

IX-039 - AVALIAÇÃO DO USO DE POÇOS DE INFILTRAÇÃO COMO MEDIDA DE CONTROLE NA FONTE EM CRUZ DAS ALMAS - BA

Tayana Borges Moraes ⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).

Eduardo Cohim ⁽²⁾

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal da Bahia. Mestre em Tecnologias Limpas pela Universidade Federal da Bahia. Doutor em Energia e Meio Ambiente pela Universidade Federal da Bahia. Professor Titular da Universidade Estadual de Feira de Santana. Pesquisador da Rede de Tecnologias Limpas – TECLIM/UFBA.

Endereço⁽¹⁾: Rua Jurema, 100, apt. 201 – Conjunto Feira VI/ Campo Limpo – Feira de Santana - BA - CEP: 44034-224 - Brasil - Tel.: +55 (75) 99190-1097 - e-mail: tayanabmoraes@gmail.com.

RESUMO

Tendo em vista a problemática das águas pluviais urbanas, atualmente, propõem-se uma abordagem que incentive o controle desse recurso na fonte, através da implantação de dispositivos que retenham o escoamento e/ou promovam sua infiltração, a fim de reduzi-lo ao valor observado antes da urbanização.

Dessa maneira, esta pesquisa propõe a análise do uso de poços de infiltração numa bacia em Cruz das Almas – Bahia. Foi utilizado o método da Curva-Envelope para o dimensionamento, sendo necessários 988 dispositivos de seção quadrada (1,9 m x 1,9 m x 2,7 m), admitindo volume de saída nulo.

A eficiência do sistema foi avaliada através das vazões máximas dos hidrogramas para três cenários (pré-desenvolvimento, urbanizado e com o poço). Foi verificado o crescimento da vazão de pico no cenário urbanizado (3,1 m³/s), quando comparado com o de pré-desenvolvimento (0,57 m³/s). Também, foi possível analisar a influência da implantação dos poços na redução do volume escoado superficialmente, amortecendo a vazão (0,76 m³/s) a um valor próximo ao de pré-ocupação.

Portanto, este estudo revela a potencial efetividade do controle na fonte através de poços de infiltração, evidenciando a possibilidade de redução da vazão escoada e, consequentemente, a ocorrência de inundações e custos com construção e manutenção de condutos.

PALAVRAS-CHAVE: Escoamento Superficial, Controle na Fonte, Poços de Infiltração.

INTRODUÇÃO

O crescente processo de urbanização tem causado impactos notórios ao meio ambiente, uma vez que, a fim de atender as novas demandas, as ações antrópicas intensificam suas intervenções no meio, alterando sua dinâmica natural. Como resultado, tem-se, entre outros danos, o aumento do grau de impermeabilização do solo e, decorrente, aumento do escoamento superficial.

As superfícies impermeabilizadas provocam mudanças no ciclo hidrológico, visto que elas reduzem a capacidade de infiltração das chuvas. Essa água, que seria absorvida, estaria disponível para as plantas, diminuindo a incidência de secas, e para o abastecimento dos lençóis freáticos, os quais, com a capacidade de recarga reduzida, alteram os níveis dos corpos hídricos. Além disso, a impermeabilização das superfícies gera maiores vazões e, consequentemente, aumentam os riscos de erosão, deslizamento de massa e a frequência e magnitude das enchentes.

De acordo com Tucci (2005b), o modo como a atual gestão da drenagem urbana tem sido realizado acarreta prejuízos para a população, seja pelas inundações frequentes e/ou pela perda de meio ambiente rico e diversificado. O autor afirma também que esses impactos são originados predominantemente pelo princípio adotado para elaboração dos atuais projetos de drenagem, o qual consiste em transferir a água pluvial excedente, assim como seus impactos, para outras áreas da bacia, sem prever suas consequências, gerando o chamado “ciclo de contaminação”.

Mas, modernamente, tem sido proposta uma abordagem que privilegia o controle das águas pluviais na fonte, limitando os escoamentos das áreas ocupadas aos observados antes da urbanização, utilizando-se para isso

técnicas que detenham os escoamentos superficiais e/ou promovam sua infiltração, buscando a reaproximação aos hidrogramas de pré-urbanização.

