

## XII ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS

### **INSTALAÇÃO EXPERIMENTAL PARA ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DA REMOÇÃO DE CARGA POLUIDORA POR MEIO DE DISPOSITIVOS LID**

Maria Cristina Santana Pereira<sup>1</sup>; José Rodolfo Scarati Martins<sup>2</sup>; Fábio Ferreira Nogueira<sup>3</sup>; Fábio Paiva da Silva<sup>4</sup>

**RESUMO** – A questão da qualidade da água nos corpos d’água urbanos é complexa, pois passa pelo controle de cargas pontuais e difusas. As cargas pontuais ainda são um problema recorrente no Brasil, mas são mais facilmente identificáveis. As cargas difusas não têm um ponto de lançamento específico, dessa forma, seu controle é mais difícil e ocorrem principalmente com a lavagem do solo durante as chuvas. Os corpos d’água urbanos estão sujeitos a tais descargas o que afeta a qualidade da água e seus usos múltiplos. Neste contexto, este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma pesquisa, que está em andamento, no Campus da Universidade de São Paulo, na zona oeste da capital paulista. O corpo d’água escolhido é o canal denominado “Tejo”. O pesquisa visa caracterizar a poluição difusa gerada em uma bacia urbana através do monitoramento dos parâmetros de qualidade da água do escoamento superficial durante eventos de chuva e do corpo d’água e durante eventos de seca, a eficiência da remoção destes poluentes por um dispositivo LID, caracterizar poluição difusa real, diferenciar carga difusa e remanescente em período seco e concluir sobre a expansão deste tipo de experimento para a escala real.

**ABSTRACT**– The problem about water quality in urban water bodies is complex, because it is related with controlling of point and diffuse loads. Point loads are still a problem in Brazil, but they are more easily identifiable. Diffuse loads do not have a specific pollution point, so they are more difficult to control and happen during the surface runoff caused by a rain event. Urban water bodies are exposed to the diffuse pollution, which affect their water quality and multiple uses. In this context, this work shows the development of a research, which is in progress, at the Campus of the University of São Paulo, in the west zone of São Paulo. The water body chosen is the channel called "Tejo". The goal of this research is characterize the diffuse pollution generated in an urban basin by monitoring the water quality parameters of the surface runoff during rainfall and of the body of water during drought; the efficiency of the removal of these pollutants by a LID; characterize the real diffuse pollution, the difference between diffuse and residual load in the dry period; and to conclude on the expansion of this type of experiment to the real scale.

**Palavras-Chave** – LID, Jardim de Chuva, Poluição Difusa.

1 Doutoranda em Recursos Hídricos na Escola Politécnica da USP. Av. Prof. Almeida Prado No. 83 Edif. Engenharia Civil Depto Hidráulica Cidade Universitária, São Paulo, SP. CEP: 05508-900. Tel: (11) 994497426 E-mail: maripereira@usp.br

2 Professor associado do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Escola Politécnica da USP. Av. Prof. Almeida Prado No. 83 Edif. Engenharia Civil Depto Hidráulica Cidade Universitária, São Paulo – SP. CEP: 05508-900. Tel: (11) 30915581. Fax: (11) 30915423. E-mail:scarati@usp.br

3 Mestrando em Recursos Hídricos na Escola Politécnica da USP. Av. Prof. Almeida Prado No. 83 Edif. Engenharia Civil Depto Hidráulica Cidade Universitária, São Paulo, SP. CEP: 05508-900. Tel: (11) 985880123 E-mail: fabiofnog@usp.br

4 Mestrando em Recursos Hídricos na Escola Politécnica da USP. Av. Prof. Almeida Prado No. 83 Edif. Engenharia Civil Depto Hidráulica Cidade Universitária, São Paulo, SP. CEP: 05508-900. Tel: (11) 954956199 E-mail: fpaiva@usp.br

## 1 - INTRODUÇÃO

Atualmente no Brasil e no mundo esforços vêm sendo despendidos para o desenvolvimento e a aplicação das medidas de drenagem urbana que objetivam o controle do escoamento pluvial e melhoria da qualidade da água, em detrimento das medidas estruturais aceleradoras do escoamento. Dessa forma os dispositivos denominados por Low Impact Developmet (LID) tem grande difusão e aceitação no meio técnico que buscam solução para problemas urbanos como melhoria maneira de gerenciar as águas pluviais e os escoamentos superficiais, redução dos impactos causados por poluição difusa de escoamentos superficiais e mimetizam processos naturais Baptista *et al.* (2005).

