

## BOCAS DE LOBO AUTOLIMPANTES

*André S. K. B. Sosnoski<sup>1\*</sup>; Ana Paula Z. Brites<sup>2</sup>; Fernanda D. Radesca<sup>3</sup>; Luiz Fernando O. Yazaki<sup>4</sup>; Monica F. A. Porto<sup>5</sup>*

**Resumo** – A problemática de alagamentos gerados pela obstrução do sistema de microdrenagem é comum em diversas cidades do mundo. Visando reduzir ou eliminar o acúmulo de sedimentos nas entradas da rede de drenagem de águas pluviais, pesquisadores italianos desenvolveram as Bocas de Lobo Autolimpantes (BLA), que diferem-se da boca de lobo convencional por possuir um sistema de sifão e um sistema de balsa, que provoca o arraste dos sedimentos por longas distâncias.

Para verificar a aplicabilidade destes dispositivos no Brasil, a Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH) realizou ensaios em laboratório para verificar a capacidade hidráulica máxima e a capacidade de autolimpeza das BLAs.

**Palavras-Chave** – Bocas de lobo, Manutenção do sistema de drenagem, Controle de sedimentos.

## SELF-CLEANING MANHOLE

**Abstract** – The flooding problem generated by the drainage system obstruction is common in many cities of the world. To reduce or eliminate sediment buildup at the entrances of the rainwater drainage system, Italian researchers have developed the Self-Cleaning Manhole (SCM), which differ from the conventional manholes by having a syphon system and a weighbridge system that causes the dragging of sediments over long distances.

To verify the applicability of these devices in Brazil, the Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH) conducted laboratory experiments to check the SCM maximum hydraulic capacity and their self-cleaning capacity.

**Keywords** – Manholes, Drainage system maintenance, Sediment control.

## INTRODUÇÃO

A drenagem urbana passa por um momento de renovação, principalmente no Brasil, onde estão sendo introduzidas novas técnicas e dispositivos que aprimoram o manejo das águas pluviais.

Com os melhoramentos da rede de drenagem principal, problemas localizados são facilmente identificados. A causa frequente de tais problemas, geralmente, é o entupimento das bocas de lobo, resultado do aporte de sedimentos e resíduos sólidos e da falta de manutenção adequada.

O controle de sedimentos nas grandes cidades brasileiras é muito restrito e, com a falta de regras bem definidas e fiscalização, a operação de sistemas de águas pluviais é prejudicada, já que a atuação dos dispositivos de entrada e de condução fica bastante comprometida.

Ao longo dos últimos anos os projetos de drenagem vêm sendo feitos considerando o dimensionamento hidráulico e as velocidades de escoamento mínimas para que o transporte dos sedimentos ocorra, como indicam os mais recentes manuais (Prefeitura do Município de São Paulo, 2012). No entanto, é frequente ocorrerem problemas de acúmulo de material nas entradas da rede de

<sup>1</sup> Engenheiro da FCTH. Av. Prof. Lúcio Martins Rodrigues, nº 120, 05508-020 São Paulo. Fone: (11) 3039-3158. Email: andre.sosnoski@fcth.br

<sup>2</sup> Engenheira da FCTH. Av. Prof. Lúcio Martins Rodrigues, nº 120, 05508-020 São Paulo. Fone: (11) 3039-3218. Email: ana.brites@fcth.br

<sup>3</sup> Engenheira da FCTH. Av. Prof. Lúcio Martins Rodrigues, nº 120, 05508-020 São Paulo. Fone: (11) 3039-3171. Email: fernanda.radesca@fcth.br

<sup>4</sup> Engenheiro da FCTH. Av. Prof. Lúcio Martins Rodrigues, nº 120, 05508-020 São Paulo. Fone: (11) 3039-2167. Email: luizorsini@fcth.br

<sup>5</sup> Professora Doutora da EPUSP. Av. Prof. Luciano Gualberto, travessa 3, nº 380, 05508-970 São Paulo, SP. Fone (11) 3091-5356. Email: mporto@usp.br

drenagem. Neste caso, os poços de entrada das bocas de lobo, que em eventos de menor intensidade, com baixas vazões e baixa velocidade de escoamento, não são capazes de transportar os sedimentos.