O Governo do Estado da Bahia, através da Secretaria de Desenvolvimento Urbano – Sedur, propôs, em 2011, o Plano Estadual de Manejo de Águas Pluviais e Esgotamento Sanitário – PEMAPES, que visa elaborar um panorama da atual situação dos serviços de esgotamento sanitário e águas pluviais em todas as sedes municipais no Estado, destacando suas áreas críticas e sugerindo medidas de intervenção, as quais são, preponderantemente, baseadas nos métodos tradicionais.

Assim, diante da necessidade de novos métodos para o gerenciamento das águas no meio urbano, esta pesquisa tem como objetivo avaliar o uso de poços de infiltração como alternativa de controle na fonte para uma bacia em Cruz das Almas - Bahia, e comparar as vazões de pico do modelo proposto com as dos cenários de pré-urbanização e urbanizado.

MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Cruz das Almas encontra-se no Recôncavo Baiano, sendo sua área territorial igual a 139,117 km², segundo o Instituto de Geografia e Estatística (IBGE). De acordo com o último censo realizado pelo Instituto, em 2010, sua população era igual a 58.606 habitantes. A cidade está situada a 212 metros de altitude média, e possui coordenadas geográficas de referência 12° 39' 11" Sul e Longitude: 39° 7' 19" Oeste.

“O município de Cruz das Almas – Bahia apresenta uma média anual de precipitação de 1138,9 mm, com anos muito secos com valores abaixo de 900 mm e anos muito chuvosos com valores acima de 1300 mm.” (GUIMARÃES E LOPES, 2015, p. 65).

O diagnóstico do PEMAPES (BAHIA, 2011) revela a existência de cinco áreas críticas na cidade, onde são identificados problemas relacionados à insuficiência do sistema de micro drenagem e à ausência de áreas de amortecimento das cheias. Duas das áreas críticas (A – Área do Cemitério e B – Área do Hospital) estão localizadas na sub-bacia 7.1 (39,2 hectares), a qual foi definida como objeto de estudo. Essa escolha é justificada por ser um local de ocupação formal intensa, onde ocorrem alagamentos, em que grande parte dos moradores é afetada, com prejuízos materiais e transtornos na vida da população, como interrupção do tráfego e entrada da água nas moradias. Nessa região localiza-se o cemitério da cidade, parte da Avenida Getúlio Vargas, a Praça Geraldo Suerdieck e a antiga sede da Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola (EBDA).

No PEMAPES (BAHIA, 2011), para esse local foram propostos canais para a captação das águas superficiais, a serem construídos em concreto armado, com extensão de 600 m, seção retangular de 1,5m x 1,9 m e vazão afluente igual a 7,14 m³/s.

Os hidrogramas para os três cenários (pré-ocupação - I, urbanizado - II e com controle na fonte - III) foram obtidos através da precipitação de projeto e a partir da equação de convolução descrita por Tucci (2005a).

As chuvas críticas foram calculadas com a equação intensidade-frequência-duração, obtida através de análise estatística, pelo Método de Kimbal, dos registros históricos diários de precipitação. Essas informações foram obtidas das Estações Meteorológicas, localizadas no município de Cruz das Almas (códigos: 83222, 1239005, 1239006). O preenchimento das falhas foi realizado com dados das Estações de São Félix (códigos: 1238025 e 51490500), Conceição do Almeida (código: 1239008) e Muritiba (código: 1239035). Os registros pluviométricos foram coletados na plataforma digital do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Agência Nacional de Águas (ANA). Foram utilizados dados para um período de 56 anos, compreendido entre os anos de 1961 e 2018. Para a obtenção de chuvas de menor duração, usou-se o método das isozonas desenvolvido por Torrico (1975).

A obtenção dos parâmetros da Equação IDF foi realizada ajustando-se a equação teórica aos dados das séries pluviométricos, usando o método dos mínimos quadrados.

