



**ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE
SÃO PAULO**

PHA3337 - Água em Sistemas Urbanos

**A influência e o impacto de resíduos sólidos na micro e
macro drenagem urbana**

Adriana Pinto e Silva Wright	NºUSP: 9350626
Aline Canhoto	NºUSP: 9350477
Aline Pimentel Piemonte	NºUSP: 4574450
Bruno Macedo	NºUSP: 9351519
Eric La Rosa	NºUSP: 8587048
Fernanda Nogueira Comas	NºUSP: 9351415
Giovanna Fabrizia Di Tore Tasso	NºUSP: 9348901
Henrique Novaes Bueno de Camargo	NºUSP: 9832703
Henrique Romero	NºUSP: 10335301
Pedro Henrique Cavalcanti Fernandes	NºUSP: 9351266

Professor: Joaquin Ignacio Bonnacarrere Garcia

São Paulo, 17 de novembro de 2017

RESUMO EXECUTIVO

A rede de drenagem urbana está sujeita a diversos fatores poluidores, sendo uma das principais responsáveis pela veiculação de resíduos sólidos. Um melhor entendimento quanto à quantificação e classificação desses poluentes possibilita o traçado de alternativas para o controle de resíduos, abrindo a porta para que o problema seja reduzido. Com essa finalidade, este trabalho comparou dois métodos de quantificação utilizados em um estudo da Bacia Hidrográfica de Porto Alegre, um método utilizado na bacia hidrográfica Sítio do Tio Pedro e métodos complexos utilizados em diferentes países. Desses métodos, foram analisados os resultados dos dois brasileiros e foi possível, além de entender suas limitações, constatar sua necessidade para que medidas preventivas sejam tomadas.

Palavras-chave: drenagem, resíduos sólidos, água, engenharia.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	4
2.JUSTIFICATIVA	5
3. OBJETIVO	6
4.METODOLOGIA	6
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
6. CONCLUSÃO	14
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15

1. INTRODUÇÃO

A urbanização e o crescimento urbano desordenado têm gerado impactos ambientais e perda de qualidade de vida dos moradores das cidades, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil, onde a gestão é realizada, via de regra, de forma setorial, não integrando setores que estão intimamente correlacionados, especialmente no que diz respeito ao saneamento.

Dentre as consequências da urbanização, temos o aumento da produção de resíduos sólidos e a impermeabilização das superfícies, o que leva ao aumento da velocidade do escoamento superficial e sua força de arraste. Embora existam serviços de limpeza urbana, eles não são capazes de atender a toda essa nova demanda e a rede de drenagem urbana torna-se o principal veículo de cargas poluidoras de uma bacia. Além de obstruir o fluxo, já comprometido pela falta de capacidade de condução para a atual urbanização, enchentes e inundações tornam-se problemas frequentes e os resíduos são carregados aos corpos hídricos, cada vez mais degradados e contaminados.

O planejamento de atividades urbanas relacionadas à água devem ser integradas ao planejamento urbano propriamente dito, a gestão dos recursos hídricos, ao saneamento ambiental, à limpeza pública e a educação, no sentido de conscientização de consumo e descarte.

Medidas não estruturais para a resolução ou melhora dos problemas citados envolvem questões educacionais, culturais e sociais, que envolvem planejamento e investimento à longo prazo.

As medidas estruturais precisam, então, ser dimensionadas, dependendo de informações como quantidade, bem como a qualidade dos resíduos sólidos que entrem no sistema de drenagem e a identificação de fontes geradoras de poluição. Assim, será possível avaliar o potencial poluidor e seus impactos, e gerenciar, de forma incorporada, os recursos hídricos do meio urbano e as medidas de controle adequadas.

Trabalhos que tratam da caracterização de resíduos e estudos referentes à quantificação e classificação, ou medidas que sirvam de controle e medição destas cargas ganham grande importância. Alguns deles serão aqui apresentados. A complexidade do problema, que depende de características locais, sociais e ambientais, levam à diferentes metodologias de coletas de resíduos, o que pode causar variações equacionais e de resultados.