Uma opção para contornar esta situação é fazer uso de mecanismos que necessitem de pouca manutenção e que possam ser operados com poucas intervenções, a exemplo de mecanismos já utilizados em diversos sistemas de controle, onde a operação independente da ação humana é um avanço em direção à redução dos custos, facilitando o planejamento e reduzindo a frequência de manutenção.

A adoção de equipamentos que reduzam a necessidade de limpeza constante foi o que incentivou a criação da boca de lobo autolimpante, tema deste artigo.

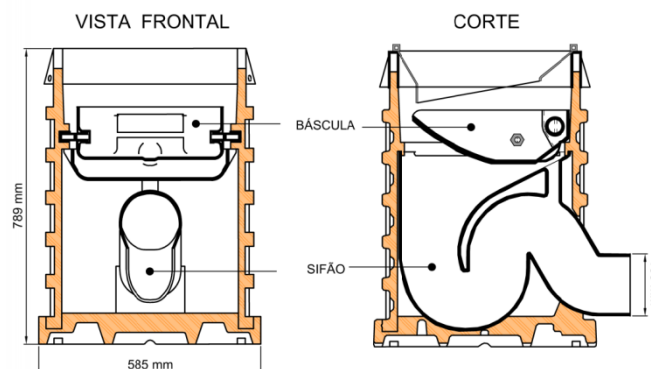
As bocas de lobo autolimpantes têm a função de reduzir ou eliminar o acúmulo de sedimentos nas entradas da rede de drenagem de águas pluviais, através de um sistema de sifão e balsa, sendo esta última acionada pela própria massa de água.

A boca de lobo autolimpante passou por diversos testes de eficiência referentes ao transporte de sedimentos e à redução de odores na rede (DISTART, 2009). Foram estudadas as velocidades e volumes de água estagnados no equipamento para promover o efeito sifão, porém a vazão máxima permitida ao dispositivo não foi extensivamente estudada.

O objetivo deste artigo foi estabelecer os limites de vazão máxima permitidos pelas bocas de lobo autolimpantes, tendo em vista verificar sua adequabilidade aos padrões da drenagem do Município de São Paulo. Também se buscou avaliar sua capacidade de autolimpeza quando submetidos materiais frequentemente encontrados no sistema de drenagem urbana.

## BOCA DE LOBO AUTOLIMPANTE - BLA

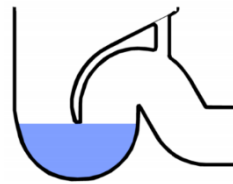
A concepção de bocas de lobo autolimpantes foi desenvolvida por Artina et. al (2008) em conjunto com a Università di Bologna, mais especificamente, com o departamento Distart (Dipartimento de ingegneria dele strutture, dei transporte, dele acque, del rilevamento, del território). As BLA são compostas por uma estrutura em PVC de alta resistência ou concreto, que envolve um sistema que é dividido em dois dispositivos, um sifão e uma balsa com eixo e contrapeso metálicos, conforme ilustrado na Figura 1.



Fonte: Adaptado de *Sirci Gresintex* ®

Figura 1 – Vistas da BLA

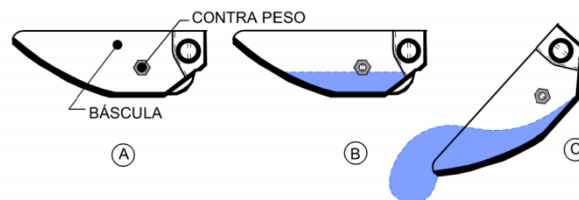
O sifão, conforme ilustração da Figura 2 impede que a BLA fique vazia ou transborde. Esse dispositivo impede que eventuais odores da rede de drenagem escapem para o ambiente.



Fonte: Adaptado de *Sirci Gresintex*®

Figura 2 – Funcionamento do sifão

A báscula possui um contra peso que está balanceado para acumular um volume de aproximadamente 10 litros de gua. Superada esta capacidade ocorre o movimento da báscula e a água armazenada  despejada em direção ao sifão. A limpeza da BLA se dá pela força de traço exercida pelo volume despejado. O funcionamento deste dispositivo está ilustrado na Figura 3.



Fonte: Adaptado de *Sirci Gresintex*®

Figura 3 – Funcionamento da báscula: (A) Bscula vazia; (B) Enchimento da báscula; (C) Esvaziamento da báscula.