A determinação do tempo de concentração foi feita pela fórmula de Kirpich (Equação 1). Foi adotado 5 anos, como tempo de recorrência.

$$t_c = 57 * \left(\frac{L^3}{\Delta h} \right)^{0,385}$$

Equação 1

Através dos perfis das sondagens à percussão realizadas em Cruz das Almas, os solos são caracterizados como silte areno-argilosos. De acordo com a classificação proposta pelo *Soil Conservation Service* (SCS) (Tucci, 2000), o solo da área estudada pode ser definido como solo do grupo C. Foram adotados como referência os valores de *curve number* (CN) para esse tipo de solo, contidos nas tabelas citadas na literatura.

O CN para o cenário I foi obtido considerando uma cobertura de Floresta Normal (CN = 70). No cenário II, o parâmetro foi calculado por média ponderada em relação à área de cada tipo de cobertura, sendo seu valor igual a 91. (Tabela 1).

Tabela 1: CN atribuído a cada tipo de cobertura do Cenário II e III

COBERTURA	Área (Ha)	CN - II	CN - III
Floresta	3,39	70	70
Campos	4,41	74	74
Telhado	12,48	98	43
Lote não telhado	12,15	90	90
Ruas	6,77	98	98

Fonte: Tucci (1993)

No cenário III, presumiu-se a implantação de poços de infiltração, os quais receberão o volume proveniente das áreas de telhado. Dessa maneira, adotou-se o valor de CN = 43 para essa cobertura, o qual está associado a uma abstração inicial (Equação 2) igual à altura de precipitação de um evento de 120 minutos, com tempo de recorrência de 5 anos (50,63 mm). Foi adotada a premissa de vazão excedente nula para esse evento.

$$I_a = 0,2 * S$$

Equação 2

Ia: Abstrações iniciais (mm) e S: armazenamento no solo, em mm, dado pela Equação 3.

$$S = \left(\frac{25400}{CN} \right) - 254$$

Equação 3

O CN correspondente ao cenário com o uso do dispositivo, calculado pela média ponderada, é igual a 73 (Tabela 1).

Para o dimensionamento dos poços de infiltração foi utilizado o método da Curva-Envelope. O volume do poço, de acordo com Tucci (2005a), é dado pela máxima diferença entre as curvas de volume afluente e volume infiltrado, sendo desconsiderada qualquer vazão efluente.

O volume afluente ao poço de infiltração foi estimado com base na Equação 4.

$$V_a = P_{ef} * A * 0,001$$

Equação 4

Onde V_a é o volume afluente em m³, A é a área do telhado em m² e P_{ef} é a precipitação efetiva em mm.

Adotou-se a área média de telhado por lote igual a 120 m², baseada nas características de ocupação do local, verificadas através da fotografia aérea da cidade no ano de 2015 (CONDER). A partir disso, também foi possível estimar o número de lotes contido na área, o qual permitiu definir a quantidade total de poços de infiltração necessária para a bacia de estudo.

Tucci (2005a) obtém o volume infiltrado, a partir da condutividade hidráulica saturada do solo (Equação 5).

$$V_i = k * A_{perc} * 0,5 * 3600 * t$$

Equação 5

Em que:

V_i – volume infiltrado, para diversas durações t (m^3);
 k – condutividade hidráulica saturada (m/s);
 t – duração da precipitação (h);
 A_{perc} – área de infiltração (m^2), que é dada pela Equação 6.

$$A_{perc} = 2 * h * (b + L) \quad \text{Equação 6}$$

Onde h , b e L são as dimensões do poço de infiltração em metros.

O coeficiente de absorção foi obtido seguindo os procedimentos de ensaio contidos na ABNT 7229/82.

Foi adotado um poço com seção quadrada com profundidade 1,5 vezes maior que os lados. Assumiu-se preenchimento de metade do dispositivo, utilizando material com porosidade efetiva igual a 40%. O poço de infiltração foi dimensionado para um tempo de recorrência igual a 5 anos e partindo da premissa de vazão excedente nula.

Para estimar a precipitação efetiva, foram calculadas, através da curva IDF, as precipitações máximas para o tempo de retorno de 5 anos e em função das durações de chuva, para um evento de cento e vinte minutos, variando em intervalos de dez minutos. Obtidas as alturas precipitadas acumuladas, elas foram desagregadas e, posteriormente, reordenadas, segundo a distribuição dos Blocos Alternados. Então, a partir da precipitação de projeto (precipitações acumuladas após serem reordenadas), adotando o modelo de precipitação-vazão do SCS, foi feita a separação do escoamento (TUCCI, 2005a) pela Equação 7.

$$P_{ef} = \frac{(P - 0,2 * S)^2}{(P + 0,8 * S)} \quad \text{Equação 7}$$

P : precipitação em mm;
 P_{ef} : precipitação efetiva;
 S : armazenamento no solo em mm (Equação 3).

