

# SISTEMA DE DRENAGEM URBANA: POLUIÇÃO OU SUSTENTABILIDADE.

**MORAIS, Ana Paula de<sup>1</sup>**

Faculdades Integradas Maria Imaculada  
[ana\\_morais1990@yahoo.com](mailto:ana_morais1990@yahoo.com)

**SANTOS, Jaqueline Amélia dos<sup>2</sup>**

Faculdades Integradas Maria Imaculada  
[jaqueline.amelia@yahoo.com.br](mailto:jaqueline.amelia@yahoo.com.br)

**FURIGO, Renata de Faria Rocha<sup>3</sup>**

Faculdades Integradas Maria Imaculada  
[renatafurigo@gmail.com](mailto:renatafurigo@gmail.com)

## RESUMO

A urbanização brasileira aconteceu de forma muito rápida, trazendo consigo muitos problemas para a população, principalmente a falta de saneamento básico que, por sua vez, não inclui somente distribuição de água e coleta de esgotos, mas também drenagem urbana, manejo de resíduos sólidos e controle de vetores. A falta de uma visão integrada sobre saneamento, que inclua esses outros elementos podem ser a causa para rios poluídos, enchentes e grande quantidade de lixo em espaços públicos, o que pode ser verificado na grande maioria das cidades brasileiras. A impermeabilização do solo, o desmatamento, o consumo desenfreado e a falta de políticas municipais integradas de saneamento aumentam a quantidade de águas pluviais escoando em superfície e a mudança da dinâmica das águas nas áreas urbanas. Este trabalho visa analisar novas formas de manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana que possam minimizar a poluição dos rios e melhorar o aspecto das cidades, que se tornam tão hostis à população. Como resultado final destaca-se a implantação do sistema de drenagem sustentável em uma área de 295m<sup>2</sup> de uma praça com área total de 3714m<sup>2</sup>, obtendo-se assim uma retenção de mais 3% de água de chuva. A conclusão é que o valor chegado foi visivelmente baixo, porém a área implantada é pequena em relação ao tamanho da praça.

**Palavras-chaves:** Drenagem sustentável. Manejo de resíduos. Saneamento básico.

---

<sup>1</sup> Graduada em Engenharia Civil pelas FIMI

<sup>2</sup> Graduada em Engenharia Civil pelas FIMI

<sup>3</sup> Doutora em Urbanismo, Mestre em Saúde Pública, Engenheira Civil. Especialista em Saneamento Básico, é Funcionária Pública do SAAE Mogi Mirim e Coordenadora Geral do Observatório Nacional dos Direitos a Água e ao Saneamento – ONDAS. Foi coordenadora do curso de Engenharia Civil e docente das FIMI de 2011 a 2022.

## 1 INTRODUÇÃO

A falta de saneamento básico é um dos maiores problemas que atinge a população brasileira. Normalmente associado ao abastecimento de água e ao esgotamento sanitário, na atualidade podemos perceber que um grave colaborador deste quadro é a falta de limpeza das cidades. Não é à toa que os ambientes urbanos tem sido o lugar preferido de epidemias de dengue e suas variantes, que são causadas por mosquitos que se proliferam em águas paradas, sujas ou limpas, e que também se beneficiam de espaços com acúmulo de resíduos e materiais sem serventia, abandonados de maneira descontrolada. (MOGI GUAÇU et al., 2015.)

Mesmo em cidades com alto índice de atendimento por abastecimento de água e de coleta de esgoto doméstico esta situação se repete. Desta forma, pode-se dizer que sem políticas adequadas de limpeza urbana e de controle das águas de chuva, os problemas associados ao controle de vetores permanecerão afetando a saúde pública e causando problemas à vida urbana. Isso é um problema do campo do saneamento (SANTOS, 2016).

Entende-se por saneamento o conjunto de medidas de promoção e prevenção de saúde (MORAES, 2006, TEIXEIRA, 2011 apud CUNHA, 2014), que, segundo a Lei Federal nº 11445/2007, compõe-se de ações e estruturas de planejamento, construção e operação de sistemas de abastecimentos de água, esgotamento sanitário, drenagem de águas pluviais, coleta e tratamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2007).

Esta lei também estabelece, dentre vários princípios, que a universalização do acesso ao saneamento e a integralidade dos diferentes sistemas de serviços sejam fundamentais para o desenvolvimento humano. Assim, é princípio legal a compreensão de que todos os serviços de saneamento básico são inseparáveis nas suas necessidades e no conjunto de seus resultados. Além disso, é importante também, para atingir os objetivos desta lei, que se considerem os aspectos locais e regionais dos territórios, no que diz respeito a técnicas de saneamento a serem adotadas, e a articulação com as políticas de desenvolvimento urbano, habitação, combate à pobreza, proteção ambiental e à saúde pública (BRASIL, 2007).

Apesar desses princípios, o Plano Nacional de Saneamento Básico (BRASIL, 2013) aponta que o acesso ao saneamento no país ainda é insatisfatório considerando todas as regiões do País (**Tabela 1**).

**Tabela 1** - Índice do saneamento básico no Brasil

Componente	Atendimento adequado		Déficit			
	(x 1000 hab)	%	Atendimento precário		Sem atendimento	
			(x 1000 hab)	%	(x 1000 hab)	%
Abastecimento de água	112.497	59,4	64.160	33,9	12.810	6,8
Esgotamento sanitário	75.369	39,7	96.241	50,7	18.180	9,6
Manejo de resíduos sólidos	111.220	58,6	51.690	27,2	26.880	14,2

Fonte: Adaptado de Brasil, 2013.

Somente com respeito à cidade de Mogi Guaçu, e segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, no ano de 2015, 96% da população tinha acesso aos serviços de abastecimento de água, 80% da população tinha acesso aos serviços de coleta de esgotos, e 75% do esgoto coletado na cidade era tratado (BRASIL, 2015). Como pode ser observado, o município conta ainda com um déficit de coleta e tratamento de esgoto que pode colocar em risco a saúde pública, a proteção do meio ambiente e a qualidade urbana.

Associada à falta de tratamento de esgotos, o ambiente urbano enfrenta ainda o desafio do manejo adequado dos resíduos sólidos, que são descartados indevidamente em margens de rios, córregos, terrenos baldios ou até mesmo nas ruas. Esses resíduos são arrastados para os sistemas de galerias, quando acontecem as chuvas, e encaminhados para os rios e córregos da cidade, causando entupimentos e, conseqüentemente, enchentes que prejudicam a cidade inteira (BUENO; GASPEROTO, 2010).

