciamento de águas pluviais em bacias urbanas por meio de medidas não estruturais e estruturais extensivas, que controlam a produção do escoamento superficial direto, torna-se vantajoso em relação às medidas estruturais intensivas, que controlam as vazões já lançadas nos córregos. De forma geral, métodos de avaliação da produção do escoamento superficial direto são baseados em estudos de separação de hidrogramas e aplicam instrumentação para abordagens de pequenas bacias hidrográficas. Da separação dos hidrogramas resulta a análise da produção do escoamento superficial direto médio da bacia por

meio dos chamados modelos concentrados. Por outro lado, modelos de infiltração fornecem estimativas da lâmina de escoamento superficial direto por meio da comparação diretamente entre a lâmina precipitada e a lâmina infiltrada em cada posição superficial do terreno por meio dos chamados modelos distribuídos. Merz e Thielen (2005) realizaram um estudo para analisar as discrepâncias entre a frequência de eventos de cheia observados e estimadas de frequências analisadas por meio de modelos, para distinguir entre magnitudes de incertezas naturais e incertezas epistêmicas, que são aquelas que ocorrem com o uso de hipóteses simplificadoras. A grande quantidade de parâmetros dos modelos distribuídos sem uma representatividade suficiente dos dados coletados na bacia também é apontada como fonte de grandes incertezas na análise hidrológica (BINLEY et al., 1991). Com as incertezas presentes nos métodos convencionais, surge a necessidade de avançar no estudo da produção de escoamento superficial direto e da infiltração conjuntamente, a fim de minimizar as discrepâncias entre os dados estimados e os medidos.

No município de Valinhos, localizado na Região Metropolitana de Campinas a 52km de São Paulo (SP) o crescimento de áreas urbanas e

¹ - Faculdade de Engenharia Civil - Universidade Estadual de Campinas

² - Instituto de Ciências Tecnológicas e Exatas - Universidade Federal do Triângulo Mineiro

industriais tem alterado a produção de escoamento superficial direto acarretando em enchentes nas áreas baixas e poluição nos mananciais de abastecimento. O presente trabalho é parte do estudo realizado como objeto de convênio entre o Departamento de Água e Esgoto de Valinhos (DAEV) e a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e discute a construção de um lisímetro de gravidade *ex situ* para ensaios de laboratório com solo indeformado. O lisímetro possui altura superior à espessura de zonas de raízes para estudar a influência do perfil contínuo de solo no processo de infiltração da chuva e na produção de escoamento superficial direto. No lisímetro serão representadas condições de precipitação, infiltração, percolação e resistência superficial do solo, que são as variáveis intervenientes na geração do escoamento direto. O ensaio de lisímetros em laboratório tem sido realizado para a simulação de condições de infiltração de água no solo (NICHOL et al., 2008). O prosseguimento dessas pesquisas tem a perspectiva de encontrar relações diretas e indiretas de parâmetros do solo e produzir ensaios confiáveis de infiltração de água em perfis contínuos de solo.

De acordo com Reichardt e Timm (2004) o deflúvio superficial ou escoamento superficial direto pode ser estudado em rampas ou parcelas de solo padrão de 22,4 m de comprimento e 2 m de largura. Elas são cercadas por diques de madeira ou folha metálica e a água que escoa é coletada em tanques para a medição do volume. Em relação à área da rampa, o volume produzido fornece o valor da lâmina de escoamento em milímetros, sendo $\square S = V/A$ com V dado em litros e A , a área da rampa em metros quadrados. Segundo Bergstrom (1990 apud ALLAIRE e BOCHOVE, 2006), pequenas amostras de solo podem não ser representativas do processo de interesse para experimentos de monitoramento. Monólitos grandes são uma opção melhor porque preservam a microestrutura e a macroestrutura do solo encontradas no campo (MEISSNER et al., 2010).

