



## AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE UM TELHADO VERDE NO CONTROLE QUANTITATIVO DO ESCOAMENTO PLUVIAL A PARTIR DE UM MODELO DE BALANÇO DE VOLUMES DE LONGO PRAZO

*Cristiano Gabriel Persch<sup>(1)</sup>; Rutinéia Tassi<sup>(2)</sup>; Daniel Gustavo Allasia<sup>(3)</sup>;*

<sup>(1)</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, [cristianog.persch@bol.com.br](mailto:cristianog.persch@bol.com.br)

<sup>(2)</sup> Prof. Dpto de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, [rutineia@gmail.com](mailto:rutineia@gmail.com)

<sup>(3)</sup> Prof. Dpto de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, [hidrologia@gmx.net](mailto:hidrologia@gmx.net)

**Palavras-chave:** Telhado Verde; Controle Quantitativo; Modelagem.

Com o crescimento da população mundial, o impacto sobre o meio ambiente se tornou cada vez mais significativo em função das mudanças causadas pelo uso e ocupação do solo. A derrubada da vegetação natural, a degradação progressiva dos mananciais remanescentes e o desfruto incompatível com a capacidade de suporte do solo, são alguns dos principais fatores que interferem diretamente no ciclo hidrológico natural. Segundo Tucci (1993), na medida em que a situação natural das paisagens vai sendo substituída por condicionantes impermeáveis, reduz-se a capacidade de infiltração no solo, aumenta-se o escoamento superficial com elevação das vazões de pico, reduzem-se as taxas de evapotranspiração, uma vez que as superfícies urbanas não retêm água como a cobertura vegetal.

Os resultados notáveis desse desequilíbrio na paisagem urbana são as enchentes, que nos últimos anos têm se tornado cada vez mais graves e frequentes, acometendo sazonalmente as grandes cidades e demonstrando a fragilidade do sistema hidrológico urbano, com grandes impactos financeiros e psicológicos incidentes sobre a população (BRAGA *et al.*, 2003).

Diante deste cenário, diversas alternativas vem sendo desenvolvidas no sentido de minimizar esses impactos sobre o meio ambiente. Uma das propostas que atualmente vem ganhando espaço e credibilidade é a ideologia do Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto (Low Impact Development, LID). Conceitualmente constitui-se no princípio da gestão das águas pluviais com controle do escoamento na fonte, com medidas integradas nas fases iniciais de um projeto, por meio de estratégias que conduzem à natural evaporação, transpiração, infiltração, armazenagem e utilização das águas pluviais (LOW IMPACT DEVELOPMENT MANUAL, 2005).

Nesse contexto, uma das técnicas de grande aceitação no cenário urbano, tanto pelo seu benefício ambiental, quanto pela sua contribuição estética, é a concepção de projetos com a utilização de estruturas de telhado verde. Os telhados verdes contribuem para o controle quantitativo do escoamento pluvial, que é percebido através da diminuição dos volumes e das vazões de pico que seriam geradas em estruturas impermeabilizadas.

Enfatizando essa proposta, foi desenvolvido um modelo simplificado de balanço de volumes baseado nos dados provenientes do monitoramento de um módulo experimental de uma estrutura de telhado verde localizada na cidade de Santa Maria-RS. A estrutura de telhado executada foi composta por módulos pré-fabricados de telhas de EVA e aglomerante, formando uma espécie de caixa com oito células dentro das quais é colocado o substrato e inserida a vegetação. Essa estrutura é assentada sobre um recipiente plástico (galocha), que tem aproximadamente 3 cm de altura, e tem a função de reter uma parcela da água da chuva, que é utilizada pela vegetação durante os períodos de estiagem.

Para o monitoramento foram instalados reservatórios na base inferior do telhado, de forma a coletar todo o excesso de escoamento proveniente de um evento de precipitação. Sensores de nível foram utilizados para determinação do volume de escoamento e um pluviômetro e um pluviógrafo foram instalados para determinação do volume de chuva. Os dados de precipitação foram consistidos a partir das informações pluviométricas do INMET, localizado na proximidade.