As bocas de lobo tradicionais lidam bem com o transporte dos sedimentos em regime de vazões altas, enquanto que para baixas vazões, que resultam em baixas velocidades de escoamento, acumulam sedimentos. Nesse sentido, as bocas de lobo autolimpantes têm-se demonstrado eficientes na operação do sistema de drenagem em vazões baixas, pois uma vez superada a capacidade de acúmulo de água da báscula o equipamento promove a aceleração do fluxo e conseqüente limpeza da boca de lobo.

Deste modo, o comportamento do escoamento a jusante do dispositivo atende as condições de velocidades mínimas para a limpeza da boca de lobo até durante eventos de baixa intensidade, os quais representam as condições críticas para o transporte de sedimentos e resíduos em geral.

Em situações de vazões altas, a báscula permanece aberta e permite a passagem de água pelo dispositivo livremente.

Para este estudo, foram testadas as capacidades limites de funcionamento da BLA para vazões mínimas, vazões onde a báscula fique aberta constantemente, vazão máxima admissível pela boca de lobo e a capacidade de autolimpeza do equipamento, conforme descrito a seguir.

## CAPACIDADE DA BLA

Para análise da capacidade da BLA foi utilizado um modelo comercial, importado da empresa "SIRCI GRESINTEX". O equipamento foi acoplado a um reservatório de regularização com um vertedor triangular para a medição de vazão, conforme ilustrados nas imagens da Figura 4 e Figura 5.

Os ensaios com a BLA foram realizados no laboratório de hidráulica da Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH), da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

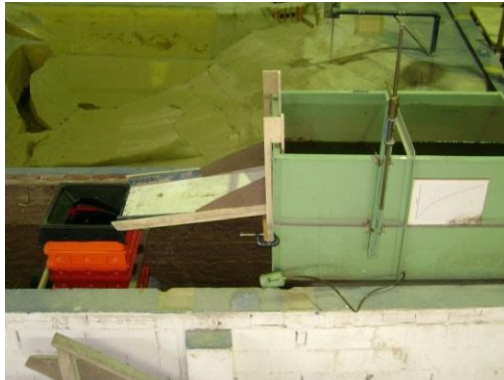


Figura 4 – Vista geral do experimento



Figura 5 – BLA e vertedor triangular

### Vazões limites

Os ensaios em laboratório foram conduzidos com o auxílio de um registro para o controle do aporte de água ao reservatório de regularização. Deste modo, foi possível aumentar gradualmente a linha d'água neste reservatório e, conseqüentemente, a vazão afluyente à boca de lobo autolimpante.

Em vazões baixas, o funcionamento da BLA está associado à capacidade de suporte da balsa, uma vez superada esta capacidade o equipamento irá bascular carreando os sedimentos/resíduos depositados na BLA.

A Tabela 1 indica algumas das vazões medidas em laboratório com o vertedor triangular a partir da fórmula de Thompson, Equação 1:

$$Q = 1,4 * H^{\frac{5}{2}} \quad (1)$$

Onde: H representa a diferença entre a cota da linha d'água do reservatório (NA reservatório) e a cota do vértice do vertedor (NA vértice).

Tabela 1 – Vazões de teste submedidas à BLA

NA reservatório (cm)	NA vértice (cm)	H (m)	Vazão (L/s)	Comportamento da balsa
26,9	24,15	0,0277	0,18	Abre/fecha
26,6	23,26	0,0337	0,29	Abre/fecha
27,9	23,26	0,0464	0,65	Abre/fecha
29,9	23,26	0,0664	1,59	Balsa passa operar aberta
43,7	23,26	0,2044	26,5	Aberta
43,9	23,26	0,2064	27,1	Limite de engolimento

Dos valores de vazão expostos na Tabela 1, tem-se o valor de 27,1 L/s como sendo o valor limite de engolimento, ou seja, para vazões acima deste valor, a água excedente não seria engolida pela BLA, formando um escoamento adicional na sarjeta.