2. JUSTIFICATIVA

A abordagem integrada do gerenciamento das águas urbanas e a conscientização propagada sobre a poluição causada pela poluição difusa faz com que a política de controle de poluição difusa nos países desenvolvidos seja muito mais efetiva que a dos países em desenvolvimento. Enquanto naqueles já se pratica a fase ambientalista, nesses ainda permanece a fase sanitária.

Dentro desse contexto se insere a problemática sobre a consequência gerada pelo despejo inadequado de resíduos sólidos na superfície. Garrafas, latas, envelopes de papel e plástico, jornais, sacolas de compras, embalagens de cigarro, mas também partes de carros, restos de construção e colchões velhos, enumerados por ARMITAGE e ROOSEBOOM, 2000a e ARMITAGE et al. (1998), são os resíduos que permanecem no local onde foram dispostos inadequadamente até serem removidos pela autoridade local, ou serem carregados pelo vento e/ou escoamento superficial atingindo o sistema de drenagem (apud NEVES; TUCCI, 2003). Esses resíduos que chegam no sistema de drenagem são carregados pelas águas até alcançarem rios, lagos, estuários. São frequentemente emaranhados na vegetação ao longo das margens ou depositados e enterrados pelos sedimentos dos recursos hídricos onde se encontram (ARMITAGE e ROOSEBOOM, 2000a e ARMITAGE et al., 1998, apud NEVES; TUCCI, 2003).

Os resíduos encontrados nas redes de drenagens prejudicam a eficiência hidráulica de estruturas como bacias de retenção, poços de bombas e sistemas de microdrenagem, além de contribuírem para um aspecto anti estético. A obstrução das galerias do sistema coletor de águas pluviais decorrente do acúmulo de resíduos amplia os efeitos das enchentes e a ocorrência de doenças de veiculação hídrica nas cidades durante os eventos hidrológicos (PEREIRA; FILHO, 2014). Em Bangladesh, a cidade de Dhaka proibiu o uso das sacolas plásticas devido às enchentes de 1988 e 1998, que alagaram dois terços do país, motivadas pelo entupimento do sistema de drenagem e de escoamento de águas do país, pelas sacolas plásticas descartadas (GOTTEMS, 2013).

Em Cuiabá, por exemplo, estima-se que cerca de 5% ou 600 toneladas de lixo produzido por mês, caem no solo e, sem ser coletado, quase sempre acaba escoando para o rio Cuiabá (Gazeta Digital, MT apud SANEAMENTO BASICOa, 2002, apud NEVES; TUCCI, 2003), os canais, lagoas e rios que cortam a região da Barra da Tijuca, Jacarepaguá e Recreio dos Bandeirantes obstruem-se frequentemente com a ocorrência

de chuvas (JB online, RJ apud SANEAMENTO BASICO b, 2002, apud NEVES; TUCCI, 2003).

Com o objetivo de reduzir esses resíduos sólidos é necessário a quantificação desses poluentes de forma a entender a intensidade do problema, para que então possam ser realizadas medidas que venham controlar a chegada desses resíduos no sistema de drenagem e, conseqüentemente, os impactos causados pela disposição inadequada desses resíduos.

3. OBJETIVO

Analisar as metodologias existentes para a quantificação dos poluentes com o intuito de compreender como é realizada a contaminação, e assim propor alternativas para o controle dos resíduos no sistema de drenagem urbana.

4. METODOLOGIA

A quantificação dos resíduos sólidos na drenagem é fundamental para a gestão das águas urbanas. A descrição da metodologia que se segue é proveniente de um estudo de caso de uma bacia hidrográfica de Porto Alegre.