Sendo $P_{ef} = 0$, quando P for menor igual a 0,2 vezes do armazenamento (S).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A equação intensidade-duração-frequência obtida para o município de Cruz das Almas – Bahia está representada a seguir:

$$i = \frac{(751 * T)^{0,176}}{(t + 22,2)^{0,741}} \quad \text{Equação 8}$$

O valor para o coeficiente de condutividade hidráulica saturada (k) encontrado para o solo da área de estudo foi igual a $2,41.10^{-5}$ m/s. De acordo com a classificação proposta pelo *Soil Conservation Service*, contida em Tucci (2000), a qual determina quatro grupos de solo e suas respectivas taxas de infiltração, o solo analisado pode ser atribuído ao Grupo C. Esse tipo de solo é caracterizado por conter teor considerável de argila e ser pouco profundo, além disso, os solos assim definidos promovem escoamento superficial acima da média e capacidade de infiltração inferior à média.

O tempo de concentração calculado foi igual a 25 minutos.

O número de poços de infiltração necessário, para ser atingida a vazão de saída nula, foi igual a 988 unidades com seção quadrada em planta e com as seguintes dimensões: 1,9 m de lado e 2,7 m de profundidade (Figura 1).

A eficiência dos poços de infiltração nos lotes, como alternativa de controle na fonte, foi avaliada através das vazões máximas obtidas pelos hidrogramas dos três cenários. Os hidrogramas resultantes para as situações de pré-ocupação, urbanizado e com controle na fonte encontram-se na Figura 2.

