

ANALISE QUALI-QUANTITATIVO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL GERADO PELA AGUA DA CHUVA ATRAVES DE COBERTURA VERDE LEVE

Paulino de Almeida Neto
Arã Pereira Cunha
Alfredo Akira. Ohnuma Júnior
Eduardo Mario Mendiondo

Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo
Av. Trabalhador Sãocarlense, nº400. Centro. CEP 13566-590. São Carlos/SP

RESUMO: Este capítulo apresenta um estudo de teto verde ou cobertura verde leve (CVL) como alternativa construtiva para edificações em geral. A instalação de um protótipo experimental nas dependências do Campus 1 da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, visa avaliar quali-quantitativamente o escoamento superficial gerado pela água da chuva a partir do telhado verde. O monitoramento hidrológico utiliza equipamentos de precisão como linígrafos de bóia, automáticos e digitais, com funções para: registrar e medir o nível de água; medir a temperatura e a condutividade elétrica. Os eventos avaliados utilizam dados de precipitação que são capturados a partir de estação climatológica instalada próximo ao experimento. Os resultados indicam uma eficiência no volume de armazenamento obtido pela CVL, tendo como característica temporal à capacidade de retardar o escoamento. As recomendações incluem: simulações do telhado verde em áreas maiores, com diferentes inclinações; análise de experimento com aplicação para o aproveitamento da água da chuva proveniente da CVL e estudo da infiltração no telhado verde relacionado à declividade.

Palavras-chave: geração de escoamento, cobertura verde leve, quali-quantitativo

INTRODUÇÃO

O processo acelerado da urbanização, aliado à carência de leis restritivas ao parcelamento de uso do solo e da ausência de aplicações tecnológicas de responsabilidade ambiental na construção de novos lotes, favorece a ocorrência de impactos ambientais, como por exemplo, as inundações urbanas. O aumento da temperatura em escala meso-climática, associado às ilhas de calor nos grandes centros urbanos e ao aumento do efeito estufa, é um indicativo de que o ambiente construído de forma ambientalmente irresponsável não tem suportado o efeito das mudanças drásticas provocadas pela crescente demanda populacional. A preocupação com os aspectos ambientais e a busca por alternativas construtivas mais ecologicamente viáveis fez com que fossem estudadas tecnologias de construção com o menor impacto ambiental possível e de fácil execução.

O uso de coberturas verdes leves ou CVL's, como sistema construtivo de aplicação nas lajes ou coberturas de edificações, é uma alternativa tecnológica com capacidade para assegurar parte do escoamento superficial gerado pela água das chuvas. Permite também armazenar e distribuir temporalmente o volume de escoamento superficial bem como influir na diminuição dos efeitos térmicos no interior da edificação.

A história das coberturas verdes, conforme o Centro de Pesquisa de Telhado Verde PennState (2004), data milhares de anos. O telhado verde mais famoso da época era o Jardim Suspenso da Babilônia, considerado uma das sete maravilhas do mundo. As estruturas térreas construídas por volta de 500 a.C. eram de feixes de pedra com camadas superpostas, piche grosso e posteriormente o plantio do teto verde composto de solo, plantas e árvores. As mais antigas coberturas verdes conhecidas na América do Norte foram instaladas nos anos de 1930 no centro de Rockefeller. São jardins sobrepostos nas coberturas que continuam a florescer até hoje após quase setenta anos de instalação.

Na Europa, após décadas de estudo das CVL's, os alemães melhoraram a técnica do telhado transformando-o em uma fina obra de arte. O aprimoramento da tecnologia construtiva fez com que cerca de 10% das construções com telhados alemães fossem feitas de teto verde. PennState (2004) indica que no período de 1989 e 1999, as companhias alemãs do setor de coberturas instalaram mais de 32,5 milhões de m² de telhados verdes.

O volume do escoamento superficial proveniente das águas pluviais na cobertura tradicional é maior do que ocorre no teto verde. Na CVL a parte da água precipitada infiltra na superfície e a outra parte retorna ao sistema pelo processo de evapotranspiração. O restante escoar para o sistema de esgoto e de águas pluviais.