Nas cidades, o aporte de poluentes nos rios é frequentemente composto por cargas pontuais, cuja origem e quantidade são conhecidas ou podem ser estimadas e pelas chamadas cargas de origem difusa, ou simplesmente poluição difusa, nas quais o material transportado durante as chuvas seguirá para os corpos hídricos afetando diretamente a qualidade da água. As cargas pontuais são originárias das falhas genéricas do sistema de esgotamento sanitário, e compreendem desde a simples ausência de redes coletoras e de transporte até os denominados despejos clandestinos e irregulares.

As cargas difusas aportam aos cursos d'água durante os eventos de chuva e são produzidas pela lavagem do material disposto na superfície da bacia hidrográfica, como o particulado atmosférico precipitado, os derrames de óleos e graxas, os descartes líquidos irregulares no sistema de drenagem e os resíduos sólidos arrastados pelas enxurradas. Pesquisas realizadas em várias partes do mundo, e inclusive no Brasil, mostram que a poluição difusa contribui com uma parcela considerável da carga poluidora total lançada nos corpos hídricos urbanos, chegando a ser maior que 30% da carga total Novotny, (2003); Yazaki *et al.* (2007); Morihama *et al.* (2011); Moura *et al.* (2013).

Para mitigar esses lançamentos de cargas difusas, há décadas os países Europeus, da América do Norte e Oceânica adotam medidas que interferem no escoamento superficial próximas da fonte destas cargas geradas por ocasião dos eventos de precipitação, através dos chamados dispositivos LID. Seu uso corrente visa a redução dos impactos que causariam a implantação de estruturas convencionais de drenagem urbana e de controle da poluição das águas pluviais Pereira (2014). Por outro lado, observa-se também certa lentidão em sua adoção como ação padrão, a ser implementado nos novos desenvolvimentos e expansões urbanas.

Vandermeulen *et al.* (2011) levantaram os custos de benefícios gerados pela implantação de dispositivos LID e concluíram que a sua implantação traz benefícios não somente para a região onde foi implantada, mas para toda a vizinhança. Estudos realizados em São Paulo para quantificação e estimativa do potencial mitigador de cargas poluidoras de LID se mostraram promissores quanto à sua eficiência e viabilidade de implantação Moura *et al.* (2013); Moura (2013); Moura *et al.* (2014).

As LID são também denominadas de BMPs (Best Management Practice), WSUD (Water Sensitive Urban Design) e Infraestruturas verdes. No Brasil são denominadas de tecnologias alternativas ou compensatórias Parkinson *et al.* (2003) e são medidas não convencionais para controle das águas pluviais.

Nesse artigo apresenta-se uma instalação experimental para avaliação da eficiência dos dispositivos denominados de `jardins de chuva`, em termos de capacidade de remoção de constituintes em eventos de chuva e também de tempo seco.

Estes dispositivos, também conhecidos como de `biorretenção`, valem-se da técnica que une as características do paisagismo para promover a retenção e/ou tratamento da água pluvial. São formados por uma área com depressão constituída de material poroso, sob uma superfície vegetada. Essas áreas têm frequentemente um poço de infiltração subterrâneo para favorecer o escoamento para o solo, principalmente em solos argilosos e drenos para permitir o escoamento do excesso de água. Os jardins de chuva propiciam a recarga de águas subterrâneas, a remoção de poluentes e a detenção de escoamento. É uma solução eficaz em estacionamentos ou áreas urbanas, onde o espaço verde é limitado EPA (2013). A Figura 1 apresenta exemplos de jardins de chuva.



Figura 1 – Exemplos de jardim de chuva. Fonte: NRCS (2013); UCONN (2018)

## 2 - MATERIAIS E MÉTODO

### Área de estudo

A instalação foi construída em um protótipo de jardim de chuva na área do Campus da Universidade de São Paulo, na zona oeste da capital paulista. O protótipo está localizado ao lado de um corpo hídrico artificial utilizado para a drenagem de base e pluvial de uma bacia contribuinte tipicamente urbana, ocupada pelos edifícios e vias do campus. A carga afluente é determinada a partir do monitoramento dos parâmetros de qualidade da água do escoamento superficial durante eventos de chuva e do corpo d'água durante eventos de seca. Este monitoramento permite avaliar a eficiência da

remoção, caracterizar poluição a difusa real, diferenciar carga difusa e remanescente em período seco e concluir sobre a expansão deste tipo de experimento para a escala real.

O canal de drenagem, denominado informalmente de `rio Tejo` tem 1,52 km<sup>2</sup> de área de contribuição, drenando cerca de 41% de todo o campus da Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira. A Figura 2 apresenta a localização da área de estudo.