O controle das águas de chuvas tem por finalidade evitar riscos à população, utilizando-se de métodos que reduzam a velocidade das águas, e seus efeitos de enxurrada, erosão, perigos de inundações e enchentes, que são tão comuns nas cidades. (VAZ, 2004).

Entende-se por drenagem urbana o conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de manejo das águas de chuva, desde o momento que estas caem sobre o solo até chegarem aos rios e córregos. Este conjunto é afetado pelo fenômeno da urbanização, que, segundo Silveira (2002 apud POLETO, 2011), promove a impermeabilização do solo e impede a infiltração das águas pluviais, aumentando o volume de água a ser conduzida superficialmente até rios e córregos. Associando o aumento desse volume de água no meio urbano com o descarte descontrolado de resíduos sólidos nas ruas, praças e às margens desses cursos d'água, a probabilidade de enchentes se torna cada vez maior.

No sentido inverso, e em busca de sustentabilidade ambiental, o conceito de drenagem urbana sustentável torna possível a expansão de áreas permeáveis, a redução de áreas de inundação e melhora a qualidade da água e da vida urbana. (POLETO, 2011)

Este conceito de drenagem urbana sustentável surgiu no começo da década de 1990 devido à preocupação com o escoamento das águas, e tem como objetivo evitar processos erosivos do solo, diminuir ou até mesmo evitar enchentes. As premissas deste tipo de drenagem consistem basicamente em:

- Evitar desmatamento, erosão e assoreamento dos rios e lagos;
- Fazer parte do planejamento do território, compondo o plano diretor municipal;
- Ser elemento de recuperação dos recursos hídricos e da qualidade das águas superficiais e subterrâneas;
- Não transferir os impactos para jusante, ou seja, as águas devem ser controladas e amortecidas no mesmo lugar em que caíram (KOBAYASHI; FAGGION; DEL BOSCO; CHIRINÉIA; FERNANDES, 2008).

Segundo Leoncini (2011), com a implantação de Sistemas de Drenagem Sustentáveis (SiDS), diminui-se o fluxo e aumenta-se a capacidade de armazenamento de água, reduzindo-se assim o deslocamento da poluição sólida e fluida para os corpos hídricos.

Com base nos princípios do sistema de drenagem sustentável, o presente trabalho propõe uma análise sobre as causas da poluição das águas urbanas, relacionando-as ao manejo inadequado dos resíduos sólidos, associado aos métodos convencionais de controle de drenagem de águas pluviais. Pretende-se propor soluções de projeto que promovam qualidade de espaços livres como praças, calçadas e ruas, sem colocar em risco a segurança das pessoas, mas que também inibam o descarte irregular de lixo nesses espaços livres.

O objetivo, portanto, é demonstrar empiricamente a relação que existe entre a poluição das águas urbanas de Mogi Guaçu com o manejo inadequado de resíduos sólidos e com as práticas tradicionais de drenagem de águas pluviais. Esta demonstração se dará por meio da análise do plano municipal de saneamento e plano municipal de gerenciamento de resíduos sólidos, para verificar sua aplicabilidade na realidade do meio urbano; análise do plano municipal de saneamento e pelas propostas associadas a drenagem urbana do município, contrapondo-as às ideias e princípios do sistema de drenagem sustentável (SiDS), e verificando a aplicabilidade de ambos. Esses conceitos serão aplicados a uma bacia de drenagem de Mogi Guaçu, analisando a aplicabilidade dos planos municipais propostos, e

como algumas ideias relacionadas ao SiDS poderiam minimizar problemas identificados nesta bacia de contribuição específica.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Como já mencionado, o objetivo do presente trabalho é o de demonstrar empiricamente a relação que existe entre a poluição das águas urbanas de Mogi Guaçu com o manejo inadequado de resíduos sólidos e com as práticas tradicionais de drenagem de águas pluviais. Na figura 1 é possível visualizar a sujeira que está acumulada nas bocas de lobo, assim impedindo uma boa eficiência do sistema de drenagem urbana tradicional da cidade de Mogi Guaçu. Já na figura 2 encontramos um lançamento de esgoto in natura no córrego canalizado.

**Figura 1** - Boca de lobo



Fonte: Autor, 2017

**Figura 2** - Lançamento de esgoto no córrego



Fonte: Autor, 2017

Foi realizada uma pesquisa exploratória para demonstrar a influência dos resíduos sólidos descartados incorretamente (**Figura 3**) nos arredores do Córrego dos Macacos e como os conceitos de drenagem sustentável podem ajudar a controlar a poluição das águas deste corpo hídrico.

**Figura 3** - Descarte de resíduos sólidos em espaços públicos



Fonte: Autor, 2017.

## 2.1 Histórico

O município de Mogi Guaçu é cortado pelo rio que originou seu nome, cujo significado na língua dos primeiros habitantes é “Rio que serpenteia”. Com a chegada dos bandeirantes, que viajavam rumo ao oeste mineiro e a Goiás, em busca de ouro, aos poucos foi se formando um vilarejo para dar pouso aos viajantes, e às margens do rio Moji-Guaçu (BRASIL, 2014). Como a grande maioria das cidades brasileiras, a partir de 1970, a cidade passou a crescer aceleradamente, com a instalação de muitas indústrias e desenvolvimento de negócios relacionados a indústria cerâmica, automotiva e de agronegócio. Atualmente, a cidade tem 149.396 habitantes, sendo que 95% vivem na área urbanizada da cidade, a uma densidade de 199 hab/km<sup>2</sup>. (BRASIL, 2014)

## 2.2 Métodos tradicionais de drenagem urbana no Brasil

Não diferente da maioria das cidades brasileiras, Mogi Guaçu caracteriza-se por uma urbanização baseada em grandes avenidas, bairros periféricos, retificação e canalização de rios e córregos, e um sistema público de coleta de lixo e de drenagem urbana bastante ineficientes.