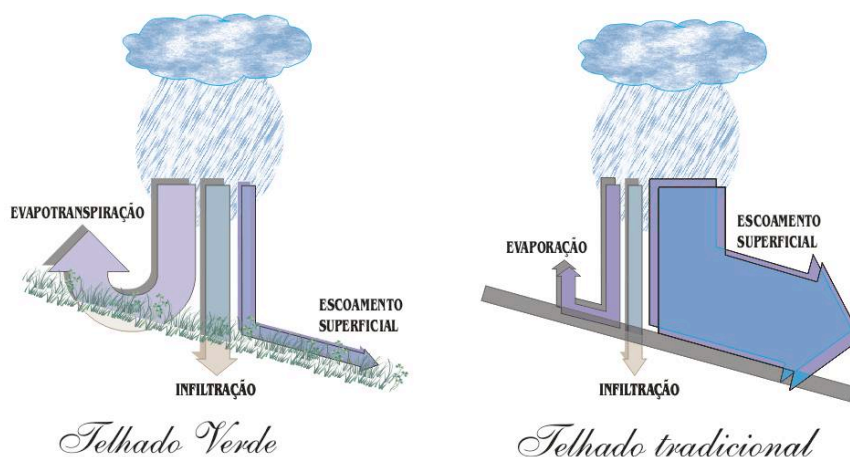


Figura 1 - Comparação da geração do escoamento de uma cobertura verde com uma cobertura tradicional.

Na cobertura tradicional a água da chuva escorre diretamente para o sistema público, ocasionando assim, um super fluxo de lavagem natural das ruas que muitas vezes tende a gerar as inundações urbanas.

OBJETIVO

O objetivo principal deste capítulo é analisar quantitativamente o escoamento superficial gerado pela água da chuva a partir do monitoramento instalado em um protótipo experimental de cobertura verde leve (CVL). O objetivo específico é avaliar as condições de condutividade elétrica e temperatura da água escoada pelo teto verde.

METODOLOGIA

Características do experimento

O protótipo para a execução da CVL situa-se em local livre de sombreamentos. A cobertura é construída em um prédio pré-existente nas dependências do Campus 1 da

Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, com dimensão da laje pré-moldada de 2,8m x 4,2m. São colocadas duas saídas para o escoamento de águas pluviais. A água coletada serve para: o estudo hidrológico, a verificação da redução do escoamento de *runoff* e a coleta de amostra da água de chuva escoada pelo telhado a fim de determinar o seu aproveitamento, como a própria irrigação do sistema de cobertura. As camadas do substrato para a composição da CVL são: laje, impermeabilizante, geomanta, substrato e grama.



Figura 2 – Sistema de protótipo de CVL com armazenamento de águas pluviais.

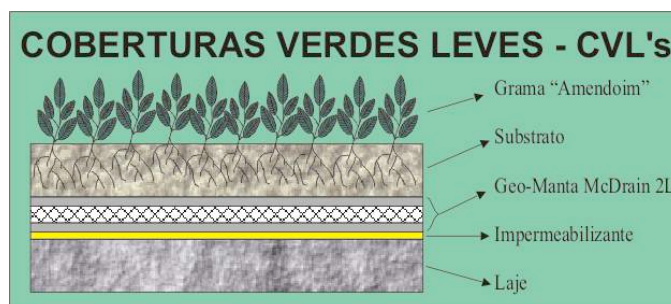


Figura 3 – Camadas de substratos da CVL.

Instalação do monitoramento

Utilizam-se três equipamentos de medição de nível e um equipamento de medição de temperatura e condutividade da água para o monitoramento das condições do sistema. Com relação à determinação da condutividade, a medida escolhida para a geração dos dados é a condutividade específica. Essa opção converte imediatamente a medida de condutividade para condutividade a 25°C.

Os equipamentos utilizados no monitoramento fazem parte do Laboratório Ambiental para o Ensino de Graduação da EESC-USP e são:

- WL 15 Water Level Logger: equipamento para monitorar e gravar o nível da água.
- CTD-DIVER: equipamento para medir o nível, a temperatura e a condutividade da água.
- Linígrafo de Bóia Convencional: aparelho de registro contínuo para medir o nível da água baseado nas oscilações de um flutuador.