No Brasil, estudos sobre a taxa de infiltração de água no solo ainda são escassos (SARTORI; LOMBARDI NETO; GENOVEZ, 2005). Estudos recentes levantaram a velocidade básica de infiltração (VIB) como principal parâmetro para a classificação hidrológica do solo a partir de infiltrômetros e permeâmetros (BERTOLANI; VIEIRA, 2001 apud SARTORI; LOMBARDI NETO; GENOVEZ, 2005; POTT, 2001 apud SARTORI; LOMBARDI NETO GENOVEZ, 2005). Entretanto, a produção do escoamento superficial direto depende também do perfil de umidade do próprio solo,

sendo importante conhecer seu comportamento característico no campo para uma determinação apropriada de parâmetros de produção do escoamento superficial direto. Sartori, Genovez e Lombardi Neto (2005) realizaram estudos de caracterização da produção do escoamento superficial direto em uma bacia experimental de 59km² no município de Piracicaba (SP). A bacia teve sua precipitação e vazão monitoradas durante 38 meses, o que permitiu a obtenção de 20 hidrogramas. Experimentos aplicados em escala de bacia hidrográfica, como os estudos realizados para o método de transformação chuva-vazão do número de curva (NRCS, 1972, apud SARTORI, GENOVEZ e LOMBARDI NETO, 2005), obtém, como resultado, o efeito de uma determinada combinação de solos e sua cobertura dentro de uma bacia hidrográfica. Os eventos monitorados, da mesma forma, pertencem a determinadas classes de magnitudes que pertencem geralmente a um curto período de amostragem. Com a construção de um lisímetro de solo indeformado e seu ensaio com aplicações de chuvas sintéticas em laboratório espera-se validar um método que permita reduzir a escala da bacia para um perfil contínuo de solo para a caracterização da produção do escoamento direto em função de perfis de solos, ao mesmo tempo que aumenta-se o número de eventos estudados, que contribui para a significância das estimativas dos parâmetros.

ÁREA DE ESTUDO

A coleta de material para o lisímetro de laboratório foi realizada na Represa João Antunes dos Santos, localizado na bacia do ribeirão Jardim, afluente do córrego Cachoeira, com área de, aproximadamente, 22,5km², às coordenadas 23° 01' 57,16" S e 46° 57' 59,29" L à altitude de 760 metros (Figura 1). A bacia do ribeirão Jardim é ocupada por 7,0 km² de áreas de vegetação nativa e reflorestamento e o restante da área é ocupada por pastos e áreas de solo exposto isoladas.

A bacia é responsável pelo abastecimento do município de Valinhos, mas, sem o reconhecimento como Área de Proteção Ambiental, tem permitido a implantação de empreendimentos residenciais. O córrego Cachoeira atravessa os municípios de Vinhedo e Valinhos e sua bacia tem sido ocupada primeiramente pela área urbana de Valinhos, que possui 107 mil hab. e taxa de crescimento anual de

0,7% e ultimamente por Vinhedo, que possui 63 mil hab. e cresce a uma taxa anual de 2,5% (IBGE, 2000, 2010). As seções de controle das bacias estão localizadas em estações do serviço de saneamento de Valinhos (ECA DAEV) e Vinhedo (ETE SANEBAVI) conforme ilustrado na Figura 1. Os dados meteorológicos e do solo são produzidos em áreas abertas, como a Represa João Antunes e o Parque João Gasparini (Figura 1) com os quais serão realizados estudos de determinação de parâmetros locais de produção de escoamento superficial direto.

MATERIAIS E MÉTODOS

Estrutura do lisímetro

A estrutura do lisímetro foi construída em aço inoxidável ASTM A 240 de 3,0 mm de espessura, com 600 mm de diâmetro e 1800mm de altura para ser pressionado diretamente contra a superfície do solo e abrigar a amostra indeformada úmida. Estimativas de resistência a flambagem determinaram uma capacidade desta estrutura suportar um esforço axial de 70.000 kgf. A pressão de cravação é distribuída na borda através de uma placa composta por chapa e viga em aço carbono. Uma segunda placa, idêntica, é confeccionada para auxiliar na etapa de retirada e içamento da amostra. Próximo ao topo da estrutura cilíndrica possui oito aberturas equidistantes com 118 mm de largura por 50 mm de altura posicionados 50mm abaixo da borda. A base do lisímetro é esmerilhada para reduzir a resistência de ponta e facilitar o avanço no solo.

