

MONITORAMENTO CONTÍNUO DA EFICIÊNCIA DE UMA TÉCNICA COMPENSATÓRIA NA CIDADE DE RECIFE, PERNAMBUCO

Paulo Henrique Lopes Bezerra^{1}; Tássia dos Anjos Tenório de Melo²; Ana Emília Carvalho de Gusmão da Cunha Rabelo³; Murilo Trevisan Bresci Junior⁴; Artur Paiva Coutinho⁵; Antônio Celso Dantas Antonino⁶; Suzana Maria Gico Lima Montenegro⁷*

Resumo – Técnicas compensatórias visam suprir o efeito da impermeabilização decorrente da urbanização nas grandes cidades. Neste intuito, foi instalado uma trincheira de infiltração na cidade do Recife – Pernambuco, para estudos da eficiência desta técnica em um lote urbano. Este trabalho apresenta a trincheira instalada e o desempenho hidráulico no início da época de chuva na região (abril de 2017). Analisado os eventos, foi verificado que a trincheira de infiltração apresenta desempenho hidráulico eficiente, com tempos de recessão inferiores a 72 horas, adotado em vários estudos como sendo um bom tempo de recessão. Foram comparados dados atuais e de estudos anteriores da mesma trincheira. Conseqüentemente, foi verificado que estes apresentaram desempenhos próximos, mesmo após 3 anos de utilização do sistema.

Palavras-Chave – Trincheira de infiltração, eficiência hidráulica, processo de recessão.

CONTINUOUS MONITORING OF THE EFFICIENCY OF AN INFILTRATION TRENCHES IN THE CITY OF RECIFE, PERNAMBUCO

Abstract – Compensatory techniques aim to overcome the effect of waterproofing due to urbanization in large cities. Therefore, in order to study the efficiency of this technique in an urban area, an infiltration trench was installed in the city of Recife - Pernambuco. This work presents the installed trench and its hydraulic performance at the beginning of the rainy season in the region (April 2017). Analyzing the events, it was verified that the infiltration trench presents efficient hydraulic performance. That is, when the recession times are less than 72 hours, which is the value adopted in several studies as being a good recession time. Current data and from previous studies of the same trench were compared. Consequently, it was verified that they presented close performances, even after 3 years of system use.

Keywords – Infiltration trench, hydraulic efficiency, recession process.

¹ *Mestrando, Dep. de Engenharia Civil – UFPE – CTG, Recife, Pernambuco – pauloh360@gmail.com.

² Professora do Instituto Federal de Educação Tecnológica da Paraíba – IFPB, Cajazeiras, Paraíba – melo.tassia@yahoo.com.br.

³ Mestranda, Dep. de Energia Nuclear – UFPE – DEN, Recife, Pernambuco – anaerabelo@gmail.com.

⁴ Graduando do curso de Eng. Civil – UFPE – CTG, Recife, Pernambuco – murilotbjr@hotmail.com.

⁵ Professor Adjunto, Núcleo de Tecnologia – UFPE – CAA, Caruaru, Pernambuco – arthur.coutinho@yahoo.com.br.

⁶ Professor Titular, Dep. de Energia Nuclear – UFPE – DEN, Recife, Pernambuco – acdantonino@gmail.com.

⁷ Professora Titular, Dep. de Engenharia Civil – UFPE – CTG, Recife, Pernambuco – suzanam.ufpe@gmail.com.

1 - INTRODUÇÃO

À medida que ocorre o aumento populacional nos centros urbanos, há também uma expansão das superfícies impermeáveis, em detrimento das permeáveis, através das construções de novas edificações, ruas, passeios, estacionamentos, etc. Esse crescimento, aliado à falta ou deficiência no planejamento urbano e no controle do uso e ocupação do solo, altera o equilíbrio dos componentes do ciclo hidrológico, a partir do momento em que áreas que antes proporcionavam a infiltração das águas pluviais, combinada com o escoamento superficial, passam a ter seus processos de escoamento naturais comprometidos por causa dessa impermeabilização.

Outras consequências da impermeabilização podem ser elencadas, como o aumento do volume e da velocidade do escoamento superficial. Com isso, os sistemas de drenagens convencionais ficam sobrecarregados e de certa forma inoperantes, de tal modo que quando ocorre a saturação da capacidade dos sistemas de escoar a vazão produzida pela precipitação excedente, sucedem as inundações urbanas. Logo, as técnicas compensatórias surgem como uma das alternativas para o problema das cheias urbanas, auxiliando no controle do escoamento na fonte de geração (Lucas *et al.* 2015).