Figura 4 - WL 15 Water Level Logger



Figura 5 - CTD-DIVER



Figura 6 - Linígrafo de Bóia Convencional

Nas imediações do protótipo está instalada uma estação meteorológica contendo Data-Logger e Módulo de Armazenamento Modelo, juntamente com um: pluviômetro, sensor de radiação solar, sensor de ultravioleta, temperatura e umidade relativa do ar, pressão barométrica, sensor de direção e velocidade do vento para a coleta dos dados hidrometeorológicos. Todos para serem utilizados no estudo hidrológico da cobertura

Comparação dos dados de chuva

Para validar os dados de chuva coletados pela estação meteorológica foi feita uma comparação com outras estações climatológicas instaladas na região central de São Carlos/SP.

Tabela 1_ Dados de chuva das três estações verificadas.

ANO/MÊS	CVL	FADISC	FORUM
2004/MAIO	141,94	136,50	139,90
2004/JUNHO	26,67	35,30	28,70
2004/JULHO	45,97	42,10	39,90
2004/AGOSTO	0,00	0,00	0,00
2004/SETEMBRO	9,91	8,50	8,00
2004/OUTUBRO	127,76	146,30	112,70
2004/NOVEMBRO	209,06	184,20	
2004/DEZEMBRO	264,42	226,50	
2005/JANEIRO	580,12	541,00	
2005/FEVEREIRO	74,13	53,10	57,50
2005/MARÇO	176,28	195,70	134,80
2005/ABRIL	62,49	39,30	31,30
2005/MAIO	67,31		70,20
2005/JUNHO	24,13	13,80	12,10
2005/JULHO	6,35	4,80	3,50

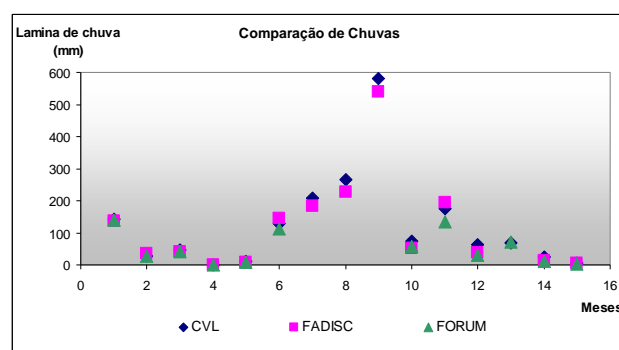


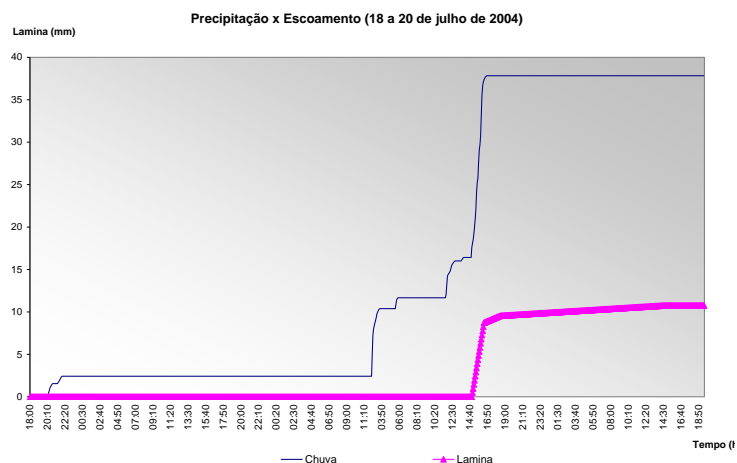
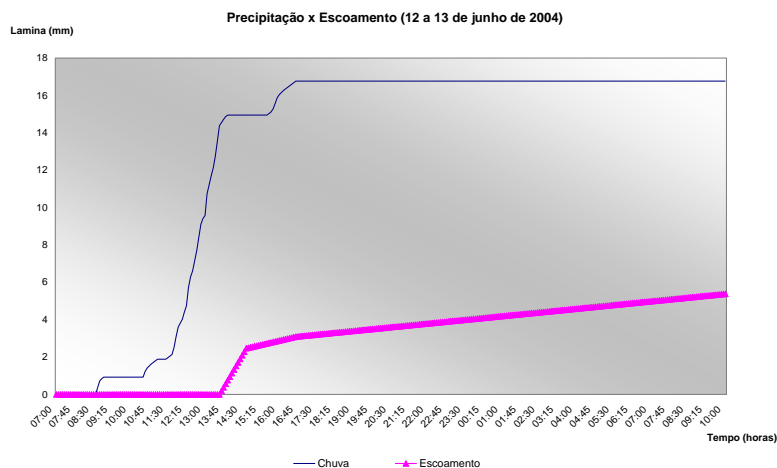
Figura 7_ Gráfico das comparações das chuvas.