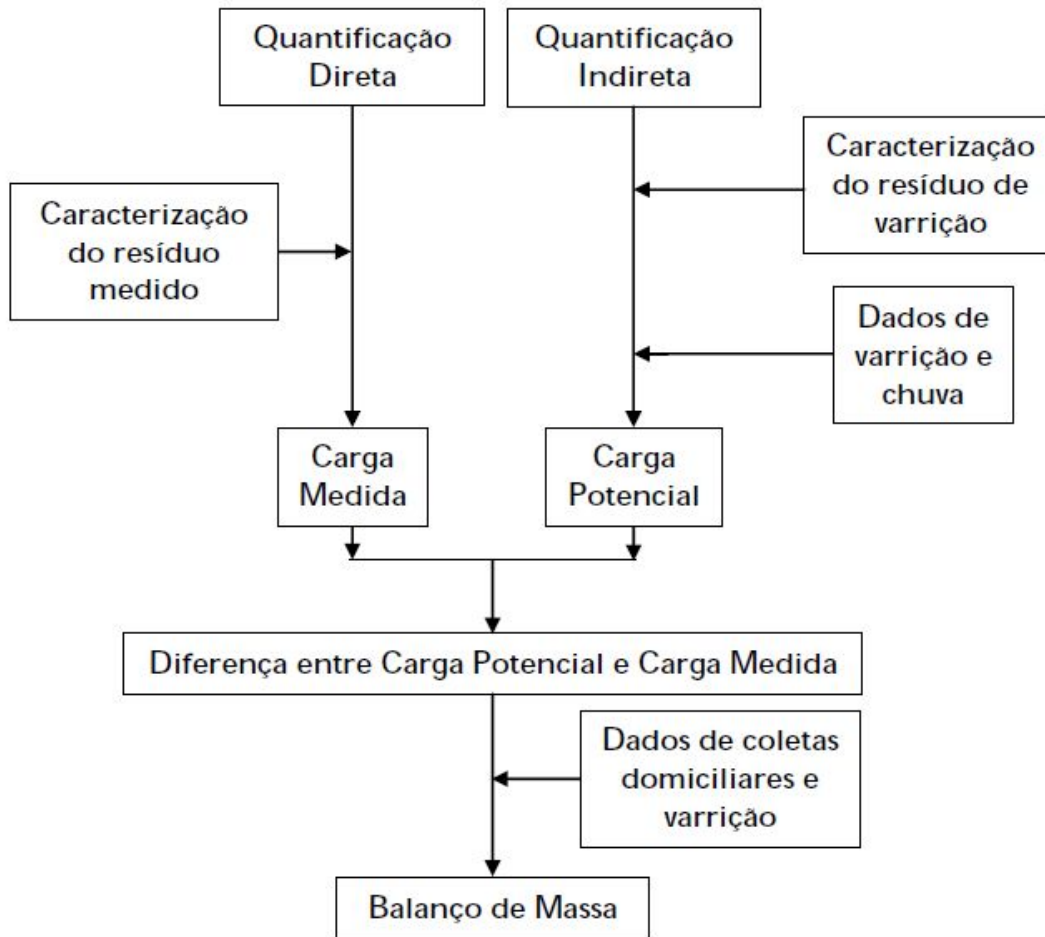
Usou-se dois métodos de quantificação: o método chamado direto e o indireto. No método de quantificação direta são medidos os resíduos na saída da bacia com base na pesagem destes, bem como sua caracterização quanto ao material advindo da rede de drenagem. Já a quantificação indireta mede a quantidade de resíduos na entrada da drenagem a partir dos dados de chuva e varrição diários.

A diferença entre estes dois métodos reside em dois fatores. Primeiro, eles não medem as mesmas variáveis e, segundo, o método de quantificação indireto é um indicativo do valor efetivo.

Para um período de tempo definido, esses valores podem ser expressos como:

$$R_{sb} = R_{ed} + \Delta S$$

Em que R_{sb} é o resíduo na saída da bacia obtido por meio de medidas, R_{ed} o resíduo que entra na drenagem e ΔS a variação de resíduos no sistema de drenagem.



Outro método possível pode ser exemplificado pela bacia hidrográfica Sítio do Tio Pedro que é uma pequena bacia hidrográfica com área de 0,53 km² e apresenta elevada densidade populacional residencial com ruas pavimentadas, urbanização desordenada e sem sistema de coleta de esgotos, onde a cobertura vegetal dominante é de mata nativa e área em urbanização. Já a Bacia Hidrográfica Alto da Colina tem área de 1,81 km², constituída principalmente por áreas de pastagens e cultivo (soja, milho e feijão).