A composição do modelo numérico representativo do comportamento hidrológico do telhado verde está baseada em um balanço simplificado de volumes, e pode ser representada pela equação:

$$Q = P - S - EVT \quad (1)$$

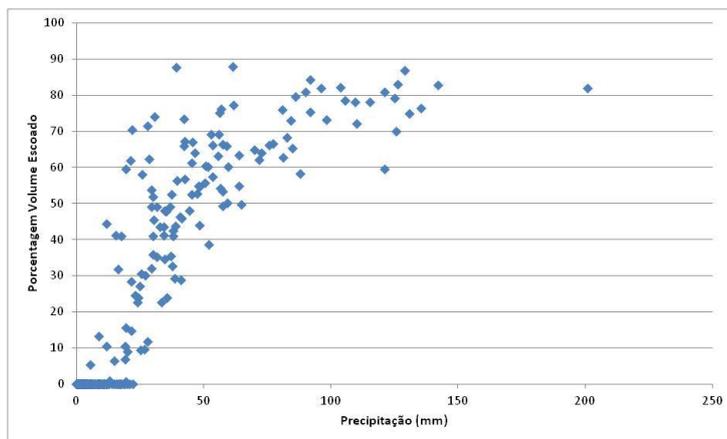


Onde: Q representa o escoamento gerado no telhado verde; P é a precipitação total do evento; S representa a parcela de armazenamentos, que contempla em um só parâmetro o volume de água no guardado módulo + solo + interceptação; EVT corresponde à parcela de evapotranspiração. Todas as unidades foram compatibilizadas para a unidade de “mm”. A evapotranspiração foi estimada com base na Equação de Penman (TUCCI, 1993). As variáveis para esta estimativa, tais como, temperatura, umidade do ar, radiação diária e velocidade média do vento foram obtidas junto à estação do INMET local.

Em um primeiro momento, foi realizada uma estimativa inicial da capacidade de máxima de armazenamento de água (módulo + substrato + interceptação) por unidade de área ( $m^2$ ), suportada pela estrutura de telhado verde. A estimativa foi baseada no monitoramento de aproximadamente 40 eventos isolados de chuva. Métodos indiretos como a gravimetria e a cubagem também foram utilizados para tal estimativa.

A partir da estimativa inicial, fez-se a calibração do modelo para vários eventos com diferentes pluviometrias e durações variáveis, usando como função objetivo a minimização do erro entre os volumes escoados determinados pelo modelo e o volume real monitorado, através do ajuste do parâmetro de armazenamento máximo. Uma vez feita a calibração da variável de armazenamento máximo, estendeu-se a análise do comportamento do telhado verde para uma série de chuva, para diferentes meses do ano e com durações variáveis. Foram utilizados os dados do posto do INMET desde o ano de 2005 até 2010.

Com base no monitoramento, o telhado verde comportou-se de forma a armazenar aproximadamente  $14mm/m^2$ , corroborando com outras estimativas já realizadas por outros autores, a exemplo Mendiondo & Cunha (2004) que obtiveram o mesmo volume para um telhado verde com cerca de 15 cm de substrato. Aplicando-se o modelo para uma série de longo período, o telhado verde demonstrou a capacidade máxima de armazenar aproximadamente 22,3mm de chuva, para



um evento com duração de 4 dias. O resultado da aplicação do modelo pode ser observado na Figura 1, onde tem-se em escala principal a porcentagem escoada para diferentes eventos de precipitação para uma série de longo período.

Como era de se esperar, pela análise da figura, percebe-se uma tendência a manter constante o armazenamento na medida em que há um aumento gradual dos volumes de precipitação.

Figura 1 - Precipitação X Percentual de Escoamento

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAGA, Roberto; CARVALHO, Pompeu F. C. **Recursos hídricos e planejamento urbano e regional**. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal-IGCE-UNESP. 2003. p. 113-127 - ISBN 85-89154-04-01

CUNHA, A. R.; MEDIONDO, E. M. **Experimento hidrológico para aproveitamento de águas de chuva usando coberturas verdes leves (CVL)**. USP/SHS – Processo FAPESP 03/06580-7 – São Carlos – SP, 2004.

PRINCE GEORGE'S COUNTY - MARYLAND. Department of Environmental Resources. **Low-Impact Development Design Strategies: An Integrated Design Approach**. Maryland, 1999. Disponível em: < <http://www.lowimpactdevelopment.org>. Acesso em março de 2012.

Tucci, C. E. M et al. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Editora da Universidade UFRGS, Porto Alegre, 1993.