O enfoque nos estudos sobre técnicas alternativas, abrange a compreensão dos efeitos negativos advindos da urbanização, visando atuar sobre as causas e não sobre as consequências dos impactos. Agem sobre os processos de armazenamento, detenção, retenção, interceptação, evapotranspiração e infiltração das águas pluviais (Nascimento e Baptista 2009).

As técnicas compensatórias são propostas como mecanismos de preservação natural do escoamento superficial, diminuindo as vazões a jusante, maximizando o controle de escoamento na fonte e prevenindo efeitos adversos sobre a cidade e população, como proliferação de vetores e perdas materiais e humanas.

Em países desenvolvidos, como Alemanha e Austrália, além de pesquisadores, as técnicas são difundidas junto aos órgãos públicos e projetistas, devido, principalmente, ao caráter sustentável dessas propostas (Ahiablame *et al.* 2013). Em países em desenvolvimento, como o Brasil, a aplicabilidade dessas técnicas ainda é modesta, tendo com um dos fatores a falta de políticas públicas de incentivo a sua utilização (Reis *et al.* 2013).

Entre as técnicas compensatórias, pode-se destacar as trincheiras de infiltração, que são estruturas lineares, onde a dimensão de comprimento é maior do que as de altura e largura. É um sistema do tipo controle na fonte, baseado, principalmente no processo de infiltração das águas pluviais, capazes de reter, temporariamente, as águas para posterior armazenamento em reservatórios ou recarga do lençol freático. Quando utilizada em lotes urbanos, a trincheira de infiltração reduz o volume gerado e de cheias e retarda os picos de hidrogramas (Ohnuma Júnior *et al.* 2015).

É importante considerar o tempo de esvaziamento das trincheiras de infiltração, para que não ocorra extravasamento na estrutura. Dessa forma, o sistema deve ser projetado para suportar sucessivos eventos de precipitação. Os tempos máximos de esvaziamento apresentados na literatura, são de 72 horas, segundo Duchene *et al.* (1994) e de 48 h, segundo SMMWW (2014).

Este trabalho faz parte de um estudo contínuo sobre uma trincheira de infiltração, visando acompanhar e analisar o comportamento hidráulico do sistema, a partir dos dados de nível de coluna d'água no interior do sistema e do tempo de esvaziamento, representado pelo movimento de recessão, ou seja, o processo de infiltração na interface técnica – solo natural.

2 - METODOLOGIA

2.1 - Trincheira de infiltração

A trincheira de infiltração está implantada na cidade de Recife, especificamente no Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (DEN/UFPE). A cidade possui clima tropical úmido do tipo As', segundo a classificação climática de Köppen, com precipitação média anual de 2.219,29 mm de acordo com APAC (2014), sendo os meses de abril a julho os que registram as maiores alturas de precipitação (Figura 1).

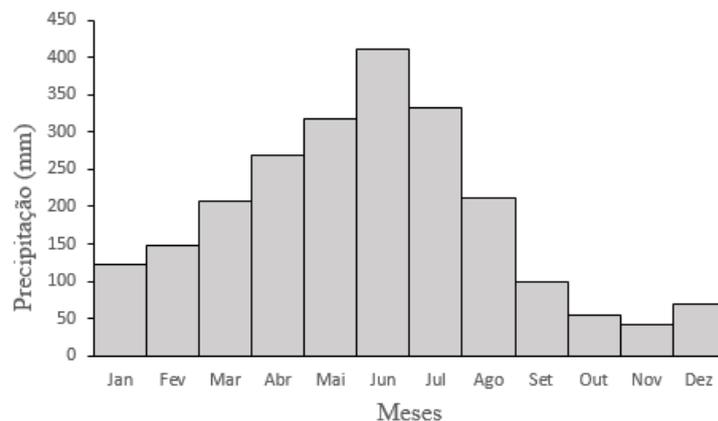


Figura 1 – Precipitação histórica média mensal (2000 a 2016). Fonte: INMET (2016).