Para a quantificação do material lançado no sistema de drenagem foram instaladas redes transversais ao eixo dos rios, possibilitando a retenção e análise da maioria dos resíduos sólidos transportados. As instalações das redes possuem o mesmo princípio da utilização de dispositivos instalados nas saídas dos condutos de drenagem.

As coletas foram realizadas após cada evento de precipitação, onde o resíduo retido foi quantificado em volume, peso e classificado em matéria orgânica e matéria inorgânica.

Para complementar a análise, também foram estudados métodos complexos para a quantificação de resíduos em outros países, sendo eles África do Sul, Austrália e Estados Unidos. A metodologia usada em cada um é um reflexo direto das características do determinado local. Os métodos usados para a África do Sul e para Austrália levam em consideração a chuva diária, a limpeza urbana e o uso do solo, entre outros aspectos, de forma que apresentam semelhanças conceituais. Dessa forma, serão exemplificados abaixo os fatores mais relevantes para cada tipo de metodologia.

- **Método sul africano:** Para se estimar a carga de resíduos sólidos, este método leva primeiramente em consideração o cálculo da carga total nos cursos de água tomando como relevante o serviço de limpeza das ruas, a carga de vegetação para cada uso do solo, a carga básica para cada uso do solo e a área de cada uso. Continuando, calcula-se a carga por chuva nos cursos de água em função da carga já calculada anteriormente. Para este próximo cálculo o fator determinante é a distribuição das chuvas no tempo. Resumindo, utiliza-se uma fórmula com diversos fatores para determinar a carga de resíduos e depois é feita uma análise hidrológica, assumindo um certo tempo de retorno para produzir um hidrograma.
- **Método australiano:** Também conhecido como Sistema de Suporte à Decisão para a Determinação de Estratégias Efetivas de Retenção de Poluentes Grosseiros (SSD), esse método usa um parâmetro na planilha de cálculo para alterar a influência das práticas de limpeza da região. Por meio do volume de chuva que entra diretamente na metodologia empregada e pela área e usos do solo calcula-se a carga típica de resíduos sólidos.
- **Método americano:** Este método empregado nas estradas americanas, as chamadas freeways, usa vários fatores relevantes para o cálculo. Assim, tem relevância o tempo, tamanho da população, integrantes por veículo, programas anuais de controle de lixo, tráfego diário médio. Existem fatores de dependem de pesquisas realizadas na região a ser estudada, além da precipitação total, da intensidade da chuva, do número de dias anteriores secos, entre outros aspectos. Esse método depende de diversas variáveis, se mostrando muito mais complexo do que os anteriores analisados.

De modo geral, o método utilizado nos Estados Unidos é muito mais complexo do que os outros dois, necessitando de mais informações e abrindo mais margem para erros. Além disso, ele é mais específico, ou seja, não pode ser utilizado no país inteiro, pois considera a conjuntura de cada região e até mesmo o tipo de via a ter a sua drenagem analisada.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste relatório foram analisados métodos de quantificação de resíduos sólidos na drenagem em cinco locais diferentes, sendo três de outros países. Cada método leva em consideração as características específicas de seu respectivo país. Devido a isso, analisaremos apenas os resultados obtidos pelos dois métodos brasileiros, o da bacia hidrográfica de Porto Alegre e o da bacia Sítio do Tio Pedro.