Meses em que a estação não estava funcionando.

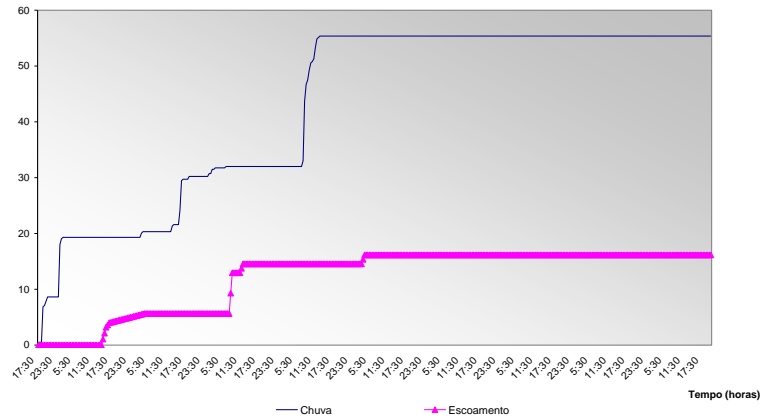
Mês em que a estação não coletou dados todos os dias.

RESULTADOS

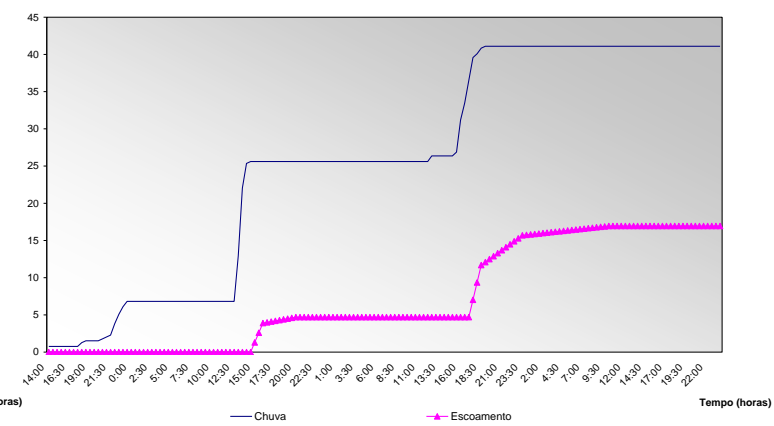
Análise quantitativa do escoamento superficial gerado por uma cobertura verde leve (CVL).



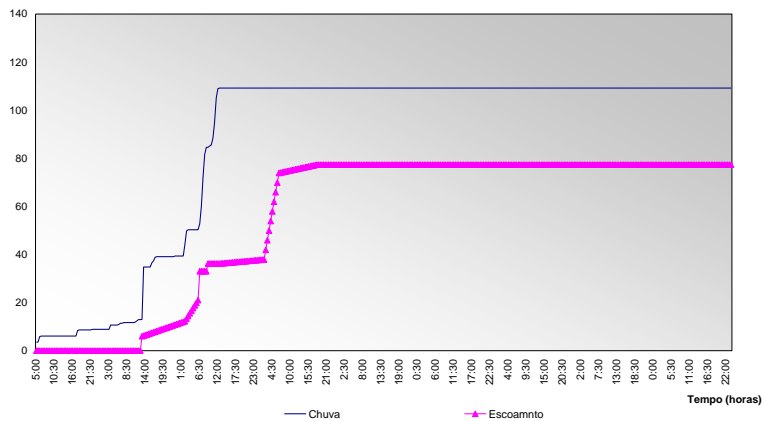
Lamina (mm) Precipitação x Escoamento (19 a 22 de outubro de 2004)