O sistema foi construído em 2014, dimensionado através do Método da Curva Envelope ou *Rain Envelope Method* (REM), para uma área de contribuição de 250 m², adotando um tempo de retorno de 5 anos e com as seguintes dimensões: 1,5 m de largura; 3,00 m de comprimento e; 1,5 m de profundidade (Melo *et al.*, 2016.a).

A trincheira de infiltração possui a seguinte estrutura: após a abertura da trincheira (escavação), todo o espaço foi revestido por uma manta geotêxtil e preenchida por um material poroso - brita tipo 19 e com porosidade de 33%. Com o objetivo de direcionar e mensurar o volume de entrada no sistema, foi construída uma caixa de entrada com um vertedor triangular, ligado por tubo de PVC ao interior da técnica. (Figura 2).

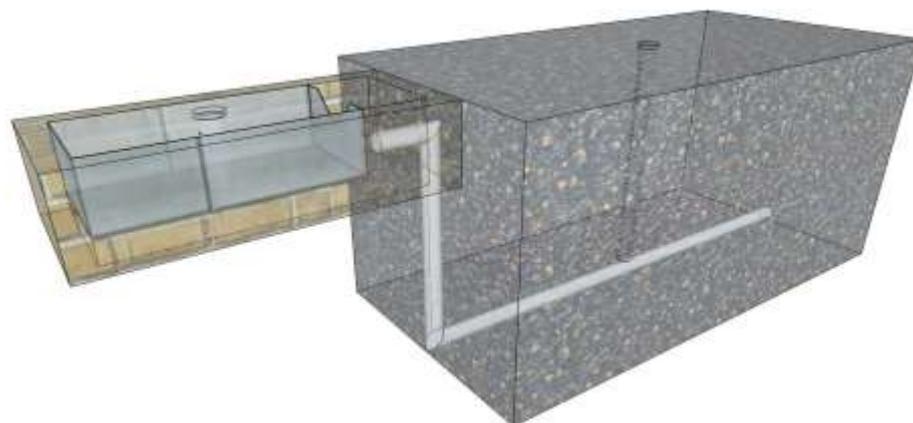


Figura 2 – Ilustração da trincheira de infiltração do estudo. Fonte: Melo *et al.* (2016.a).

Para o monitoramento, foram instalados os seguintes equipamentos: um piezômetro no interior da trincheira com um sensor de nível para acompanhamento dos níveis de água na camada de armazenamento; um piezômetro na caixa de entrada com um sensor de nível para a medição da vazão de entrada no sistema; e um pluviômetro para registros dos eventos de precipitação local.

2.2 - Análise hidráulica

A análise hidráulica da trincheira de infiltração foi realizada com base na relação, principalmente, entre a precipitação e o nível d'água no interior do sistema. Foi avaliada a função de infiltração pela análise do movimento de decaimento do nível, recessão, que também tem relação com o tempo de esvaziamento do sistema. A capacidade do sistema em responder aos eventos de precipitação considerou as condições de umidade antecedente do solo natural.

McCuen (1998) classifica as condições iniciais de umidade do solo da seguinte forma: (I) condições de solo seco, com período chuvoso menor que 12,7 mm; (II) condições médias, com período chuvoso entre 12,7 e 27,94 mm e; (III) condições de solo úmido, com período chuvoso maior que 27,94 mm.

Foi considerado o tempo de esvaziamento máximo de 72 h, correspondendo a 100% de eficiência para as recessões com tempo menor ou igual a 72h, segundo Duchene *et al.* (1994).

3 - RESULTADOS

A fim de manter um monitoramento contínuo da trincheira de infiltração, este trabalho analisou o desempenho hidráulico mais recente do sistema. Foi analisado, especificamente, o mês de abril de 2017, mês inicial do período com maiores registros pluviométricos na área de estudo. Informações sobre o monitoramento dessa trincheira de infiltração podem ser encontradas em Melo *et al.* (2016.a) e Melo *et al.* (2016.b).

Na Figura 3 é apresentado o comportamento da trincheira de infiltração no período deste estudo, onde são identificados os valores de precipitação diária, vazão de entrada (pelo vertedor), nível de água no interior do sistema e a marcação do limite da altura da trincheira (1,50 m). Quando a marcação do nível de água ultrapassar 1,50 m, significa que houve o extravasamento do sistema. Os momentos M1 e M2 destacados na Figura 3 são especificados na Figura 4 e na Tabela 1.