A bacia é responsável pelo abastecimento do município de Valinhos, mas, sem o reconhecimento como Área de Proteção Ambiental, tem permitido a implantação de empreendimentos residenciais. O córrego Cachoeira atravessa os municípios de Vinhedo e Valinhos e sua bacia tem sido ocupada primeiramente pela área urbana de Valinhos, que possui 107 mil hab. e taxa de crescimento anual de 0,7% e ultimamente por Vinhedo, que possui 63 mil hab. e cresce a uma taxa anual de 2,5% (IBGE, 2000, 2010). As seções de controle das bacias estão localizadas em estações do serviço de saneamento de Valinhos (ECA DAEV) e Vinhedo (ETE SANEBAVI) conforme ilustrado na . Os dados meteorológicos e do solo são produzidos em áreas abertas, como a Represa João Antunes e o Parque João Gasparini () com os quais serão realizados estudos de determinação de parâmetros locais de produção de escoamento superficial direto

Método de Extração

O processo de extração de amostras para construção de lisímetros monolíticos cilíndricos com estrutura de aço inoxidável tem sido desenvolvido com a finalidade de realizar estudos de hidrologia de superfície em solos agrícolas principalmente em países da Europa, conforme metodologia desenvolvida por Meissner et al. (2010).

O processo de extração da amostra foi adotado neste trabalho com adaptações para instalar a amostra em laboratório. O solo utilizado para o lisímetro do presente trabalho foi extraído a aproximadamente 20m da margem do lago da represa João Antunes.

Instrumentação da amostra e ensaio de infiltração

Experimentos em coluna de solo comumente utilizam taxas de irrigação insuficientes para a produção de deflúvio. Nichol et al. (2008) propôs um lisímetro de laboratório para ensaios de infiltração estacionária em solos profundos. Diferentemente, do estudo de infiltração de Nichol et al. (2008), serão realizadas simulações de infiltração por meio de eventos chuvosos sintéticos. O lisímetro deste estudo é provido de um vertedor no topo para extravasar o volume não infiltrado. Serão utilizados hietogramas levantados na área de estudo com características típicas das precipitações do período chuvoso. No presente trabalho, o lisímetro foi equipado com simulador de chuva (reservatório com água destilada, bomba centrífuga e microaspersores), instrumentos de mensuração (rotâmetro, tensiômetros e pluviôgrafo) e coletores (vertedores, calhas, reservatório de coleta e proveta) para a saída do excesso de água (Figura 2).

Para simular a chuva é utilizada água destilada e armazenada em um reservatório de 500 litros em polietileno. A irrigação do lisímetro é feita por meio de três microaspersores marca Agrojet, modelo MA-30 com capacidade de 27,2 l/h, a pressão de 20 mca. O microaspersor possui a forma de cone e promove a formação de microgotículas. A precipitação produzida por microaspersores não reproduz o diâmetro de gotas e a velocidade de queda das pluviosidades naturais, mas apenas a taxa de precipitação ao longo do tempo. O rotâmetro é calibrado para a faixa de 10,0 a 60,0 l/h e possui registro de precisão. Conhecidas as intensidades de precipitação, a vazão correspondente é obtida em relação à área superficial do lisímetro e controlada