A drenagem urbana do município foi implantada segundo a prática da engenharia tradicional, ou seja, segundo sistemas baseados no escoamento superficial até o atingimento da velocidade máxima admitida, encaminhando, a partir daí, por meio de tubulação enterrada e chegada ao corpo d’água mais próximo. O projeto de drenagem segue o chamado “Método Racional”, pelo qual ao se projetar uma área urbanizada, calcula-se a vazão de pico após um evento de chuva, produzida em uma determinada área de contribuição, também chamada bacia (ou sub-bacia) hidrográfica. (GRIBBIN, 2013)

O cálculo é realizado segundo a equação 1:

$$Q = C \times I \times A \quad (1)$$

Onde:

- Q é a vazão máxima, em m<sup>3</sup>/s
- C é o coeficiente de deflúvio ou coeficiente de runoff (escoamento superficial), cujo valores são tabelados de acordo com o tipo de superfície de local
- I é a intensidade de precipitação, em m/s; e,
- A é a área de drenagem, ou área de contribuição, em m<sup>2</sup>. (GRIBBIN, 2013)

Ainda segundo Gribbin (2013), a principal aplicação do método é calcular a vazão máxima para pequenas bacias de drenagem, como para coletores de águas pluviais e para pequenos fundos de vale. A dimensão comum das bacias é menor que 15 acres (ou 6 hectares), não devendo ser utilizado para áreas de drenagem maiores que 100 acres (40 ha).

Muitas vezes os problemas de drenagem aparecem com a crescente impermeabilização dos solos e com projetos mal executados, que visam resolver problemas já existentes.

Pela observação dos sistemas de drenagem construídos na bacia do Córrego dos Macacos, é possível perceber que os mesmos não cumprem sua função com a devida eficiência, assim se mostrando necessária uma modificação das técnicas, admitindo sistemas que impeçam o surgimento desses problemas, em vez de consertá-lo constantemente ou jogá-lo para outra área.

Finalmente, os sistemas de drenagem urbana em Mogi Guaçu são mantidos e operados pela Prefeitura Municipal que aprova os projetos de drenagem de novos loteamentos e manipula os sistemas conforme a viabilidade de operação em cada situação específica. Atualmente a prefeitura conta com o Plano de Drenagem Urbana em que especifica os métodos de cálculo de sistemas de drenagem aceitos, além do método racional: o método racional modificado, o método hidrograma unitário e o método Chicago (Mogi Guaçu, 2011). Porém, o que esses métodos não consideram é a capacidade de retenção de água de chuva na bacia hidrográfica ou bacia de contribuição considerada.

### **2.3 Novas formas de manejo de águas pluviais**

A crescente urbanização traz consigo muitas alterações hidrológicas, já que dependendo do modelo de urbanização adotada, retifica-se rios, impermeabiliza-se o solo, provoca-se o desmatamento de áreas florestais, e assim, o regime das águas fica

completamente alterado. Quando a urbanização é marcada pelo uso inadequado do solo isso provoca a incapacidade de armazenamento natural das águas de chuva. Como já comentado, normalmente é utilizada para drenagem urbana a solução que tende a aumentar a velocidade de escoamento das águas, o que leva a transferência de problema para pontos mais distantes até o rio mais próximo e acarreta a necessidade de contínuos tratamentos locais, após possíveis eventos de enchente. Contudo, atualmente a chamada Drenagem Urbana Sustentável, propõe soluções que possibilitam a retenção artificial das águas pluviais, numa perspectiva oposta à que é praticada nos dias de hoje.

A drenagem sustentável tem como objetivos minimizar os impactos causados pela urbanização, evitar que problemas que as canalizações dos rios causariam e ter um melhor controle onde se encontra possíveis pontos de inundações.

As principais propostas para drenagens urbanas sustentáveis são conhecidas como:

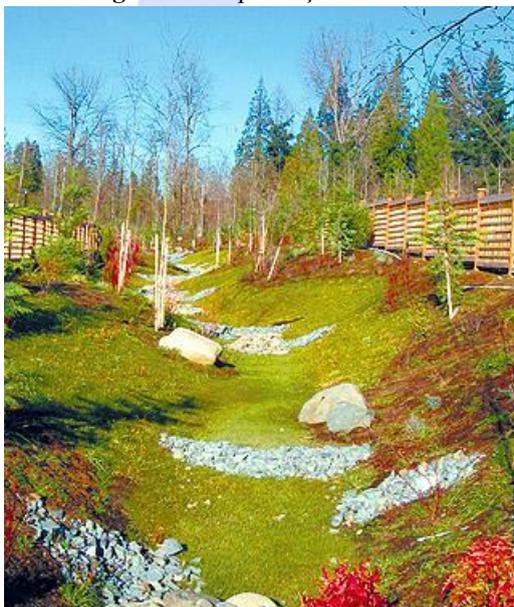
- **BMP** (Best Management Practices): A origem desse conceito relaciona-se com o controle da poluição de efluentes industriais nos EUA. Mais tarde também foi considerado como a possibilidade de controle da poluição difusa associado ao gerenciamento de águas pluviais, de forma distribuída na bacia, integrando controles da qualidade e quantidade de água (US EPA, 2004 apud MIGUEZ; VÉROL; REZENDE, 2012). BMPs são projetados para reduzir o volume de águas pluviais, as vazões de pico e a poluição difusa, por meio da infiltração, da filtração, dos processos biológicos ou químicos, da retenção e da detenção. (MIGUEZ; VÉROL; REZENDE, 2012).

Essa técnica engloba medições e estruturas de controle para gerenciamento e melhoramento da qualidade das águas pluviais provenientes do coeficiente de runoff (escoamento superficial) com investimentos efetivos (US-EPA, 1999 apud NOCCETTI, 2005). As BMPs também consideram os tipos de solos, profundidade do lençol freático, declividade dos terrenos, etc.