Realizando uma comparação geral do comportamento da trincheira de infiltração com os estudos anteriores sobre seu desempenho (Melo *et al.*, 2016.a; Melo *et al.*, 2016.b), neste trabalho, mesmo sendo o primeiro mês do período chuvoso, não houve extravasamento da estrutura. A trincheira, após 3 anos de instalada, ainda possui um rápido tempo de resposta quanto à precipitação, sendo os comportamentos da vazão de entrada e do nível no interior do sistema, praticamente concomitantes aos eventos de chuva.

As diferentes condições iniciais do solo, mostram que quando a condição de solo úmido existe (M1), a vazão de entrada é menor, justamente pela condição próxima à saturação no sistema. Consequentemente, é necessário um tempo de recessão maior para que todo o volume interno se infiltre no solo natural. É interessante observar, que mesmo sem interferência de precipitações durante a recessão em M1, o movimento descendente não é contínuo, gerando a hipótese de que há influência de externalidades advindas de atividades do cotidiano (regas de jardins e lavagens de pátios), também registrado nos trabalhos anteriores (Melo *et al.*, 2016.a; Melo *et al.*, 2016.b).

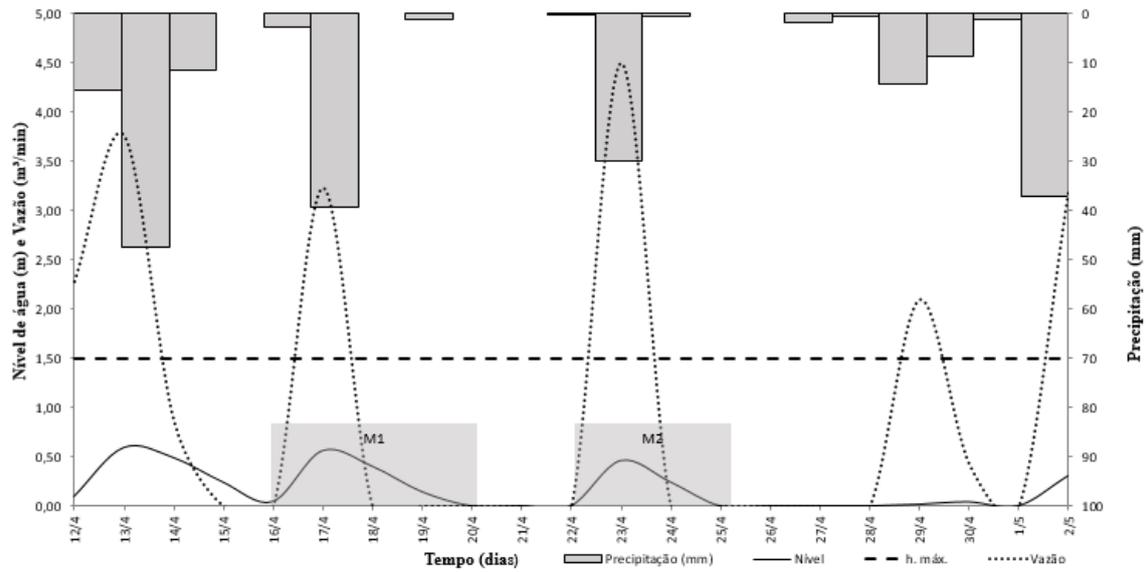


Figura 3 – Monitoramento do período de estudo e escolha dos eventos para análise.