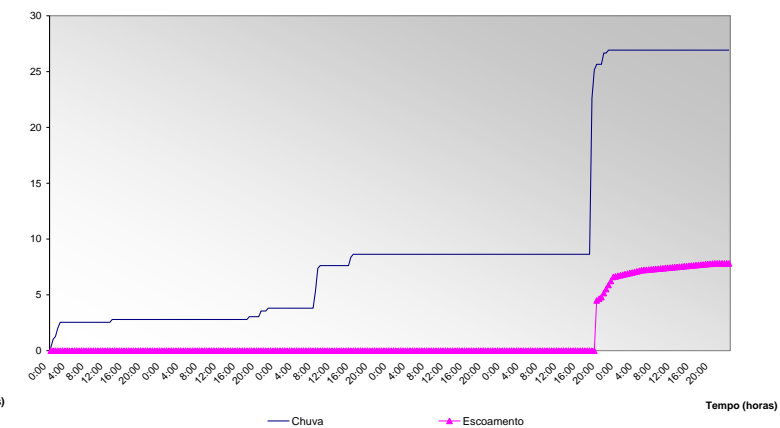
Lamina (mm) Precipitação x Escoamento (25 a 28 de fevereiro de 2005)



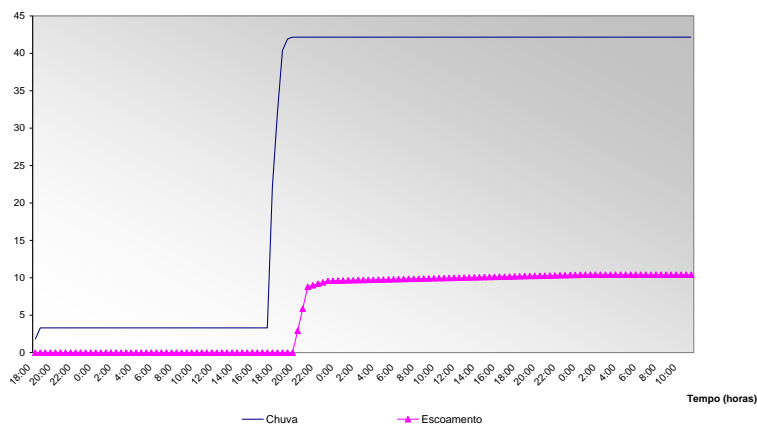
Lamina (mm) Precipitação x Escoamento (15 a 22 de março de 2005)



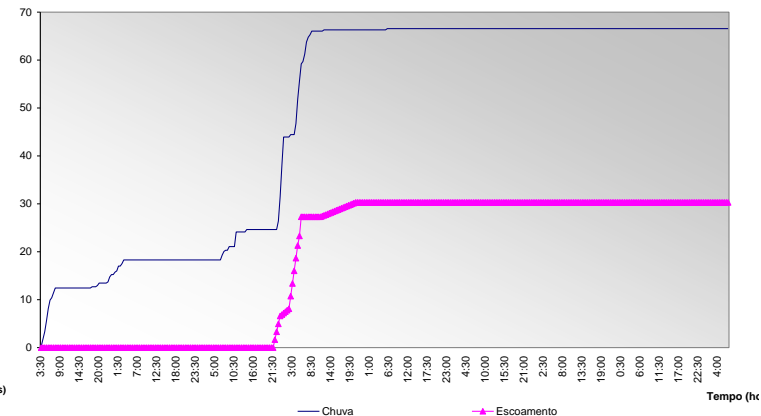
Lamina (mm) Precipitação x Escoamento (24 a 26 de março de 2005)



Lamina (mm) Precipitação x Escoamento (04 a 07 de abril de 2005)



Lamina (mm) Precipitação x Escoamento (22 a 30 de maio de 2005)



Análise de qualidade de água pluvial e de escoamento.