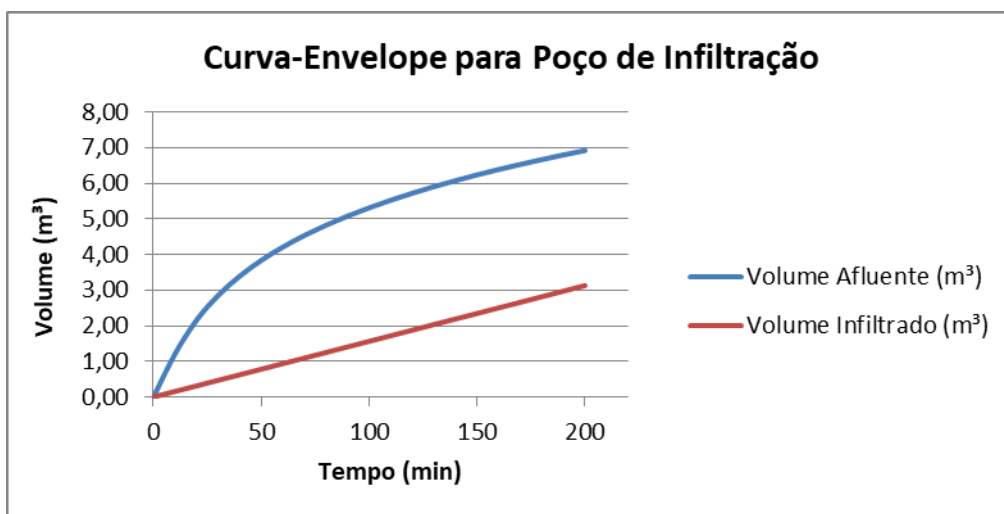


Figura 1: Curva-envelope para dimensionamento do poço de infiltração

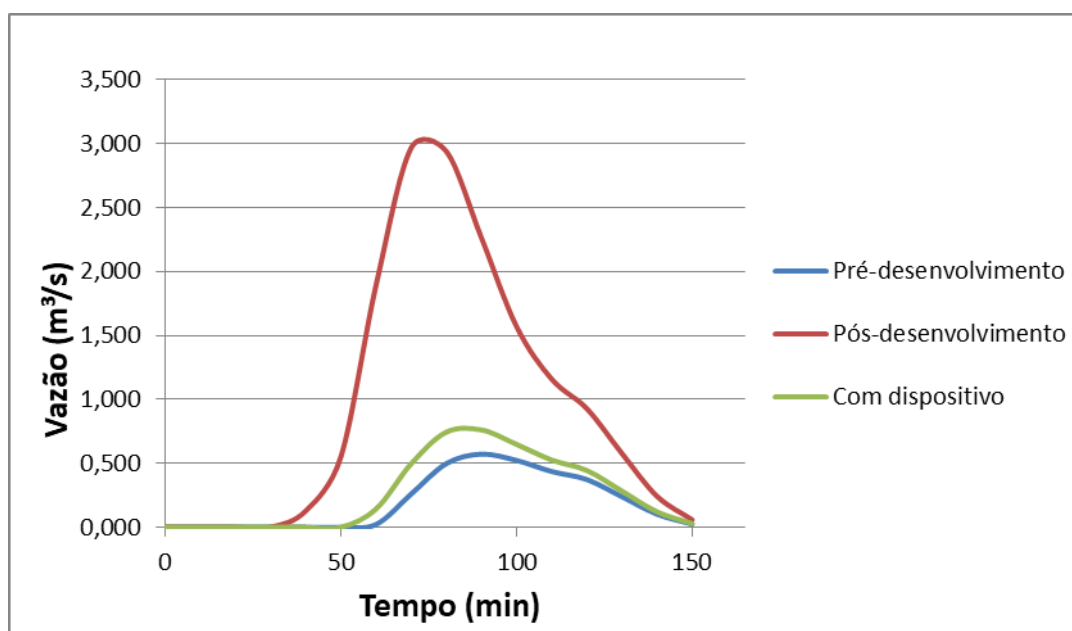


Figura 2: Hidrogramas para os três cenários

Foi possível verificar que a vazão de pico para o cenário II (3,1 m³/s) representa mais de cinco vezes o valor obtido para a bacia em condições naturais (0,57 m³/s). Com isso, nota-se a influência do processo de urbanização ocorrido na região nos volumes escoados, visto que, devido à alteração do uso e ocupação do solo, a cobertura original é substituída, aumentando as áreas impermeabilizadas e, consequentemente, reduzindo a capacidade natural de infiltração, o que potencializa o escoamento superficial. Nessa perspectiva, torna-se necessário a implantação de dispositivos hidráulicos ou ampliação dos já existentes, os quais são onerosos tanto do ponto de vista econômico como ambiental, isso porque, quanto maior o volume transportado, maiores seções são demandas e mais impactos são transferidos para a jusante.

Os hidrogramas também possibilitam identificar alterações nos padrões de escoamento, uma vez que, no cenário I, há um maior escoamento de base, uma recessão gradual do escoamento e a ocorrência do pico em um tempo maior. Por outro lado, as soluções conservadoras transferem o escoamento com maior velocidade, visto que o tempo de deslocamento é menor, quando comparado com as condições originais. Isso implica na antecipação da ocorrência da vazão de pico, como é observada no hidrograma do cenário II, e potencializa o processo erosivo, o qual, consequentemente, eleva a produção de sedimentos, aumentando a carga de poluição transportada para os corpos hídricos receptores.

Nessa perspectiva, o manejo baseado nos princípios de desenvolvimento sustentável tem surgido como alternativa. A implantação do poço de infiltração promove a redução do volume escoado superficialmente, amortecendo a vazão, o que resulta em um hidrograma com vazão máxima igual a 0,76 m³/s, ou seja, valor quatro vezes menor que a vazão de pico do cenário urbanizado e mais próxima da natural. Além disso, a análise das vazões máximas e do *curve number* obtido para o cenário III permite afirmar que a implantação dessa medida implicará na redução do volume destinado ao sistema de micro e macrodrenagem, reduzindo a demanda por novos condutos, aumentando a eficiência dos já existentes e diminuindo a transferência dos impactos para jusante. Assim como, possibilitará a redução da ocorrência de inundações e os custos com manutenção e construção de condutos.