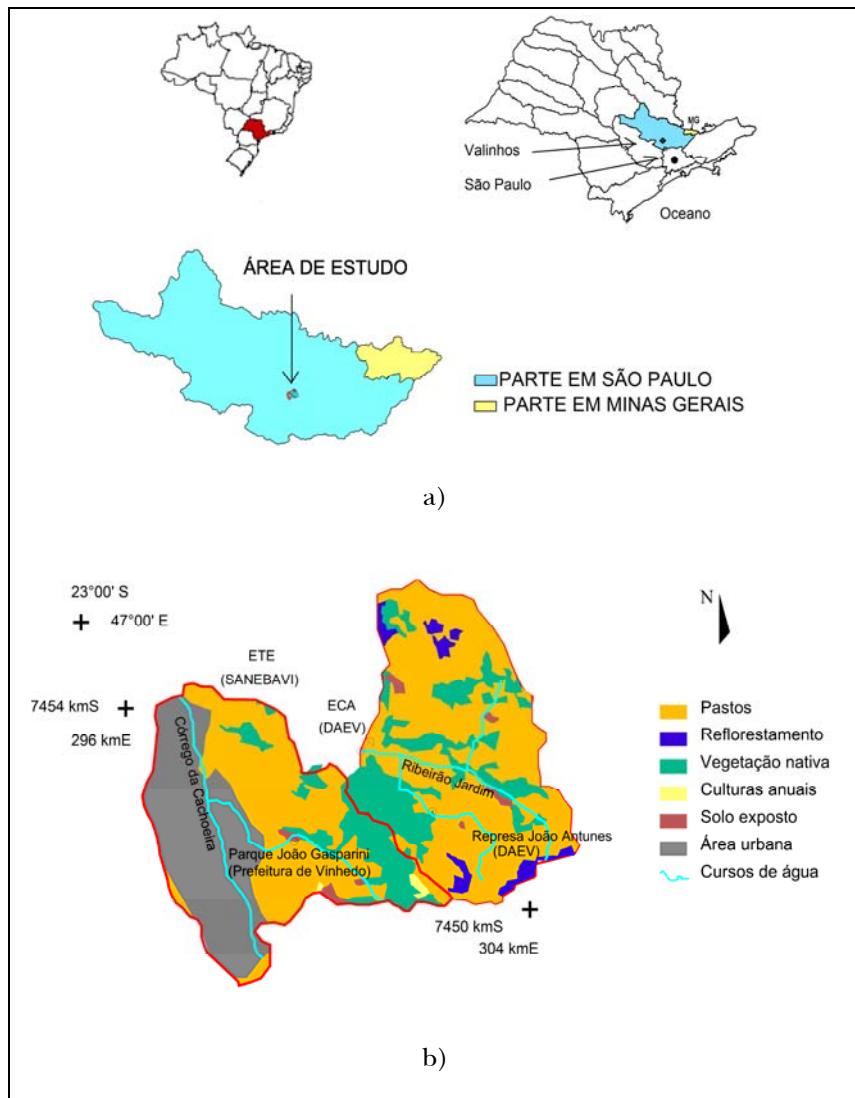


Figura 1 - Localização das bacias hidrográficas do córrego Bom Jardim: a) localização entre as bacias do estado de SP e b) extensão da área de estudo.

de acordo com a sua distribuição no tempo pelo registro.

Foram instalados seis minitensiômetros, marca UMS modelo SWT5, distribuídos em um perfil vertical com cinco pontos, mais um ponto adicional a 48cm de profundidade. As leituras são armazenadas em um registrador com capacidade para os mesmos seis tensiômetros. Estes tensiômetros possuem capacidade para mensurar tensões mátricas de -85 a 100 kPa, são projetados especialmente para medições pontuais em colunas de solo, vasos e lisímetros de laboratório. Possuem hastes de 20cm de comprimento com uma superfície ativa de apenas 0,5 cm² e um diâmetro de

5 mm desde a ponta cerâmica. Estas características permitem ao instrumento atingir o terço médio do diâmetro do lisímetro com o mínimo distúrbio do solo com resposta rápida à variação de umidade.

A resistência do escoamento superficial é controlada por meio de um vertedor posicionado no topo do lisímetro. O volume não infiltrado é extravasado por meio de oito vertedores retangulares de abertura lateral regulável, com base nivelada ao topo da amostra. Estes vertedores permitem verificar a sensibilidade das grandezas monitoradas em relação às condições superficiais do terreno, que estão simuladas pelo tamanho das aberturas. O volume de água não infiltrado é medi-