- **LID** (Low Impact Development): Este conceito adota um conjunto de procedimentos que tentam compreender e reproduzir o comportamento hidrológico anterior à urbanização. Nesse contexto, o uso de paisagens multifuncionais (permitem o diferente uso dos espaços em diferentes condições) aparece como elemento útil na malha urbana, de modo a permitir a recuperação das características de infiltração e detenção da bacia natural, procurando imitar as funções hidrológicas da bacia natural, envolvendo volume, vazão, recarga e tempos de concentração. BMPs são

frequentemente integradas em projetos LID (COFFMAN,1998 apud MIGUEZ; VÉROL; REZENDE, 2012). Este método tem como base a preservação de vegetação e solo nativos (**figura 4**), minimizando o emprego de áreas impermeáveis e permitindo a manutenção de caminhos naturais de drenagem; elaboração de projetos que respeitem peculiaridades locais naturais e assegurem a proteção de toda a bacia, em detrimento de padronizações (**figura 5**); encorajar infiltração e recarga de aquíferos, terras úmidas e riachos, aproveitando controle e tratamento realizados naturalmente (**figura 6**); empregar técnicas de manejo hídrico o mais próximo possível da fonte de geração de excedente de escoamento (**figura 7**), de forma integrada ao ambiente, para mimetizar processos hidrológicos naturais; trabalhar a educação e envolvimento público (inclusive de profissionais) objetivando a redução de cargas de poluentes e o aumento da eficiência e longevidade de sistemas de drenagem, desonerando o poder público. (USDoD, 2004 apud SOUZA; CRUZ; TUCCI, 2012, p.11).

**Figura 4 - Implantação do LID**



**Fonte:** City of Riverside, 2015.

**Figura 5 - Implantação do LID**



**Fonte:** Volkening, 2011.

**Figura 6 - Implantação do LID**



**Fonte:** Tata & Howard, 2015

**Figura 7 - Implantação do LID**



**Fonte:** Chapel Valley, 2016

## **2.4 Plano de gerenciamento de Resíduos Sólidos**

O Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da cidade de Mogi Guaçu (MOGI GUAÇU 2014) foi constituído por representantes dos órgãos da Prefeitura Municipal, Secretaria de Serviços Municipais (SSM), e Secretaria de Agricultura Abastecimento e Meio Ambiente (SAAMA), visando combater todas as formas de desperdício e a minimização da geração de resíduos sólidos.

A Lei Federal Nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007 define que a limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos como sendo o conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas. Para que a cidade permaneça limpa deve existir um bom relacionamento entre a prefeitura e a população, com responsabilidades de ambas as partes.

Para tanto, a prefeitura tem por obrigação adotar as providências para que todos os cidadãos sejam atendidos pela coleta de resíduos domiciliares, assegurando que os veículos coletores passem regularmente nos mesmos locais, dias e horários e divulgando com a devida antecedência, o programa de coleta dos resíduos domiciliares e de outros tipos de resíduos.

Já os cidadãos têm por dever colocar os resíduos em locais de fácil acesso aos caminhões da coleta, acondicionados em sacos plásticos fechados, evitando assim o acesso de insetos, roedores e outros animais. Devem se informar sobre os horários em que o serviço de coleta será executado, colocando os resíduos em recipientes adequados, no dia e hora

programados, com no máximo duas horas de antecedência. Esses resíduos devem estar em locais fora do alcance dos animais, evitando seu espalhamento no passeio público.

No plano de gerenciamento de resíduos de Mogi Guaçu, a caracterização do lixo urbano foi baseada na composição gravimétrica (o percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra) da cidade de São Carlos, por esta possuir características similares às de Mogi Guaçu. O resultado deste estudo foi que 56,7% dos resíduos analisados são de matéria orgânica, 21,3% de papel, 8,5% de plástico, 5,4% de metais, e 1,4% de vidros (MOGI GUAÇU, 2014).

Consta no referido estudo que o volume de lixo recolhido vem aumentando e por isso a prefeitura passa a ter dificuldade no tratamento, uma vez que a qualidade e quantidade são muito diferentes do que era produzido antigamente. Por outro lado, Mogi Guaçu conta hoje com um aterro sanitário onde se previu a instalação de unidades específicas de tratamento dos resíduos classe II (são divididos em duas classes, A e B ambas não perigosas), parcerias com entidades não governamentais para coletas seletivas, varrições e capinas, coleta, transporte, tratamento e destinação final.

Com relação aos resíduos domiciliares, segundo o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Mogi Guaçu (MOGI GUAÇU, 2014), diariamente são coletadas cerca de 123 toneladas de resíduos sólidos, resultado de uma produção média per capita de 0, 89 kg/hab.dia. O modelo praticado é o direto, ou seja, o lixo é recolhido pelo serviço de coleta, devidamente acondicionado em sacos plásticos, através de conjuntos coletores com compactação. Este método direto requer a conscientização e participação da comunidade no sentido de acondicionar o lixo em sacos plásticos, ou vasilhas apropriadas, bem como a disposição em lixeiras.

A coleta de resíduos proveniente das atividades de limpeza urbana (varrição, entulhos, podas e aparas de árvore, capina e roçagem, recolhimento de resíduos descartados de forma inadequada em áreas baldias), é realizada por equipes específicas, conforme a programação determinada pela Secretaria de Serviços Municipais, com a finalidade de evitar focos de resíduos nos logradouros públicos. Estas equipes coletam cerca de 14 toneladas diárias de resíduos de poda e galhos e cerca de 65 toneladas de entulhos (MOGI GUAÇU, 2014).

Os serviços de coleta de resíduos especiais consistem no recolhimento de todos e quaisquer resíduos ou detritos provenientes da construção civil na cidade. Os custos deste desperdício são distribuídos por toda a sociedade, não só pelo aumento do custo final das construções, como também pelos custos de remoção e tratamento de entulho.

Na maioria das vezes o entulho é retirado da obra e disposto clandestinamente em locais como terrenos baldios, margem de córregos e rios e ruas da periferia. Essas práticas comprometem recursos, nem sempre mensuráveis, para a remoção ou tratamento desse entulho, tanto de tira-lo do espaço público como de limpar galerias e desassorear o leito de córregos onde o material se deposita.

Segundo a prefeitura de Mogi Guaçu (2014), o custo social total é praticamente impossível de ser determinado, pois suas consequências geram a degradação da qualidade de vida urbana em aspectos como transportes, enchentes, poluição visual, proliferação de vetores de doenças, entre outros.