Figura 2 – Localização da área de estudo. Elaborado pelos autores. Fonte: GeoSampa

O Jardim de chuva foi estudado anteriormente no período 2012-2013, sendo um experimento realizado por Moura (2013) e que deu subsídio para o desenvolvimento da tese “Biorretenção: tecnologia ambiental urbana para manejo das águas de chuva” e encontrava-se sem manutenção desde então. Inicialmente foi realizada a limpeza da área do experimento, pois a vegetação que cobria a área não permitia a visualização das estruturas a Figura 3 (a) apresenta o antes e a Figura 2 (b) o depois da etapa de limpeza. A Figura 4 (a) apresenta o desenho esquemático da estrutura e a Figura 4 (b) a estrutura in loco.



(a)

(b)

Figura 3 – Área do experimento (a) antes de limpeza e (b) após a limpeza. Foto: autores



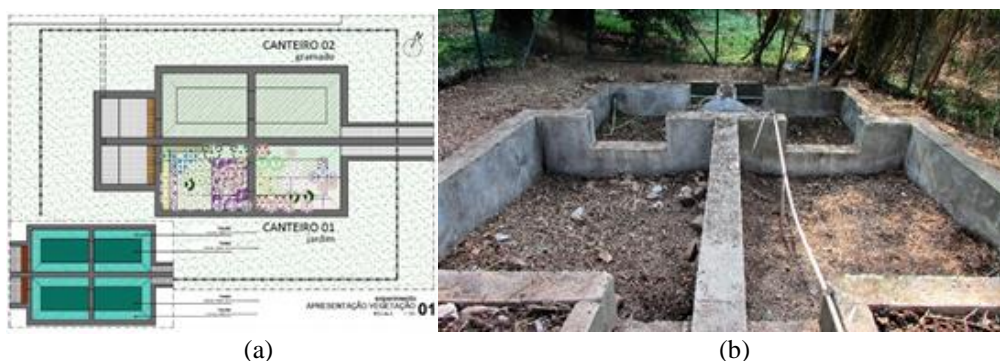


Figura 4 – Estruturas (a) desenho esquemático (b) estruturas após a limpeza. Fonte: Moura, 2014. Foto: autores

A limpeza constitui-se da remoção da vegetação em seguida realizou-se retirada do substrato para verificação de avarias na estrutura. A Figura 5 (a) apresenta a retirada do material e a Figura 5 (b) apresenta a substituição do material (bidim, brita nº 01 e areia) já preparado para receber o substrato de plantio.



Figura 5 – (a) Retirada do substrato (b) material já substituído (areia). Foto: autores

Para o substrato de plantio foi reutilizado o material do experimento anterior. Todo o processo foi realizado reproduzindo o que foi encontrado em canteiros de obras.

No canteiro 1 o bidim foi substituído por do geocomposto fornecido pela empresa Huesker A Figura 6 (a) apresenta o geocomposto e a Figura 6 (b) apresenta a substituição do material (geocomposto,) já preparado para receber brita nº 01 e areia e o substrato de plantio.



Figura 6 – (a) Geocomposto (b) aplicação do geocomposto no canteiro 1. Foto: autores

Após ambos os canteiros já estarem com os substratos de plantio optou-se pelo uso da grama do tipo esmeralda como elemento de biorretenção do experimento e para cobrir o entorno do experimento facilitando assim a locomoção. A Figura 7 (a) apresenta a colocação da grama e a Figura 7 (b) apresenta o trabalho já concluído.



(a) (b)  
Figura 7 – (a) colocação da grama (b) jardim com grama. Foto: autores

A etapa de reforma da estrutura foi bem-sucedida, a grama aderiu bem ao solo e em pouco tempo a área tornou-se verde e na Figura 8 tem-se a situação final.



Figura 8 – Jardim de chuva já reformado. Foto: autores

No início do mês de janeiro de 2018 foi instalado o sensor de nível nos vertedores para registro contínuo da vazão de água através do jardim e sua transmissão remota (Figura 9).



Figura 9 – Ponteira aquisitora e caixa da parte elétrica do sistema. Foto: autores

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a retirada dos substratos constatou-se que não houve avarias na estrutura do experimento original de 2011. No canteiro 2 manteve-se o mesmo tipo de camadas abaixo do substrato de plantio, ou seja, geotextil, brita e areia, que foram substituídos para evitar o uso de material já contaminado. Para o canteiro 1 substituiu-se a brita e a areia pelos mesmos motivos da substituição do canteiro 2. Neste, a camada isolante de geotextil passou a ser um geocomposto. Com o experimento já reformado e com a instalação dos sensores de nível d'água iniciou-se as medições de nível no final do mês de janeiro. A primeira medição foi realizada de 29/01 a 31/01 (Figura 10), sendo os dados de chuva e vazão registrados no pluviômetro instalado a cerca de 50m do local, no pátio do Laboratório de Hidráulica (CTH). A precipitação total foi de 20 mm como apresentado na Figura 11.