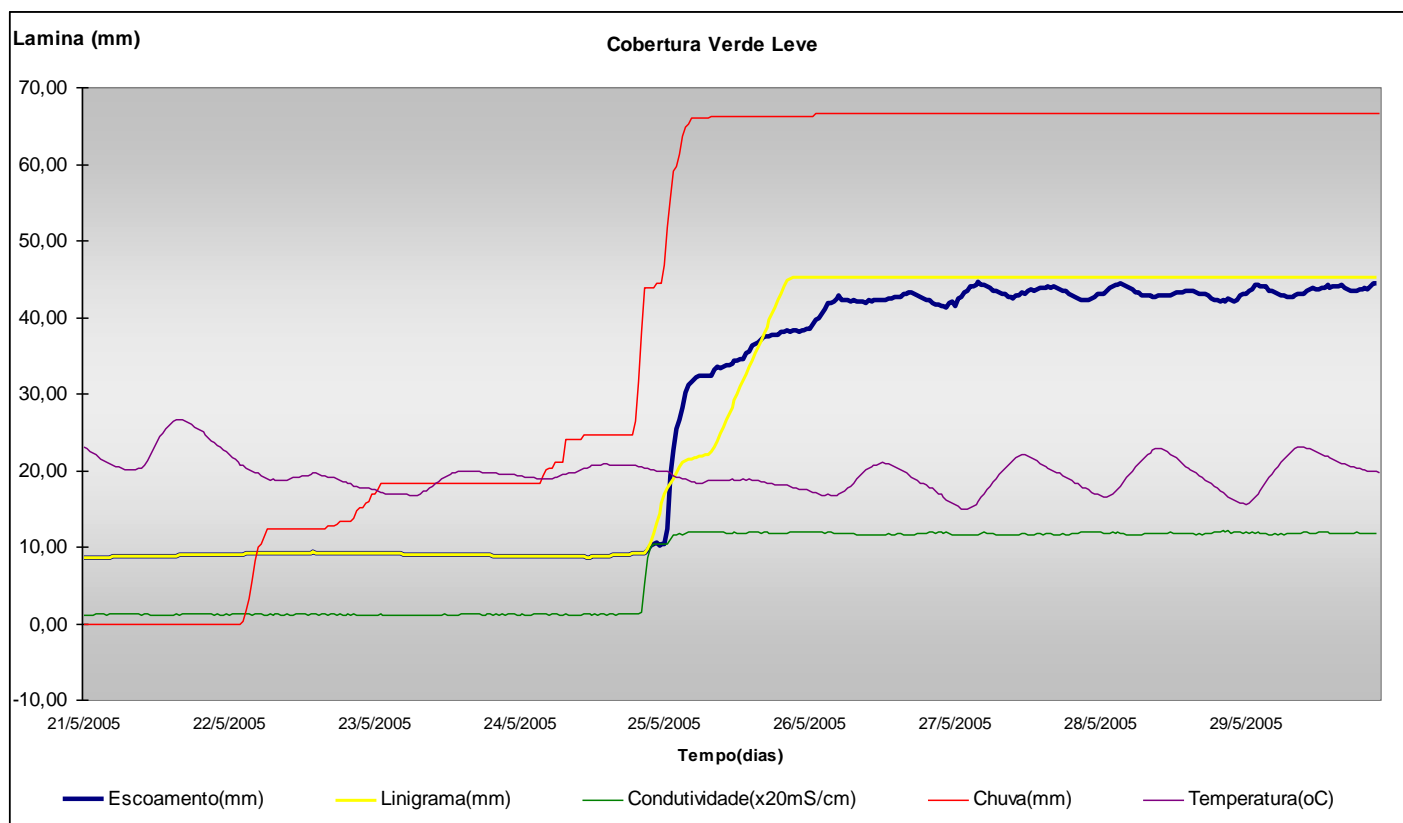


Figura 8_ Gráficos de Precipitação, Escoamento, Condutividade, e Temperatura, evento ocorrido durante os dias 21/05/05 e 29/05/05.