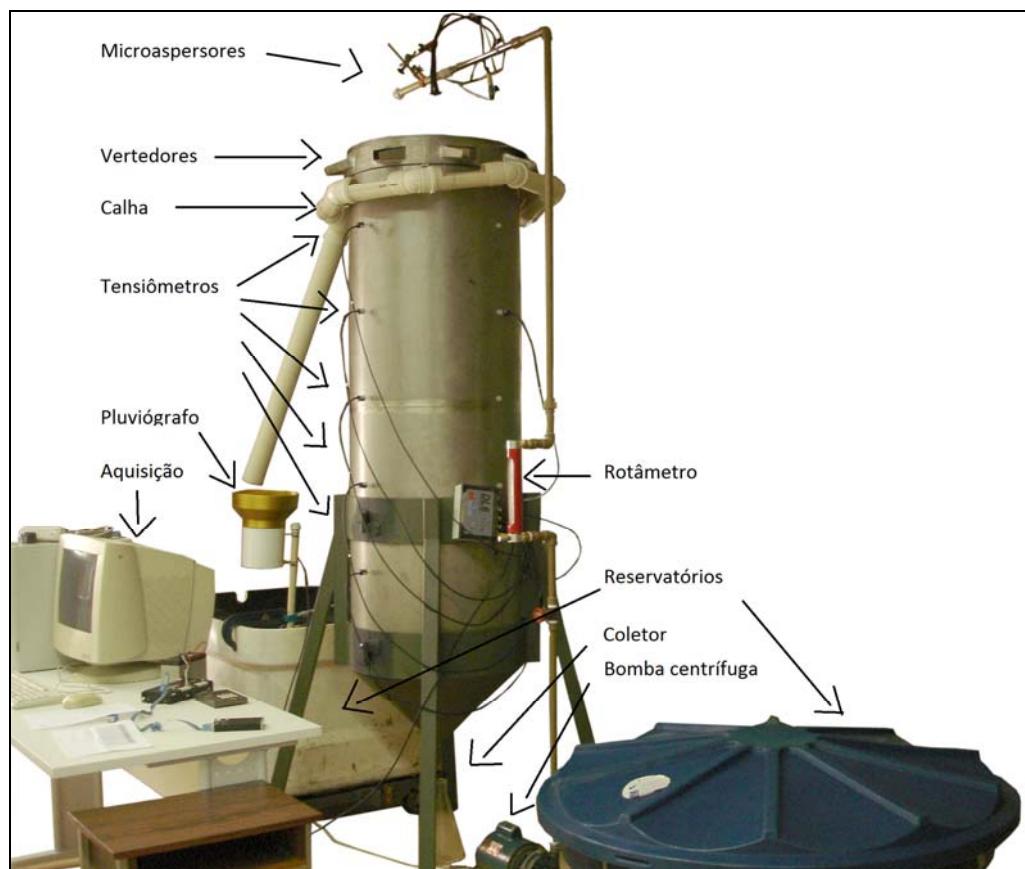


Figura 2 - Lísímetro instalado em laboratório

do ao longo do tempo por meio de um pluviógrafo, Campbell modelo TE525MM, instalado na saída da tubulação de coleta. Uma proveta ou outro recipiente coletor é utilizado para a coleta do volume percolado do lisímetro.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Caracterização do Solo

Foram coletadas dezenas amostras deformadas e dezenas amostras indeformadas a trado manual em quatro descidas posicionadas dentro de 1,0m² a 4,0m do local de cravação do lisímetro. As amostras foram coletadas a cada 0,25m, alternadamente entre amostragens deformadas e indeformadas até 2,0 m de profundidade para realizar análises físicas do solo.

As densidades reais das amostras foram obtidas ao longo do perfil com variação de aproximadamente 2,6 g/cm³ a 2,8 g/cm³ (Figura 3). O aumento de densidade ao longo do perfil demonstra que o empuxo cresce no terreno a uma taxa variável e crescente, que favorece a resistência do solo por atrito.

De acordo com a análise granulométrica o teor de areias cai ao longo do perfil (Figura 4) apresentando um teor médio no perfil de 61,3%. O inverso acontece com os teores de silte e argila que aumentam em relação à profundidade, com valores médios de 13,5 e 25,2%. Este perfil indica a formação de solo residual com presença de material transportado no topo do perfil. Este resultado demonstra uma perda de resistência de ponta ao solo ao longo do perfil.

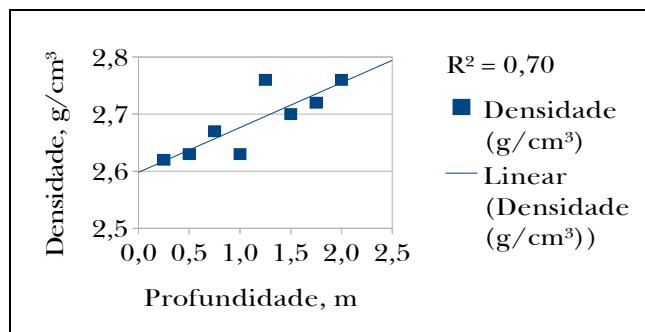
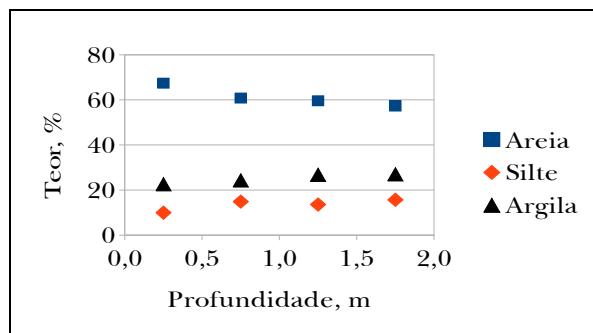