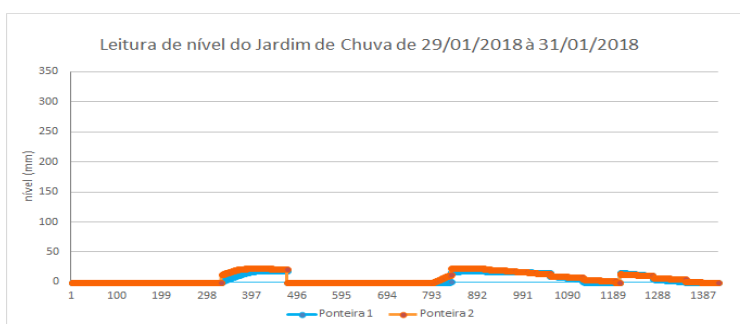


Figura 10 – Leitura de nível do jardim de chuva de 29/01/2018 à 31/1/2018. Elaborado pelos autores

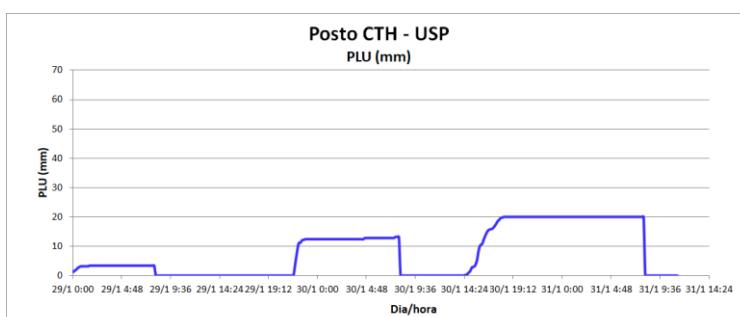


Figura 11 – Precipitação registrada no posto CTH-USP. Fonte: SAISP

Foram coletados ainda dados em 07/03 a 08/03; 12/03 a 13/03 e em 20/03. Em 20/03 houve um evento severo com precipitação total de 69 mm e que provocou o extravasamento da água nas estruturas. Os sensores conseguiram registrar as vazões de 44 L/s e 34 L/s respectivamente nos canteiros 1 e 2. Os dados de nível registrado em 20/03 estão apresentados na Figura 12 e os dados de chuva na Figura 13.

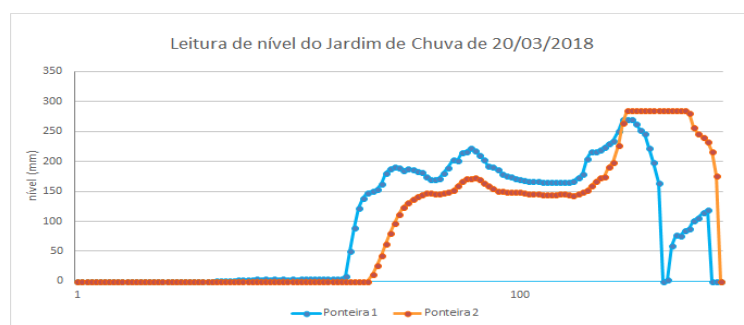


Figura 12 - Leitura de nível do jardim de chuva de 20/03/2018. Elaborado pelos autores