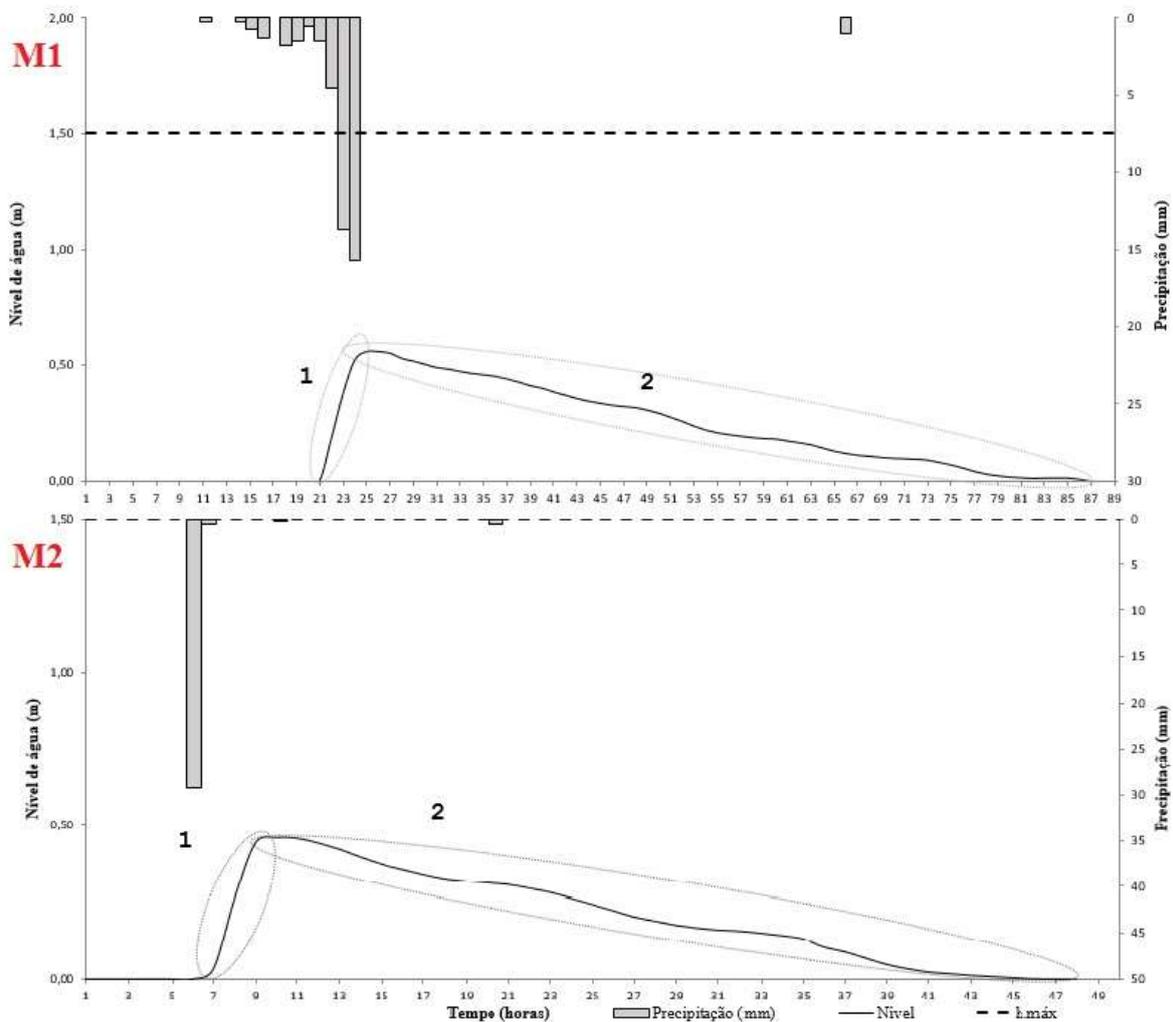


Figura 4 – Monitoramentos específicos dos momentos M1 e M2, respectivamente.

Tabela 1 – Monitoramento dos períodos M1 e M2.

Períodos	Precipitação antecedente (mm)	Padrão de Condição inicial do solo (-)	Precipitação do momento (mm)	Vazão máxima de entrada (m ³ /mm)	Altura máxima da coluna d'água (m)	1. Tempo de ascensão (h)	2. Tempo de recessão (h)
M1 16/04 a 19/04	74,17	III	42,94	3,23	0,56	7	63
M2 23/04 a 25/04	1,02	I	30,73	4,49	0,46	6	38

Para o segundo período (M2), algumas oscilações da recessão podem estar relacionadas com precipitações que ocorreram durante esse processo, porém deve-se considerar ainda a interferência das externalidades, pois as oscilações continuam, mesmo sem registro pluviométrico.

Quanto ao tempo de esvaziamento máximo, apesar de M1 apresentar um tempo de recessão elevado (63 h), o valor ainda foi menor do que o determinado por Duchene *et al.* (1994), de 72 h. Assim, para este estudo, a trincheira de infiltração apresentou uma eficiência de 100%.