Além dos limites de vazão na entrada da BLA, também foi calculada pelas fórmulas de Darcy-Weibach e a 1ª equação de Karmann-Prandtl (para regime de escoamento turbulento), a capacidade da tubulação de saída da boca de lobo autolimpante, para que fosse possível obter um parâmetro de comparação com os valores resultantes da medição realizada para a vazão máxima de engolimento. A vazão foi obtida aplicando-se as Equações 2 e 3.

$$H_f = \frac{8fLQ^2}{\pi^2 gD^5} \quad (2)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left( 0,27 \frac{k}{D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right) \quad (3)$$

O valor de vazão máxima obtido para a tubulação de saída foi de 77 L/s. Com este resultado, constatou-se que a vazão máxima captada pela boca de lobo autolimpante é limitada pela sua entrada e da forma com que ela se dá a afluência.

A afluência horizontal somada à interferência da balsa e do afunilamento do conduto no interior da boca de lobo acaba por reduzir a capacidade de entrada, não atingindo o limite da tubulação de saída.

### As bocas de lobo convencionais (BLC) e as bocas de lobo autolimpantes (BLA)

Com o intuito de estudar a viabilidade de implantação das bocas de lobo autolimpantes no Município de São Paulo, foi calculada a vazão máxima que pode ser obtida por uma entrada de boca de lobo padrão do Município.

As entradas do sistema de drenagem urbana de São Paulo são padronizadas em bocas de lobo, compostas por guias chapéu, com dimensões de 120 cm de comprimento, 30 cm de altura 15 cm de base e 13 cm de topo, por um poço de ligação com o sistema de galerias subterrâneo e uma tampa para acesso e auxílio na manutenção, todos em concreto.

O cálculo da capacidade de vazão desta boca de lobo, como apresentada na Figura 6, tem como restrição a capacidade das guias chapéu tradicionais utilizadas como padrão pela Prefeitura de São Paulo.

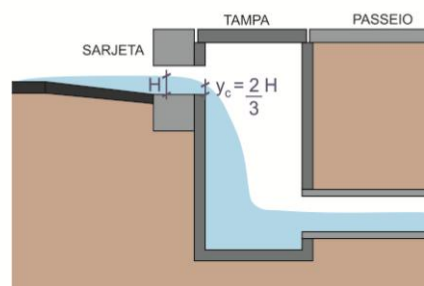


Figura 6 – Capacidade de vazão da guia chapéu

A formulação para o cálculo da capacidade da guia chapéu é dada pela Equação 4:

$$Q = \frac{2}{3\sqrt{3}} * B * H \sqrt{2gH} \quad (4)$$

Ou por sua forma reduzida:

$$Q = 1,703 * B * y^{\frac{3}{2}} \quad (5)$$



Esta equação depende também da declividade da via onde será instalada a boca de lobo. Nestas condições, a capacidade é multiplicada por um fator de redução, que varia de 60 a 80%. (Vários autores, 1980).

Assim sendo, ao considerar  $B = 90$  cm e  $H = 15$  cm é possível estabelecer a faixa de vazões máximas admissíveis variando de 54 a 89 L/s para os dispositivos instalados. A disposição e o número de bocas de lobo são dimensionados a partir desses valores para que atinja o esgotamento da vazão da sarjeta.

As dimensões e capacidade da boca de lobo autolimpante são reduzidas em relação às guias chapéu utilizadas atualmente (cerca de 27 L/s para as BLA e cerca de 54 L/s para as BLC), no entanto, combinando-as em grupos com mais de um dispositivo é possível suprir as necessidades de escoamento do mesmo modo.

A propriedade principal da boca de lobo autolimpante é aquela de promover a limpeza dos sedimentos que entram na boca de lobo, exigindo menor manutenção e com menores riscos de falha. Desse modo, a capacidade de vazão combinada com a de limpeza do sistema garante que as BLAs tenham potencial para reduzir os problemas encontrados com a falta de manutenção e com o excesso de sedimentos que acaba assoreando a rede de drenagem.

### Ensaio de Autolimpeza

Os materiais carregados pela drenagem superficial do Município de São Paulo nem sempre são compostos somente por sedimentos finos, o que pode ser prejudicial ao funcionamento das bocas de lobo autolimpantes.

Assim sendo, foi testada a capacidade de autolimpeza da boca de lobo ao receber os materiais usualmente encontrados no sistema de drenagem urbana, tais como: garrafas PET, embalagens plásticas, folhas e galhos de árvores, sedimentos, etc.