Figura 3 - Densidade real no perfil do solo



O esforço de cravação do lisímetro no terreno deve vencer a resistência à penetração do solo (R , em kgf) que é obtida como resultado da combinação das resistências de atrito e de ponta aplicando-se a fórmula de Schenck (CAPUTO, 1987):

$$R = \frac{2}{3} (R_p + R_a) \quad (1)$$

sendo R_p a resistência de ponta dada pelo produto da área de contato da base do lisímetro, F , pela tensão de ruptura do solo, q_s ($R_p = F \cdot q_s$) e R_a a resistência do solo ao deslocamento da parede do lisímetro por atrito dada por $R_a = U \cdot l \cdot q_{rm}$ como o produto entre o perímetro de contato da parede do lisímetro com o solo, U , a espessura da camada de solo, l , e a tensão de atrito admissível entre o solo e o lisímetro, q_{rm} . A partir dos valores da espessura das paredes do lisímetro, 0,3 cm e do seu perímetro interno, $U = 188,5$ cm, tem-se $F = 56,5$ cm². O solo possui duas camadas, sendo 0,8m de areia siltosa no topo e silte arenoso no fundo. De acordo com Caputo (1987, página 291) os parâmetros do solo fornecem q_s igual a 20kgf/cm² para silte arenoso e q_{rm} igual a 0,30kgf/cm² e 0,45 kgf/cm² respectivamente para areia siltosa e silte arenoso.

Então, tem-se pela fórmula de Schenck, a resistência à penetração (R) aproximadamente 10.000kgf, sendo a resistência de ponta aproximadamente 11.130kgf e a resistência por atrito aproximadamente 13.800kgf. Observa-se que a resistência à penetração é menor que a resistência da estrutura do lisímetro à flambagem e deve ser superado pelo esforço de cravação da máquina.

A porosidade do solo foi analisada por ensaios de intrusão de mercúrio com os seguintes resultados ao longo do perfil do terreno (Figura 5). As amostras dos quatro perfis apresentam 50% dos resultados (Perfil 1 e Perfil 2) dentro de um mesmo intervalo de confiança com distribuição crescente em relação à profundidade. As porosidades médias de todas as amostras de acordo com as suas profundidades são apresentadas na Figura 5.

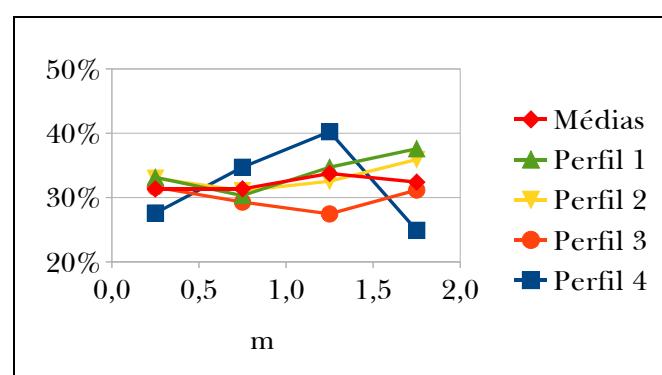


Figura 5 - Porosidade (%) ao longo da profundidade do solo (m)

As distorções nas distribuições de porosidade são provocadas pela presença de fragmentos de rocha, portanto pela macro-estrutura do solo, conforme observado na escavação e no aspecto visual das amostras.

Extração e Transporte da Amostra

Antes da coleta da amostra indeformada uma sondagem do terreno a percussão foi feita encontrando-se grama à superfície, argila arenosa vermelha até 1,0 m e silte argiloso vermelho até a profundidade de 2,0 m. Na sondagem não foi verificada rochas e o nível saturado não foi atingido.

Com auxílio de uma retroescavadeira pesando aproximadamente 10.000kg (capaz de exercer um esforço estático contra o solo de 5.000kg em dois apoios) a estrutura do lisímetro foi pressionada verticalmente (Figura 6). Este valor é

inferior ao da resistência à penetração obtida pela Eq. 01. Por esta razão, a cravação do amostrador com a retroescavadeira não pôde ser estática toda a profundidade. A cravação e extração ocorreram sobre uma superfície plana, com vegetação rasteira e distante no mínimo 4,7 m das copas das árvores (as árvores do local possuem aproximadamente 10m de altura). Para reduzir parcialmente a resistência do solo por atrito e avançar a cravação estática foi aplicada graxa na parede interna da estrutura do lisímetro. Devido às características do escoamento da água no solo que é laminar, o uso de graxa não altera a função hidráulica da parede interna do lisímetro que é apenas de isolamento. Eventualmente a graxa produzirá um efeito no teor de matéria orgânica restrito a uma camada próxima à parede. Este efeito não será significativo no domínio da amostra devido à pequena relação da espessura de graxa com o diâmetro da amostra.