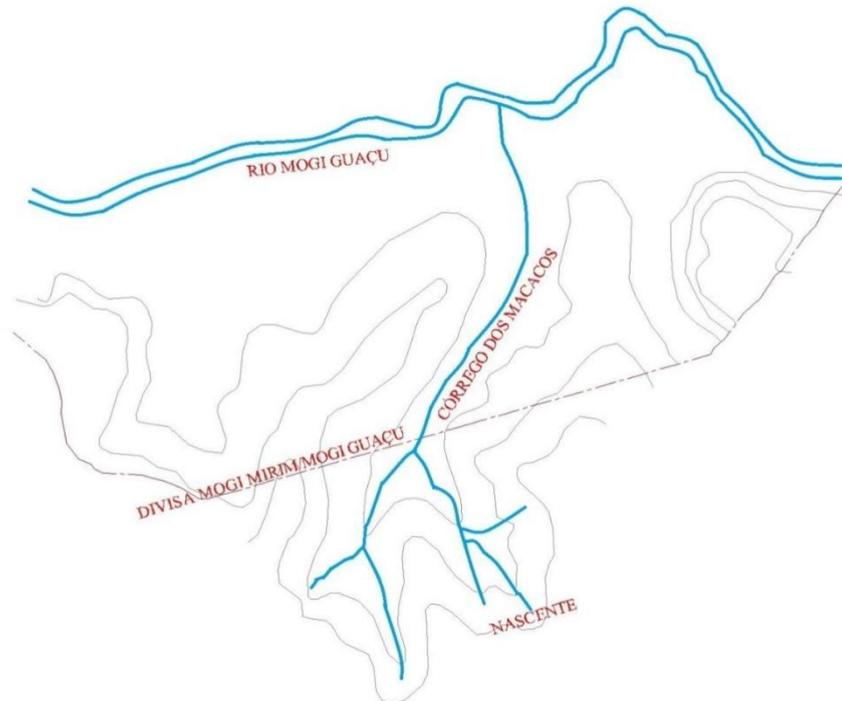
## **2.5 Áreas de análise**

### **2.5.1 Córrego dos macacos**

Pretende-se estudar uma área específica da cidade de Mogi Guaçu e relacionar as práticas de controle dos resíduos sólidos e da drenagem urbana sob o ponto de vista da drenagem sustentável.

A área previamente escolhida é a bacia do Córrego dos Macacos (**figura 8**), que tem sua nascente localizada em Mogi Mirim, com uma área de drenagem de 4,6 Km<sup>2</sup>, situada em uma área de urbanização restrita, com sua área de preservação permanente de 50 metros de raio ao redor das nascentes conforme Lei Federal 12.651 (BRASIL, 2012) e 30 metros ao longo do curso d'água principal. O canal principal possui uma profundidade de 1,60 m.

**Figura 8** - Bacia Córrego dos Macacos



**Fonte:** Adaptado sobre o projeto de topografia.

### 2.5.2 Área de implantação do LID – Praça Fernando de Noronha

A proposta de trabalho consiste no estudo de intervenção na Praça Fernando de Noronha (**Figura 9**) para a implantação de um sistema LID de drenagem. Essa praça é bem próxima ao Córrego dos Macacos e está localizada no Jardim Itacolomy, zona sul da cidade, tem uma área de 3.714 m<sup>2</sup> e atualmente é composta por bancos e mesas, calçadas, árvores e playground, alternando entre partes com gramas e concreto (**Figura 10**).

Com base nos conceitos do LID a proposta é implantar canaletas de concreto de 34 cm de largura, 18 cm de profundidade e 3 metros de comprimento de acordo com a calçada em volta da praça. Pretende-se também implantar caminhos naturais cobertos com cascalhos para reter uma boa parcela da precipitação, proporcionado a retirada da maioria das tradicionais bocas de lobo, conectadas nas galerias enterradas no bairro. Pretende-se adicionalmente implantar uma trincheira de infiltração que irá receber uma parcela das águas, deixando apenas uma boca de lobo, justamente para as águas que não forem retidas pelo sistema projetado. Neste caso, as águas deverão ser conduzidas para a galeria existente.

O propósito é aliviar a vazão do Córrego dos Macacos, que em situação de fortes precipitações, acaba transbordando e causando uma serie de incômodos no bairro.

**Figura 9 - Localização da Praça Fernando de Noronha**



Fonte: Autor, 2017.

**Figura 10 - Praça Fernando de Noronha**



Fonte: Autor, 2017.

### 3 RESULTADOS

Os resultados foram elaborados mediante aos estudos hidrográficos realizados pela Prefeitura Municipal de Mogi Guaçu quando se iniciaram as obras de revitalização no Córrego dos Macacos.

O intuito foi buscar informações que mostrem a possível melhoria com o uso dos sistemas de drenagem urbana sustentável (LID) para um ponto específico escolhido (Praça Fernando de Noronha) por ser próximo ao córrego, para que, quando houver uma chuva ela possa ficar o máximo de tempo retida na praça, assim aliviando a descarga no córrego.

Na tabela 2 encontra-se os dados coletados de precipitação, infiltração da água no solo, o Q7,10 (vazão de chuva de sete dias consecutivos em 10 anos), o coeficiente de escoamento superficial e a vazão de cheia do Córrego dos Macacos que são necessários para o dimensionamento do sistema de drenagem sustentável LID.

**Tabela 2** - Dados Córrego dos macacos

<b>CÓRREGO DOS MACACOS</b>	
PRECIPITAÇÃO (mm)	1291,3
INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO (%)	62
Q7,10 (m <sup>3</sup> /s)	0,011
COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL	0,38
VAZÃO DE CHEIA (m <sup>3</sup> /s)	28,53

Fonte: Adaptado, 2017; DAEE, 2017; SAAMA, 2010.

Na tabela 3 a seguir é possível visualizar a declividade do talvegue Córrego dos Macacos.

**Tabela 3** - Declividade do talvegue

<b>DECLIVIDADE DO TALVEGUE</b>	
COTA H (m)	DECLIVIDADE (m/m)
599	
600	0,006666667
620	0,009727627
640	0,023724792
660	0,090909091
684	0,06

Fonte: Adaptado, 2017; DAEE, 2017; SAAMA, 2010.

A tabela 4 lista os dados necessários para dimensionamento da Praça Fernando de Noronha no sistema LID de drenagem.

**Tabela 4** - Dados Praça Fernando de Noronha

<b>PRAÇA FERNANDO DE NORONHA</b>	
PRECIPITAÇÃO (mm)	1291,3
INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO (%)	62
Q7,10 (m <sup>3</sup> /s)	0,011
COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL	0,38

Fonte: Adaptado, 2017; DAEE, 2017; SAAMA, 2010.