DISCUSSÃO

Pode-se definir a condutividade como a capacidade de uma substância “qualquer” conduzir corrente elétrica. A água pura é considerada uma substância má condutora de corrente elétrica apresentando um valor teórico de 0,5 μ mhos/cm a 25°C.

Ao colocar o aparelho no reservatório nota-se o registro de uma condutividade baixa. Este indicativo ocorre provavelmente por conta da disposição de água “limpa” anterior ao evento de chuva. Após o início da chuva e do armazenamento na caixa, a condutividade aumenta e se mantém estável. Esse resultado demonstra que a água escoada pelo telhado não é totalmente pura devido à presença de nutrientes provenientes da terra e da grama.

Durante o período chuvoso a condutividade elétrica não apresentou variações, mesmo quando na diminuição do nível do reservatório. A temperatura praticamente se manteve estável no decorrer do período com variações de máximas e mínimas não superior a 5°C.

O escoamento gerado nos eventos de junho e julho de 2004, abril e última semana de março de 2005 não ultrapassa o valor de 10mm. O maior escoamento gerado obteve valores próximos a 80mm para o período de 15 a 22 de março de 2005, com chuva

superior a 100mm de volume gerado. Estes valores indicam o volume de água precipitado de chuva e o seu escoamento gerado.

CONCLUSÃO

A aplicação do telhado verde em áreas urbanas, além de oferecer melhores condições térmicas e ambientais, retarda o escoamento superficial na drenagem. A CVL apresenta uma capacidade de absorção de água pluvial, partindo de um solo seco, de aproximadamente 14mm. Demonstra também ser capaz de absorver ao longo do tempo a água pluvial no instante de maior intensidade. Isto comprova que o uso de telhado verde retarda o escoamento das águas pluviais, se comparados com o uso de cobertura tradicional. Comprova-se, portanto a eficácia do sistema instalado de CVL como medida compensatória de combate e prevenção às inundações urbanas.

A partir da análise da condutividade elétrica da água da chuva armazenada no reservatório, conclui-se que sua classificação não se enquadra dentro dos limites estabelecidos para água potável, porém também não é considerada uma água poluída. Garante-se o seu aproveitamento para usos múltiplos não potáveis, como por exemplo, lavagem de calçadas, limpeza de ruas, descarga de vasos sanitários, etc.

RECOMENDAÇÃO

Recomenda-se para trabalhos futuros: a) avaliar a máxima taxa de infiltração da água de chuva na CVL, determinando conseqüentemente a máxima intensidade pluviométrica comportada pelo teto verde sem a necessidade de instalar drenos superiores para coleta do escoamento superficial; b) estudar o escoamento de água pluvial para diferentes inclinações ou declividades do telhado; c) analisar a qualidade da água pluvial para determinação do seu respectivo aproveitamento; c) simular diversos cenários para o meio urbano utilizando a CVL como método construtivo para residências, comércios e indústrias, visando comparar a redução do escoamento gerado pela água pluvial no pico de chuva e a sua influência na prevenção de inundações.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem: ao convênio FIPAI-FINEP-CT-HIDRO/EESC-USP/DAEE-SP 01.02.0096.00 de projeto intitulado “Experimento Piloto de Gerenciamento Integrado de Bacias Urbanas para o Plano Diretor de São Carlos”; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Brasil, CNPq, quem consolidou o Grupo de Pesquisa e disponibiliza bolsa de produtividade em pesquisa; a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior CAPES-Brasil; pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP, Processo: 03/06580-7. Os autores agradecem também o programa de bolsas CT-Hidro (nível Doutorado), processo CNPq nº 142535/2004-4.

As discussões organizadas pelo NIBH - Núcleo Integrado de Bacias Hidrográficas, que podem ser acessadas através do site: www.shs.eesc.usp.br/laboratorios/hidraulica.

BIBLIOGRAFIA

ABNT NBR-12190 (NB-279/90). Associação Brasileira de Normas Técnicas. “*Seleção da impermeabilização*”.