Figura 6 - Posicionamento do Cilindro do Lisímetro para Cravação no Solo.

Aos 0,8 m de profundidade iniciou-se a escavação em torno da estrutura, para aliviar a pressão do empuxo externo do solo (Figura 7). Para manter a posição vertical da amostra, durante a escavação era feito o escoramento da amostra manualmente por um operário. Com a escavação foi possível observar nesta profundidade a presença de fragmentos de rocha residual com aproximadamente 0,15 m de diâmetro. Adicionou-se de 30,0 litros de água e aguardou 45 minutos como uma tentativa de incremento de poro pressão à tensão de ruptura do processo de cravação.

Na profundidade de 1,1 m encontrou-se uma camada de solo cimentado que dificultou o trabalho e aumentou significativamente o tempo

gasto para a escavação e extração da amostra. Na tentativa de aprofundar mais o lisímetro, a tampa e as aberturas para o vertedor foram danificadas devido a pressão exercida pela retroescavadeira. Provavelmente as aberturas do vertedor reduziram a resistência do lisímetro em sua base posterior. Foram realizadas as adequações na base posterior para prosseguir o experimento.



Figura 7 - Escavação em Torno do Monólito

Com auxílio de uma peça de cavar foram rompidos os fragmentos encontrados à borda da parede do lisímetro. Foi feito uso da peça de cavar a cada 0,1 m. A cravação prosseguiu até 1,9 m de profundidade do terreno, até que fosse nivelado o conteúdo da amostra à base das oito aberturas próximas à borda superior do lisímetro, a 1,7m de altura em relação ao fundo. Ao todo foram empregadas na cravação 4,25 horas de trabalho com três homens e uma retroescavadeira. O amalgamamento observado da cravação portanto foi de aproximadamente 0,2m, que correspondem a 10,5% (Figura 8), que é compatível com índices obtidos de amostradores padrão SPT (*Standard Penetration Test*).

Os efeitos do amalgamento na percolação da água serão estudados em função na redução da porosidade efetiva por análise de sensibilidade de modelos de percolação baseados na equação de Richards.

A retirada e transporte da amostra foram feitos com o auxílio de cintas de poliéster e um caminhão com guindaste. A amostra foi içada com o auxílio de quatro cintas de 1.000kgf e posicionada no caminhão fixada com cordas. O trajeto de 33,8km, desde a represa João Antunes em Valinhos até o laboratório foi percorrido com velocidade reduzida.



Figura 8 - Rebaixamento da Amostra no Lisímetro em Relação ao Nível do Terreno

A instalação do lisímetro no salão do laboratório (aproximadamente 40m² de área e pé direito de 3,25m) foi realizada com o auxílio de equipamentos manuais de movimentação de carga: empilhadeira e talha de trole, ambos de 1000kgf. O lisímetro foi instalado sobre suporte metálico em estrutura de aço carbono para mantê-lo elevado em relação ao piso. O procedimento de instalação do lisímetro no suporte foi realizado durante um período de 2,0 horas de trabalho de um técnico e um auxiliar. A estrutura do suporte é articulada para permitir o encaixe do lisímetro frontalmente.

COSIDERACÕES FINAIS

Uma das formas de obtenção de um monólito de solo indeformado com comprimento em escala da zona de raízes é pressionando o

amostrador contra a superfície do solo. Para isso é necessário vencer tensões no perímetro de contato e nas paredes do amostrador distribuídas tanto pela face interna quanto pela face externa. Os efeitos das tensões do solo na cravação são cumulativos ao longo da penetração da amostra, tendo sido observada uma resistência de ponta aproximadamente constante e em torno de 1.130 kgf e uma resistência por atrito crescente a uma taxa de 56,5kgf/cm para a camada arenosa e a 85kgf/cm para a camada siltosa. Devido às variações observadas na resistência à penetração foi necessário modificar a técnica de escavação de acordo com os sinais de dificuldade apresentados, sendo um desses sinais a deformação na borda superior do lisímetro, que em parte foi favorecida pelas aberturas para os vertedores. Para evitar essas deformações deve ser aplicado um reforço estrutural na borda superior do lisímetro. A resistência à penetração determinada no solo não permitiu a cravação estática até a profundidade final.