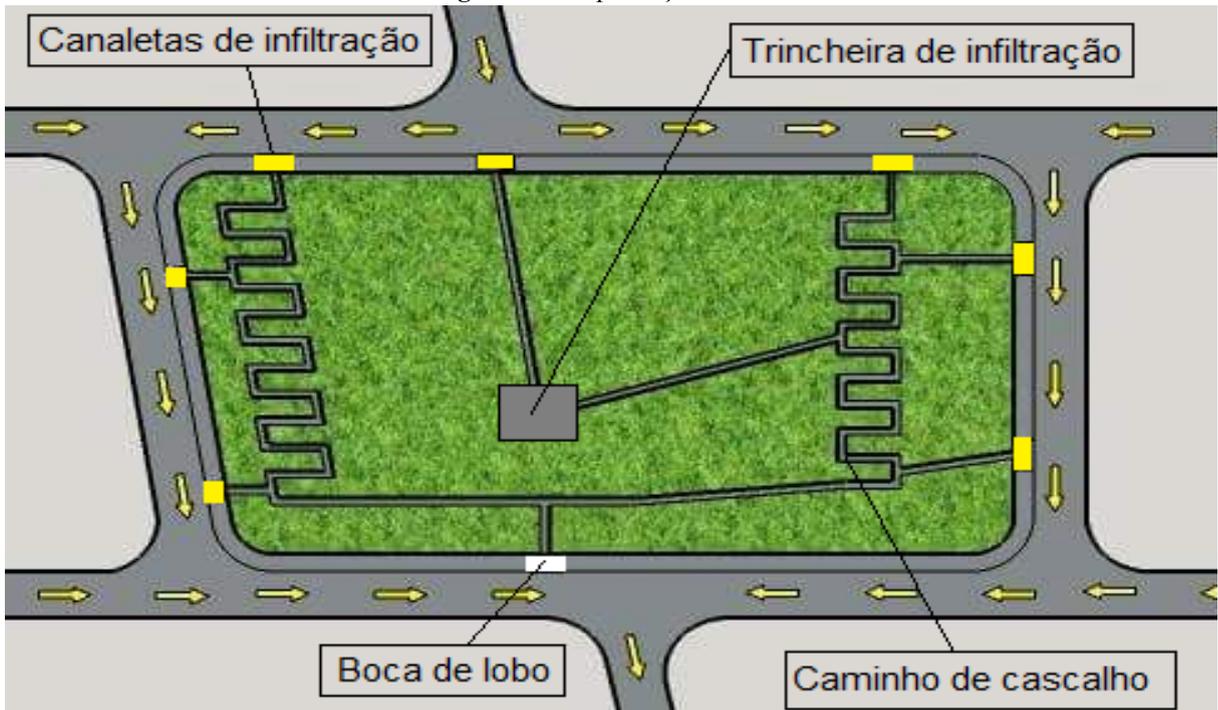
A figura 11 mostra o esboço de como a praça é atualmente, representando a localização de seus bueiros e sentido de escoamento da água de chuva. Já na figura 12, é possível visualizar como seria implantado as canaletas para a adaptação do sistema LID, assim retendo por mais tempo as águas de chuva. A figura 13 apresenta o corte da trincheira de infiltração, que no projeto estará recebendo as águas de duas das três canaletas.

**Figura 12** - Esquema atual da praça



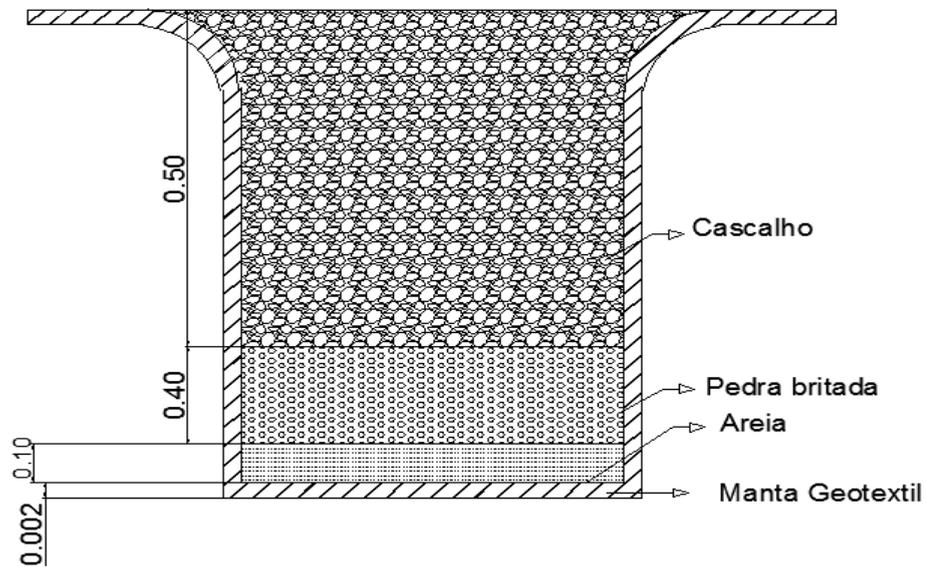
Fonte: Autor, 2017.

Figura 13 - Implantação do LID



Fonte: Autor, 2017.

Figura 14 - Corte da trincheira de infiltração



Fonte: Autor, 2017.

A tabela 5 representa os possíveis resultados com a proposta de implantação do sistema LID de drenagem sustentável.

**Tabela 5** - Comparativo de sistemas de drenagem

<b>Antes</b>		<b>Depois</b>	
Precipitação anual	1291,3	Precipitação anual	1291,3
Água infiltrada e/ou retida	62%	Água infiltrada e/ou retida	65%
Coefficiente de escoamento	0,38	Coefficiente de escoamento	0,35
Armazenamento	0	Armazenamento	0,03

Fonte: Adaptado SAAMA, 2010.

#### 4 DISCUSSÃO

A proposta inicial foi demonstrar a relação que existe entre a poluição das águas urbanas de Mogi Guaçu com o manejo inadequado de resíduos sólidos e com as práticas tradicionais de drenagem de águas pluviais.

Tendo isso em mente foram levantados (**tabela 5**) números que mostram as supostas diferenças entre os sistemas de drenagem urbana tradicional e drenagem urbana sustentável, já dimensionada para a Praça Fernando de Noronha. O único resultado que se modificaria seria o coeficiente de escoamento, que devido à implantação dos caminhos naturais de terra e cascalho juntamente com a trincheira de infiltração conseguiria diminuir o escoamento superficial em 3%.