No que tange à vazão média de drenagem/recessão, a Tabela 2 apresenta o comparativo entre os dados deste estudo e os antecedentes (Melo *et al.*, 2016.a; Melo *et al.*, 2016.b). Os dados demonstram que, mesmo após quase três anos de funcionamento, a trincheira ainda mantém valores de vazão de recessão próximos ao dos primeiros eventos monitorados.

Tabela 2 – Comparativo das vazões de drenagem.

Estudo	Melo <i>et al.</i> (2016.b)				Estudo atual	
	A	B	C	D	M1	M2
Vazão de drenagem/recessão (L/h)	13,81	13,42	13,81	8,90	9,31	9,43

4 - CONCLUSÕES

Este trabalho faz parte de um monitoramento contínuo de uma trincheira de infiltração implantada na cidade de Recife/Pernambuco. Após 3 anos de construção, a técnica ainda possui um

desempenho hidráulico eficiente, com tempos de recessão menores do que o adotado na literatura (72 h) para 100% dos casos aqui analisados.

O monitoramento e análise contínua da trincheira de infiltração demonstra a necessidade de um estudo mais específico sobre o movimento de recessão, o qual está diretamente relacionado ao desempenho hidráulico e vida útil da técnica compensatória.

5 - AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelas concessões das bolsas de mestrado, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas concessões de bolsa de iniciação científica, Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/UFPE) e bolsa PQ e à CAPES, pelo financiamento do Projeto CAPES/COFECUB 821 – 14.

REFERÊNCIAS

- AHIABLAME, L. M.; ENGEL, B. A.; CHAUBEY, I. (2013). Effectiveness of low impact development practices in two urbanized watersheds: retrofitting with rain barrel/cistern and porous pavement. *Journal of Environmental Management* 119, pp.151–161.
- APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima. (2014). “Monitoramento pluviométrico”. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>>.
- DUCHENE, M.; MCBEAN, E. A.; THOMSON, N. R. (1994). Modeling of Infiltration From Trenches for Storm Water Control. *Journal of Water Resources Planning and Management*, v. 120, n. 3, pp. 276-293.
- INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (2016). *Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa*. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em 08 jun 2017.
- LUCAS, A. H.; SOBRINHA, L. A.; MORUZZI, R. B.; BARBASSA, A. P. (2015). Avaliação da construção e operação de técnicas compensatórias de drenagem urbana: o transporte de finos, a capacidade de infiltração, a taxa de infiltração real do solo e a permeabilidade da manta geotêxtil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 20 n.1, pp. 17 – 28.
- MCCUEN, R. H. (1998). *Hydrologic Analysis and Design*. 2.ed. Prentice Hall.
- MELO, T. A. T. M.; COUTINHO, A. P.; SANTOS, J. B. F.; CABRAL, J. J. S. P.; ANTONINO, A. C. D.; LASSABATERE, L. (2016.a). Trincheira de infiltração como técnica compensatória no manejo das águas pluviais urbanas. *Ambiente Construído*, 16 (3), pp. 53 – 72.
- MELO, T. A. T. M.; COUTINHO, A. P.; CABRAL, J. J. S. P. (2016.b). Desempenho Hidráulico De Uma Técnica compensatória na cidade de Recife, Pernambuco. In: *Anais do XIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*, Aracaju.
- NASCIMENTO, N. O.; BAPTISTA, M. B. (2009). Técnicas compensatórias em águas pluviais. In: RIGHETTO, A. M. (coord.). *Manejo de águas pluviais urbanas*. Rio de Janeiro: ABES, pp. 396.
- OHNUMA JUNIOR, A. A.; SILVA, L. P. da; MENDIONDO, E. M. (2015). Input flows for the infiltration trench household. *Science & Engineering Journal*, 24 (1), pp. 89 – 98.

REIS, R. P. A.; ILHA, M. S. O.; TEIXEIRA, P. C. (2013). Sistemas prediais de infiltração de água de chuva: aplicações, limitações e perspectivas. *Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, 7 (3), pp.55 – 67.

SMMWW- STORMWATER MANAGEMENT MANUAL FOR WESTERN WASHINGTON (2014). *Washington State Department of Ecology. Manual*. Disponível em: < <http://www.ecy.wa.gov/programs/wq/stormwater/manual/2014SWMMWWinteractive/Content/Resources/DocsForDownload/2014SWMMWW.pdf> >. Acesso em 08 jun. 2017.