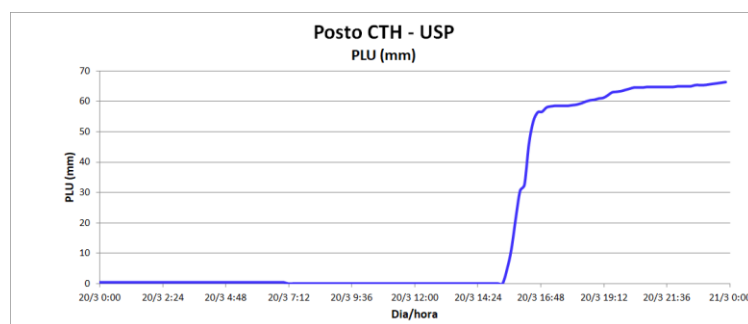


Figura 13 – Precipitação registrada no posto CTH-USP. Fonte: SAISP

#### 4 - CONCLUSÕES

A utilização de LID na remoção de poluição de rios urbanos é uma técnica promissora para promover a melhoria da qualidade da água por meio da remoção de poluentes por fitorremediação, ou seja, a ação das plantas, assim como o uso de novas tecnologias como o geocomposto. Já há aceitação no meio técnico e junto à população para a implementação destes dispositivos. Quanto a fitorremediação, estudos desenvolvidos no Brasil e no mundo apontam sua capacidade de tratamento do escoamento superficial por meio de dispositivos LID e agora está sendo pesquisada a eficiência da remoção de poluição de rios urbanos por meio desses dispositivos.

A utilização destes dispositivos deve, no entanto, ser adaptada e verificada para as condições locais, de forma a verificar seu comportamento para o regime pluviométrico local, de precipitações intensas e curtas, com forte carga de lavagem constituída de material grosseiro, restos vegetais e lixo.



A instalação proposta neste estudo tem condições de avaliar este desempenho ao longo de diversos ciclos de forma a apresentar um perfil em termos das anomalias físicas de comportamento, tais como rachaduras, colmatação, transbordamentos, crescimento excessivo da vegetação, bem como químicos, como os fatores de retenção. Outras informações são ainda esperadas, como a extração da parcela da carga de lavagem do escoamento superficial e a determinação da carga de base no corpo hídrico receptor.

## 5 - REFERÊNCIAS

- BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O.; BARRAUD, S. (2005). *Técnicas Compensatórias em drenagem urbana*. Porto Alegre - RS, 266p.
- MOURA, N. C.; PELLEGRINO, P. R.; MARTINS, J. R. S. (2013). “Melhores Práticas de Manejo das águas de Chuva como Estratégia de Drenagem Urbana: Experiência e Resultados”. in Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Bento Gonçalves/RS: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013.
- MOURA, N. C. B. “Biorretenção: tecnologia ambiental urbana para manejo das águas de chuva”. (Tese de Doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.
- MOURA, N. C. B.; PELLEGRINO, P. R. M.; MARTINS, J. R. S. (2014) “Transição em infraestruturas urbanas de controle pluvial: uma estratégia paisagística de adaptação às mudanças climáticas”. Paisagem e Ambiente, n. 34, p. 107-128.
- MORIHAMA, A. C. ET AL. “Integrated solutions for urban runoff pollution control in Brazilian metropolitan regions”. in Anais da 12nd International Conference on Urban Drainage, Porto Alegre, RS. 2011.
- NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE (NRCS). Disponível em :< <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/site/national/home/>> Acesso em: 05 de dezembro de 2017.
- NOVOTNY, V. “Water Quality: Diffuse Pollution and Watershed Management”. 2nd Edition. 2003.
- PARKINSON, J. et al., “Drenagem Urbana Sustentável no Brasil”. Relatório do Workshop em Goiania 2003. Departmente for Internacional Development (DFID), Water Engineering and Development Centre (WEDC), Loughborough University, Reino Unido. Escola de Engenharia Civil – Universidade Federal de Góias – GO.
- PEREIRA, M.C.S., “Relação de Eficiência e Custos dos Reservatórios de Detenção e Pavimento Permeável na Bacia Hidrográfica do rio Pirajuçara”. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.
- PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. “Mapa Digital da Cidade de São Paulo”. Disponível em:< [http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/\\_SBC.aspx#](http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx#)>. Acesso em: 08 de dezembro de 2017.
- SISTEMA DE ALERTA A INUNDAÇÕES DE SÃO PAULO (SAISP). Disponível em: < <https://www.saisp.br/estaticos/sitenovo/home.xmlt>> Acesso em: 01 de junho de 2018.
- UConn – UNIVERSITY OF CONNECTICUT. Disponível em :< <http://nemo.uconn.edu/raingardens/index.htm>>. Acesso em: 19 de maio de 2018.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY . “Greening EPA”. Disponível em :< <http://www.epa.gov/oaintrnt/index.htm>>. Acesso em: 03 de junho de 2018.
- VANDERMEULEN, V. et al., “ The Use of Economic Valuation to Create Public Support for Green Infrastructure investments in urban areas”. Landscape and Urban Planning 2011 pag 198-206
- YAZAKI, L. F. O ET AL. “Uso Potencial de Sistemas Mistos de Esgotos e Águas Pluviais para Redução da Poluição Hídrica em Bacias Urbanas”. in Anais do XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, São Paulo, Anais/CD-ROOM, São Paulo, 2007.