Com essa diminuição do escoamento superficial é possível perceber que os resíduos que são descartados erroneamente não serão levados até bocas de lobos e depois para corpos hídricos, pelo fato do sistema LID ser aberto e ter o objetivo de reter a maior quantidade possível de água pluvial esses resíduos não seriam carregados e não entupiriam bocas de lobos pois elas são quase inexistentes.

Porém segundo Botelho (2011), o caminho comum para o escoamento das águas pluviais urbanas é a calha de rua. As vezes quando a vazão que passa é superior à capacidade de transporte de calha de rua, pode haver alagamento e até inundações.

Para Gribbin (2013), coletores e galerias de água pluvial são tubulações subterrâneas usadas para transportar, segura e convenientemente, as águas de chuva de áreas urbanas até os corpos d'água, como córregos, rios e lagos.

Muitas vezes essas águas transportadas geram uma alta vazão e os corpos hídricos podem não suportá-las, causando então as inundações. Com a implantação de sistemas de drenagem sustentável é possível retardar esse problema a montante, evitando o acúmulo de águas a jusante.

A drenagem urbana sustentável por sua vez visa, principalmente facilitar a entrada da água de chuva no solo fazendo que fique retida ou que retarde por mais tempo a vazão de pico, além de tudo trata parte da poluição que consegue se espalhar para outras direções.

Ainda há grande resistência à aplicação de BMPs no Brasil por parte dos projetistas, pois existe pouca divulgação e obras executadas, além da oposição natural a inovações. No entanto, a experiência tem mostrado que o seu uso é mais eficiente, barato e, principalmente, soluciona o problema mais próximo de sua origem, sem afetar a outras regiões (TUCCI & GENZ, 1995 apud CRUZ; SOUZA; TUCCI, 2012, p.3).

O LID assim como o sistema de drenagem tradicional urbana tem suas vantagens e desvantagens. Como aspectos vantajosos, pode-se citar: a redução de área impermeável; fácil implantação; facilidade de limpeza; explora valores estéticos; maior retenção de água pluvial; diminui o escoamento superficial; abastecimento de lençol freático.

Como desvantagens, pode-se citar: pouco conhecimento técnico por parte dos profissionais que executam os pavimentos permeáveis; risco de falha no funcionamento por falhas de execução e falta de manutenção regular; manutenção exigente em termos de frequência e de custos.

Já o sistema tradicional, apesar de ter como vantagem o conhecimento e a prática daqueles que operam tais sistemas, guarda como desvantagem o alto custo de implantação e de manutenção, o aumento dos picos de vazão, necessitando novas galerias pluviais; os esgotos não coletados vão diretamente para a sarjeta assim poluindo as águas; aumento do escoamento superficial; transporta para o corpo hídrico toda carga poluente afluyente.

## **5 CONCLUSÃO**

Apesar dos sistemas de drenagem urbana sustentável não estarem entre as soluções favoritas dos engenheiros nos projetos de drenagem urbana, é uma solução mais adequada para as cidades, por tratar de forma sistêmica os parâmetros de escoamento superficial, taxa de infiltração, filtração e depuração das águas de chuva, retenção de resíduos. O maior problema que se percebe atualmente é a falta de conhecimento e prática de dimensionamento de projetos no Brasil.

Este trabalho buscou de forma empírica dimensionar uma praça próxima a um curso d'água, aplicando o sistema LID, que visa à conservação e preservação dos solos, para que

absorção seja de maior quantidade possível da água de chuva, evitando o aumento da vazão do córrego e impedindo que os resíduos que são descartados erroneamente sejam conduzidos rapidamente para os corpos hídricos, propiciando com isso reduzindo a redução de eventos de inundações.

Os dados obtidos demonstraram pouca diferença entre a condição com o sistema LID e sem o sistema LID (atual), porém, se considerarmos que foi implantado em apenas 295 m<sup>2</sup> de uma área total de 3714 m<sup>2</sup>, é possível afirmar que um maior número de soluções, e sistemas maiores o desempenho seria melhor, principalmente considerando a possibilidade de aumento da infiltração de água na bacia, reduzindo o escoamento superficial. Além disso, os sistemas LID instalados em várias praças, e até mesmo ao longo do canal principal podem exercer um efeito sinérgico na melhoria das condições hidrológicas da bacia hidrográfica.

Assim, entende-se a importância de maiores estudos e práticas de projeto no sentido de aplicar essas soluções, verificando os efeitos de médio e longo prazo, além de possibilitar a redução dos custos de manutenção dos sistemas de drenagem urbana.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOTELHO, M. H. C. **Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades**. 3.ed. São Paulo, Blucher, 2011.

BRASIL. IBGE. **Histórico cidade**, 2014. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/mogi-guacu/panorama>> Acesso em: 11 maio. 2017.

BRASIL. Lei Federal nº 11445, de 05 janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 05 jan. 2007. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm)> Acesso em: 11 maio. 2017.

BRASIL. Lei Federal nº 12651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 25 mai. 2007. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm)>. Acesso em: 20 out. 2017.

BRASIL. Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), maio de 2013. Brasília, DF. maio, 2013. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/AECCBF8E2/Plansab\\_Versao\\_Conselhos\\_Nacionais\\_020520131.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/AECCBF8E2/Plansab_Versao_Conselhos_Nacionais_020520131.pdf)>. Acesso em: 03 jun. 2017.

BRASIL. SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Disponível em: <<http://app.cidades.gov.br/serieHistorica/municipio/index>>. Acesso em: 11 maio. 2017.

BUENO, F.; GASPEROTO, H. H. J. **Deposição de resíduos sólidos na cidade de Leme – SP**, 2010. Disponível em: <[http://revistaunar.com.br/cientifica/documentos/vol7\\_n1\\_2013/10\\_deposicao\\_de\\_residuos\\_solidos.pdf](http://revistaunar.com.br/cientifica/documentos/vol7_n1_2013/10_deposicao_de_residuos_solidos.pdf)>. Acesso em: 07 nov.2017.

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo, Oficina dos Textos, 2005.

CHAPEL VALLEY. **Bio-swales and their place in your water management system**, 2016. Disponível em: <<https://www.chapelvalley.com/blog-news/267-bio-swales-and-their-place-in-your-water-management-system>>. Acesso em: 16 out. 2017.