ALMEIDA, A .E. F. S.; FERREIRA, O .P. (1999). “*Revestimentos Poliméricos para Proteção à Corrosão Bacteriológica do Concreto*” in: 41º Congresso Brasileiro do Concreto, Salvador, Bahia – de 30 de agosto a 03 de setembro de 1999. Anais 2.1.21, pg 140.

CAMPANA, N. A.; EID, N. J. (2001). “*Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas*”, ABRH, Porto Alegre, RS, 2001, p. 507-530.

FERREIRA, O. P.; MARCHESONI, F. M. (1998). “*Utilização de compósitos de resina poliuretana de origem vegetal para uso em edificações*” in: Jornadas de la Asociación Argentina de Materiales – SAM '98 – “IBEROMET V. Rosario, ARGENTINA, 14 – 18 de setembro de 1998 - p.82, 12-M.7.

FERREIRA, O. P. ; VECCHIA, F. A. S. (2000). “*Impermeabilización de cubiertas de viviendas de interés social*” in I Simpósio Internacional sobre Viviendas de Interés Social, Antigua - Guatemala - de 10 a 14 de abril de 2000.

FERREIRA, O. P.; VECCHIA, F. A. S. (1999). “*Impermeabilização de coberturas e outras construções com a utilização de resina vegetal*” in Simpósio Internacional sobre Cubiertas e Entrepisos, Havana, Cuba – de 12 a 14 de maio de 1999.

FINEP/FIPAI/DAEE-EESC (2003). “*Experimento Piloto de Gerenciamento de Bacias Urbanas para o Plano Diretor de São Carlos, SP*”. USP. Escola de Engenharia de São Carlos www.busplanodiretor.hpg.com.br. Projeto GURH.03/2002. CT-HIDRO. Convênio Finep 01.02.0086.00.

GUSMÃO, F.; SCHIMIT, M. (2003). “*Projeto de cooperação internacional entre FH-Neubrandenburg (Alemanha) e CEFET/RJ (Brasil)*”. www.gruendach-mv.de/drenagem.htm.

HESPANHOL, I. (2002). “*Potencial de reúso de água no Brasil, agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos*”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, ABRH, Porto Alegre, RS, v.7, n.4, p. 75-95.

MARTINS, E. S. P. R.; PAIVA, J. B. D. Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas, ABRH, Porto Alegre, RS, 2001, p. 531-566.

MCT/CGE (2001) – Ministério de Ciência e Tecnologia/ Centro de Estudos e Gestão Estratégica. “*Diretrizes estratégicas para o Fundo de Recursos Hídricos de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brasília*”, 2001.

PENNSYLVANIA (2004). Penn State Center for Green Roof Research. Centro de Pesquisa de Telhado Verde PennState. Universidade do Estado da Pennsylvania, EUA. Dados retirados do site: <http://hortweb.cas.psu.edu/research/greenroofcenter/history.html>

PIMENTEL, V. C. (2002). *“Projeto e execução de um amostrador seqüencial automático de chuva”*. Dissertação de Mestrado Eng. Hidráulica e Saneamento, SHS/EESC/USP, Defendida 15/02/02, 2002.

RAINDROPS, G. (2002). *“Aproveitamento da água de chuva”*. Ed. Organic Trading, Curitiba, PR.

RIGHETTO, A. M. (1998). *“Hidrologia e recursos hídricos”*. EESC-USP, São Carlos, SP, 1998.

SECCHI, A., MAZZÓN, R. (2001). Nuevas contribuciones... in A. Villanueva, J. Goldenfum, A. Silveira *“Soluções para a Drenagem Urbana em Países de América Latina”*, ABRH-IPH, Porto Alegre, RS. , p.144-158.

THE CARDINAL GROUP (2003). *Public Benefits of Green Roofs*. www.peck.ca/grhcc/public.htm Acessado em 26/05/03.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L.; BARROS, M. T.; (1995). *“Drenagem Urbana”*. Ed. Universidade UFRGS, Porto Alegre, RS.

VECCHIA, F.; PELLEGRINO, O. (2002). *“Gestão de Políticas Públicas Voltadas ao Processo de Construção Habitacional e Transferência de Tecnologia”*. FAPESP processo 01/12915-6 (2002).