A Tabela 2 indica o comportamento da BLA quando submetido material sólido para seu interior.

Tabela 2 – Resultados do ensaio da capacidade autolimpante da BLA

Material	Peso (g)	Vazão afluyente (L/s)	Comportamento da BLA
Folhas e gravetos entre 5 e 30 cm	500	0,60	Gravetos maiores descarregados após 2 ou 3 basculadas
Sacos plásticos, copos plásticos e garrafas PET de 500 mL	10	0,60	As garrafas PETs ficaram retidas no interior da BL; materiais de menores dimensões foram removidos do interior da BL rapidamente
Misto: folhas e gravetos (95%) e plásticos (5%)	500	0,32	Sacolas plásticas precisaram de 2 basculadas para serem removidas do interior da BL
Areia	2000	0,52	Material é removido do interior da BL em apenas 1 basculada

Como indicado na Tabela 2 a BLA tem boa capacidade de autolimpeza, permanecendo limpa após o acionamento da báscula no máximo de 3 vezes. O mesmo comportamento não foi observado quando foram introduzidas na vazão afluyente garrafas PETs de 500mL. Esse fato se deve a

dimensão do dispositivo de saída ser menor que o tamanho da garrafa. A partir do ensaio realizado, observa-se que pequenos ajustes na dimensão do dispositivo de saída do equipamento poderão aumentar a capacidade de autolimpeza da BLA.

Contudo, destaca-se a alta capacidade de limpeza das BLAs através do arraste do material nela depositado para o interior da rede de drenagem. É conveniente destacar a necessidade de dimensionar dispositivos de interceptação na rede de drenagem que propiciem a sedimentação do resíduo que foi empurrado pela BLA para o interior do sistema, tendo em vista a remoção do material carreado.

Uma alternativa é a utilização de um sistema que permite a concentração do material empurrado para dentro do sistema de drenagem. Campisano e Modica (2010) indicam as armadilhas de sedimentos (*bed-load trap*) como um instrumento a ser utilizado para captura dos sedimentos e resíduos em geral. Estes dispositivos facilitam a limpeza da rede, conforme ilustrado na Figura 7.

O dispositivo é constituído por câmaras com largura igual à da rede de montante e com volume compreendido entre 1 e 5 m<sup>3</sup>, fechados por placas em ambos os lados, de modo a deixar aberta uma fissura com largura de 30 cm. Sua configuração permite a interceptação das partículas mais pesadas e com maior granulometria (LAPLACE et al., 1993). Esse dispositivo propicia a concentração de resíduos em pontos específicos da rede, o que facilita a limpeza e manutenção do sistema de drenagem.

Um esquema da manutenção das armadilhas de sedimentos é apresentado na Figura 8. O esquema mostra que é utilizado um caminhão com sistema de aspiração para remoção de sólidos.

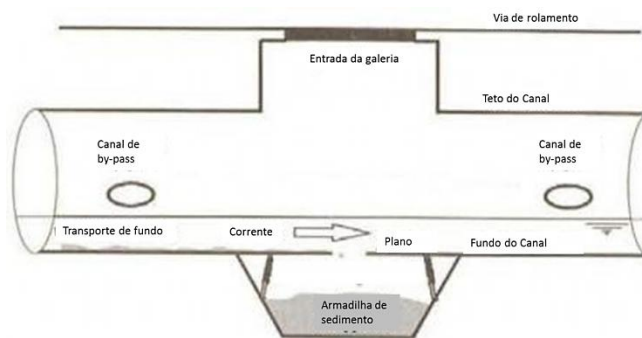


Figura 7 - Esquema de uma armadilha de sedimento (modificado por Ashley et al., 2004)

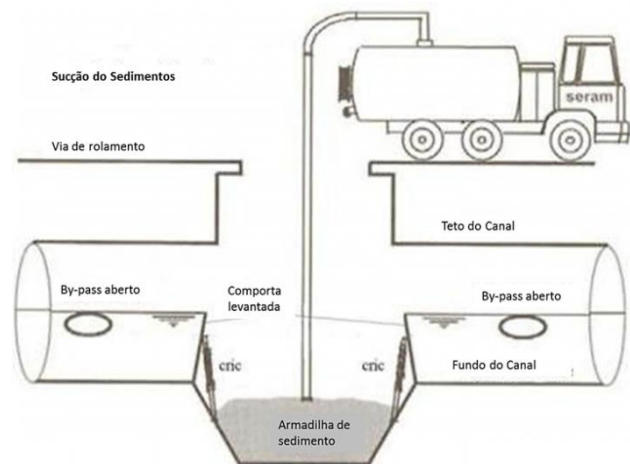


Figura 8 - Operações de manutenção de uma armadilha de sedimento (modificado por Ashley et al., 2004)