CITY OF RIVERSIDE. **Low Impact Development**, 2015. Disponível em: <<https://www.riversideca.gov/publicworks/stormwater/LID.asp>>. Acesso em: 16 out. 2017.

CRUZ, A.S.C.; SOUZA, A.F.; TUCCI, C.E.M. Controle da drenagem urbana no Brasil: avanços e mecanismos para sua sustentabilidade. In: **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 17., 2007, São Paulo. Disponível em: <<http://www.ctec.ufal.br/professor/mgn/ArtigoControleDaDrenagemUrbanaNoBrasilMecanismosParaASustentabilidade.pdf>> Acesso em: 11 maio. 2017.

CUNHA, G. M. et al. **Infecção por enteroparasitas e sua relação com as condições socioeconômicas e sanitárias em duas comunidades quilombolas no município de Cairu – Bahia**. In: XII Simpósio Ítalo-brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental., Narak, RN, 2014. Disponível em: <[www.academia.edu/15492044/Infecção\\_por\\_enteroparasitas\\_e\\_sua\\_relação\\_com\\_as\\_condições\\_socioeconômicas\\_e\\_sanitárias\\_em\\_duas\\_comunidades\\_quilombolas\\_no\\_município\\_de\\_Cairu-Bahia](http://www.academia.edu/15492044/Infecção_por_enteroparasitas_e_sua_relação_com_as_condições_socioeconômicas_e_sanitárias_em_duas_comunidades_quilombolas_no_município_de_Cairu-Bahia)>. Acesso em: 11 maio. 2017.

GRIBBIN, J. E. **Introdução à hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais**. São Paulo, Cengage Learning, 2013.

KOBAYASHI, F. Y.; FAGGION, F. H. M.; DEL BOSCO, L. M.; CHIRINÉIA, M. L. B.; FERNANDES, M. **Drenagem urbana sustentável**, 2008. Tese (PhD em Engenharia Hidráulica e Sanitária) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2008. Disponível em: <[www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id\\_arq=3040](http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arq=3040)>. Acesso em: 07 nov. 2017.

LEONCINI, C. L. **Água em ambientes urbanos**, 2011. Tese (PhD em Engenharia Hidráulica e Ambiental) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <[www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id\\_arq=6013](http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arq=6013)> Acesso em: 14 set. 2017.

MIGUEZ, M.G.; VÉROL, A. P.; REZENDE, O. M. **Drenagem Urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=HJXpCgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q=BMP&f=false>>. Acesso em: 23 ago. 2017.

MOGI GUAÇU (Prefeitura), INSTITUTO BRASIL CIDADE. Plano de Drenagem do Município de Mogi Guaçu. Mogi Guaçu, 2011. Disponível em: <[http://www.mogiguacu.sp.gov.br/sistema/file/docarq\\_download/pdd\\_mogi\\_guacu\\_relatorio\\_final\\_ra.pdf](http://www.mogiguacu.sp.gov.br/sistema/file/docarq_download/pdd_mogi_guacu_relatorio_final_ra.pdf)>. Acesso em 30 out. 2017.

MOGI GUAÇU (Prefeitura), SECRETARIA DE SANEAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS. Programa Estadual de Apoio Técnico à Elaboração de Planos Municipais de Saneamento: Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico: Mogi Guaçu. Mogi Guaçu, 2015. Disponível em: <[http://www.samaemogiguacu.com.br/website/planos\\_saneamento/1222-SSE-21-SA-RT-0007-R3.pdf](http://www.samaemogiguacu.com.br/website/planos_saneamento/1222-SSE-21-SA-RT-0007-R3.pdf)> Acesso em: 11 maio. 2017.

MOGI GUAÇU (Prefeitura). **MEMORIAL DE CÁLCULO**, SAAMA, 2010.

MOGI GUAÇU (Prefeitura). Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Mogi Guaçu, 2014. Disponível em: <[http://www.mogiguacu.sp.gov.br/sistema/file/docarq\\_download/Plano\\_de\\_Gestao\\_Integrada\\_dos\\_Residuos\\_Solidos.pdf](http://www.mogiguacu.sp.gov.br/sistema/file/docarq_download/Plano_de_Gestao_Integrada_dos_Residuos_Solidos.pdf)>. Acesso em 30 out. 2017.

NOCETTI, T. F.; CORDEIRO, J. S. Possíveis Causas e Possíveis Soluções para Problemas na Gestão Institucional da Drenagem. **Revista de ensino de engenharia – ABENGE (Associação Brasileira de Ensino de Engenharia)**. Brasília – DF. V.24, nº. 2, 2005. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/4267/2354.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 11 maio. 2017.

POLETO, Cristiano. SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems): Uma Contextualização Histórica. **Revista Thema**, v.8, n.1, 2011. Disponível em: <<http://revistathema.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/38/38>>. Acesso em: 11 maio. 2017.

SANTOS, V. S. dos. **Saneamento básico. Importância do saneamento básico**, 2016. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento-basico-importancia-do-saneamento-basico>>. Acesso: 07 nov. 2017.

SOUZA, A.F.; CRUZ, A.S.C.; TUCCI, C.E.M. Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto: Planejamento e Tecnologias Verdes para a Sustentabilidade das Águas Urbanas In: **RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre, RS Vol. 17, n. 2(2012 abr./jun.), p.9-18. 2012. Disponível em: <<https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=62&SUMARIO=814>>. Acesso em: 11 maio. 2017.

TATA & HOWARD. **Low Impact Development (LID)**, 2015. Disponível em: <<https://tataandhoward.com/our-services/stormwater/low-impact-development-lid/>>. Acesso em: 16 out. 2017.

VAZ, V. B. Núcleo de Pesquisa e Extensão em Gerenciamento de Recursos Hídricos Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo - Comitê Pardo **Boletim Informativo** N.º 05/Ano VI - Maio/2004. Disponível em: <<http://www.comitepardo.com.br/boletins/2004/boletim05-04.html>>. Acesso em: 11 maio. 2017.

VOLKENING, A. **An example of combating flooding and stormwater pollution with green infrastructure in Milwaukee**, 2011. Disponível em:  
<<http://www.mobilebaykeeper.org/bay-blog/2017/5/10/mobile-baykeeper-submits-comments-on-map-for-mobile>>. Acesso em: 16/10/2017.etim05-04.html>. Acesso em: 11 maio. 2017.