Outro parâmetro que se sugere ser avaliado é o custo entre as propostas: poços de infiltração e canais. Entretanto, mesmo que represente um custo mais elevado, os dispositivos de controle na fonte, promovem ganhos que devem ser considerados, como os benefícios ao meio ambiente e a população. Isso porque essas alternativas sustentáveis promovem o reestabelecimento das características do ciclo hidrológico natural, priorizando as funções hidrológicas do meio, como a infiltração e armazenamento. Assim, a implantação desses sistemas proporciona aumento da recarga dos lençóis subterrâneos, menor escoamento superficial e decorrente poluição difusa e erosão. Além disso, reduz a ocorrência de alagamentos e podem estar associadas à implantação de áreas recreativas.

CONCLUSÕES

Esse estudo revela a potencial efetividade do controle das águas pluviais na fonte através de poços de infiltração, para a cidade de Cruz das Almas-BA, evidenciando a possibilidade de uma redução da vazão de escoamento superficial de 3,1 m³/s para 0,76 m³/s, valor próximo ao de pré-urbanização (0,57 m³/s).

Recomenda-se que seja realizado um estudo econômico a fim de comparar as propostas de canal e dispositivos de infiltração, levando em conta, também, as suas vantagens e desvantagens ambientais.

Dessa maneira, a presente pesquisa sugere a implantação de poços de infiltração como medida complementar ao sistema de gestão das águas pluviais, a fim de reduzir a sobrecarga dos sistemas urbanos de drenagem, minimizar a ocorrência de enchentes e promover maior qualidade de vida para a população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229: Construção e instalação de fossas sépticas e disposição dos efluentes finais. Rio de Janeiro. 15 p, 1982.
2. ANA – Agência Nacional de Águas. Portal *HidroWeb*. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/apresentacao.jsf>>. Acesso em: 05 abr. 2018.
3. BAHIA. Plano Estadual de Manejo de Águas Pluviais e Esgotamento Sanitário. Tomo X - Estudo de Áreas Críticas quanto a risco de enchentes e proposição de soluções - Cidades com mais de 30.000 habitantes. Volume 6 - Rds 21 – Recôncavo. Parte A - Cruz Das Almas. Governo do Estado da Bahia. Secretaria de Desenvolvimento Urbano. Abr. 2011. Disponível em: <<http://www.sedur.ba.gov.br>>. Acesso em: 10 fev. 2018.
4. CONDER - Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia. INFORMS: Sistema de Informações Geográficas Urbanas do Estado da Bahia. Disponível em: < <http://www.informs.conder.ba.gov.br/>>. Acesso em: 09 abr. 2018.
5. GUIMARÃES, M. J. M., & LOPES, I. Análise da precipitação do município de Cruz das Almas através da técnica de quantis. Anais do Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brasil, p. 62-66, 2015. Disponível em: < <http://www.abid.org.br/cd-xxv-conird/PDF/011.pdf>>. Acesso em: 27 de out. de 2018.
6. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cruz das Almas. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/cruz-das-almas/panorama>>. Acesso em: 07 abr. 2018.
7. INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 05 abr. 2018.
8. SCS. *Urban Hydrology for Small Watersheds*. Washington. U.S. Dept. Agr. (Technical Release. N. 55). 1975.
9. TORRICO, J. J. T. Práticas hidrológicas. Rio de Janeiro, TRANSCON, 1974.
10. TUCCI, Carlos Eduardo Morelli (Org.). Hidrologia: Ciência e Aplicação. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1993. 952 p..

11. TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Coeficiente de Escoamento e Vazão Máxima de Bacias Urbanas. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p.61-68, jan/mar. 2000. Disponível em: <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/46/d59e1c5f69cd898ab9e9bce27bb6292d_70ec6dca6cec6b4e9e67dc36f9d48fcc.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2018.
12. TUCCI, Carlos Eduardo Morelli (Org.). Plano Diretor De Drenagem Urbana: Manual de Drenagem Urbana. Porto Alegre: [s.n.], 2005a. 159 p. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu_doc/manual_de_drenagem_ultima-versao.pdf>. Acesso em: 04 ago. 2018.
13. TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Programa de Drenagem Sustentável. Gestão de Águas Pluviais Urbanas. 4. ed. Brasília: Ministério das Cidades, 2005b. 197 p..