A adoção das BLA no dimensionamento do sistema de drenagem urbana poderá trazer grandes benefícios para a gestão da drenagem e manejo de águas pluviais.

Dentre as principais vantagens dessa utilização têm-se a melhoria da capacidade de escoamento e a redução do número de bocas de lobo a serem limpas na rotina de manutenção do sistema. A primeira vantagem se dá pela capacidade das BLA em se desobstruir e desassorear a rede de drenagem. A outra é em função da redução quantitativa do número de bocas de lobo a serem limpas na rotina de manutenção, mesmo considerando a limpeza dos dispositivos de interceptação, pois serão em números reduzidos quando comparados com o número de bocas de lobo necessárias para escoar a vazão de chuva.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo mostrou que as bocas de lobo autolimpantes podem ser um instrumento eficiente no processo de manutenção do sistema de drenagem, contribuindo para aumentar a capacidade de escoamento do sistema existente, pois a mesma, ao promover sua autolimpeza, promove a limpeza da rede a ela conectada.

Os ensaios hidráulicos mostraram que vazões maiores do que 27,1 L/s não são totalmente engolidas pela BLA. Esse valor equivale à metade da capacidade de uma boca de lobo convencional.

Os ensaios de autolimpeza mostraram que este dispositivo é altamente eficiente no arraste de sedimentos e materiais com dimensões pequenas, como folhas e copos plásticos; porém, houve uma maior dificuldade no arraste de materiais maiores, como sacolas plásticas e garrafas PET de 500 mL.

Merece destaque a necessidade da implantação, na rede de drenagem, de sistemas de armazenamento dos sedimentos provenientes de diversas BLAs. Assim, ao invés de a manutenção ser feita individualmente em cada boca de lobo, ela será realizada somente nos pontos em que os sedimentos são armazenados, reduzindo os custos de manutenção quando comparados com os do sistema tradicional de bocas de lobo.

Finalmente, é importante que em conjunto com a aplicação destes dispositivos sejam desenvolvidas ações que incentivem o controle de sedimentos na fonte, como por exemplo, uma legislação específica sobre manejo e controle dos sedimentos em obras e loteamentos. A participação pública e a educação ambiental também são instrumentos que auxiliam positivamente no gerenciamento das questões relacionadas à drenagem e ao manejo das águas pluviais.

## REFERÊNCIAS

ASHLEY, R. M.; BERTRAND- KRAJEWSKI, J. L.; HVITVED-JACOBSEN, T. VERBANCK, M. Solids in Sewers. Scientific and Technical Report nº 14. IWA Publishing. Londres, Inglaterra. 2004.

CAMPISANO, A.; MODICA, C. Manuale di Progettazione di Sistemi di Fognatura – Capitolo 15: Controllo dei solidi nei sistemi fognari e di drenaggio urbano. 43 p. 2010.

DISTART – Dipartimento di Ingegneria delle Strutture, dei Trasporti, delle Acque, del Rilevamento, del Territorio. Convenzione di Ricerca – Verifica su modello físico della funzionalità idraulica del prototipo di un nuovo tipo di pozzetto per la raccolta delle acque pluviali dalle superfici stradali. 74 p. Bologna, Itália. 2009.

LAPLACE, D.; BERTRAND-KRAJEWSKI, J. L.; CHEBBO, G.; FELOUZIS, L. Les pièges à charriage: de la théorie à la pratique. In Proceedings of Novatech, 1998. Vol. 2. pp. 329-336. Lyon, França. 1998.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. Manual Municipal de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. 2012. Disponível em: <http://aguaspluviais.inf.br/manual.aspx?id=8>

VÁRIOS AUTORES. Drenagem Urbana – Manual de projeto. DAEE/CETESB. São Paulo. 468 p. 1980.