Os procedimentos de escavação, transporte e instalação do lisímetro foram realizados dentro de um período de 6,25 horas mais o transporte do campo até o laboratório. Este intervalo de tempo é geralmente menor que o período de tempo necessário para a construção de um lisímetro de campo ou ainda o período necessário para a instrumentação de uma pequena bacia. Considerando-se ainda os instrumentos utilizados no lisímetro em laboratório (aspersores, tensiômetros, pluviôgrafo, proveta e infraestrutura – reservatórios, tubulações e acessórios) observa-se que existem vantagens logísticas não mensuradas neste trabalho em relação aos procedimentos de instrumentação hidrológica de bacias hidrográficas. O uso de lisímetro em laboratório não substitui a prática de instrumentação de bacias nem o uso de lisímetros em campo. Considera-se que o uso de lisímetro em laboratório acarreta em condições ainda artificiais principalmente de precipitação e escoamento superficial direto. Ainda assim, a experimentação de uma amostra de solo indeformado em escala vertical de campo em laboratório, de acordo com os resultados obtidos neste trabalho, representa de forma aproximada o comportamento real da infiltração, percolação e produção de escoamento superficial direto encontrados em um perfil litológico raso. A realização de ensaios de infiltração na amostra e suas análises de acordo com o equacionamento teórico do escoamento em meio poroso não-saturado (Equação de Richards) permitirão determinar o grau de interferência do

amalgamento de 10,5% na altura da amostra sofrido no procedimento de extração.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Departamento de Água e Esgoto de Valinhos (DAEV) pela cooperação com a realização da pesquisa. À Fundação para o Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, recurso 2010/00177-0) pelos recursos concedidos. À Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo pelo apoio com a infraestrutura física e necessária e aos técnicos de laboratório da Faculdade.

REFERÊNCIAS

- ALLAIRE, S. A.; BOCHOVE, E. V. Collecting large soil monoliths. *Canadian Journal of Soil Science*, Québec - Canadá, p. 885-896. 14 ago. 2006.
- MEISSNER, R.; PRASAD, M. N. V.; LAING, G. Du; RINKLEBE, J. Lysimeter application for measuring the water and solute fluxes with high precision. *Current Science*, v.99, n. 5, pp 601 – 608, 2010.
- NICHOL, C. F.; ROWLETT, D. K.; BARBOUR, S. L. A new standpipe lysimeter design for the measurement of soil matric suction. *Vadose Zone Journal*, [S.I], v.7, n.3, 919-929, 2008.
- REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações** Barueri, SP: Manole, 2004. 478 p.
- SARTORI, A, LOMBARDI NETO, F., GENOVEZ, A.M.. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.10, n. 4 p. 5-18, 2005
- SARTORI, A.; GENOVEZ, A. M; LOMBARDI NETO, F. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 2: Aplicação. *Revista Brasileira Recursos Hídricos*, v. 20, n. 4, p. 19-29, 2005

Construction Of A Gravity lysimeter With Undisturbed Soil

ABSTRACT

This work presents a gravity lysimeter construction with undisturbed soil sampling in order to study surface runoff and groundwater recharge generation in the laboratory. In general, small soil samples do not represent the soil macropores and do not characterize the shallow lithologic profile continuously. On the other hand, watershed approaches lead to a lumped soil approach which does not allow characterizing the runoff components as a function of the soil profile itself. This lysimeter was constructed from, 3.10³ m thick stainless steel, in a 0,6m-diameter 1.8m-high cylinder. The lysimeter represents approximately the soil boundary conditions for water infiltration, percolation and direct runoff as in a shallow soil profile on field scale. The sample was obtained and installed in the laboratory integrally observing a compaction degree of 10.5%. Synthetic rainfall events are being performed upon this lysimeter and its flow components are monitored in order to assess possible disturbances in the hydraulic behavior of the lysimeter due to soil compaction and then validate the laboratory lysimeter as a hydrologic soil test method.

Keywords: soil monolith, lysimeter, runoff generation, soil water infiltration