Os resultados obtidos através da bacia de Porto Alegre estão relacionados com a coleta de resíduos e a limpeza urbana, de forma que há coleta domiciliar, coleta seletiva e varrição que abrangem praticamente toda a sua área. Apesar disso, podem haver pontos em que há despejo clandestino domiciliar. Sendo assim, por meio da quantificação direta obteve-se os seguintes resultados:

Data	Pesado (kg)	Fator	Peso corrigido (kg)	Data	Pesado (kg)	Fator	Peso corrigido (kg)
14/11/2003	4,04	0,65	6,22	1/3/2004	0,00	1,00	0,00
17/11/2003	2,23	1,00	2,23	5/3/2004	1,26	1,00	1,26
28/11/2003	0,00	1,00	0,00	8/3/2004	0,00	1,00	0,00
1/12/2003	4,24	1,00	4,24	12/3/2004	1,43	1,00	1,43
5/12/2003	0,78	1,00	0,78	15/3/2004	0,00	1,00	0,00
8/12/2003	0	1,00	0,00	19/3/2004	0,00	1,00	0,00
12/12/2003	18,1	0,65	27,85	22/3/2004	0,00	1,00	0,00
15/12/2003	18,84	0,65	28,98	23/3/2004	0,00	1,00	0,00
19/12/2003	0,00	1,00	0,00	26/3/2004	1,45	1,00	1,45
22/12/2003	2,29	0,65	3,52	29/3/2004	0,31	1,00	0,31
26/12/2003	2,50	1,00	2,50	2/4/2004	0,23	1,00	0,23
29/12/2003	1,43	1,00	1,43	5/4/2004	1,35	1,00	1,35
2/1/2004	1,47	1,00	1,47	9/4/2004	0,07	1,00	0,07
5/1/2004	0,97	1,00	0,97	12/4/2004	0,17	1,00	0,17
9/1/2003	0,00	1,00	0,00	16/4/2004	0,00	1,00	0,00
12/1/2003	0,00	1,00	0,00	19/4/2004	26,55	0,65	40,85
16/1/2003	0,00	1,00	0,00	30/4/2004	1,09	1,00	1,09
19/1/2003	0,00	1,00	0,00	3/5/2004	1,61	1,00	1,61
23/1/2003	0,00	1,00	0,00	4/5/2004	15,68	0,65	24,12
26/1/2004	8,81	0,65	13,56	7/5/2004	13,62	0,65	20,95
30/1/2004	6,89	0,65	10,60	20/5/2004	1,80	0,65	2,76
2/2/2004	0,00	1,00	0,00	22/5/2004	15,00	0,65	23,08
4/2/2004	4,18	0,65	6,43	26/5/2004	3,36	0,65	5,17
5/2/2004	9,55	0,65	14,69	28/5/2004	0,68	0,65	1,05
6/2/2004	4,61	0,65	7,09	3/6/2004	0,79	1,00	0,79
13/2/2004	1,35	1,00	1,35	10/6/2004	13,56	0,65	20,86
20/2/2004	0,00	1,00	0,00	19/6/2004	3,45	0,65	5,31
27/2/2004	0,00	1,00	0,00	total	195,74		287,81

Tabela 1 - Pesos, após secagem, dos resíduos que atingiram o poço da casa de bombas

A medição do volume de resíduos foi obtida na saída de uma detenção, pois neste local há serviço de limpeza de poço. As grades em que os resíduos ficaram retidos têm 5 cm, e elas impedem que os materiais cheguem às bombas. Além disso, antes de chegarem nas grades, eles passam por uma bacia de retenção. Esta bacia de retenção faz parte do material sedimentar e o restante flutuar, sendo este retido em uma grade colocada a jusante, geralmente sobre um vertedor. A eficiência (relação material retido/material total) máxima de retenção é de 65% (Allison et al., 1998).

Importante considerar algumas observações neste método: um zelador trabalha na limpeza da casa de bombas, sendo que a bomba faz com que ocorra uma velocidade maior do material que chega, dificultando a coleta para o zelador e, por último, as águas clandestinas ocasionam aguapés que “diminuem as malhas da grade” já que não há limpeza constante na bacia de retenção. Dessa maneira, há coleta de material inferior a 5 cm, junto com a vegetação. Então, se por um lado o zelador com o seu trabalho e o aguapé na grade aumentam a eficiência de remoção, as bombas forçam parte do material para ultrapassar a barreira da grade, diminuindo a eficiência.

O local foi visitado durante oito meses, e neste período foi observado que quando o material é retirado pelo zelador com a velocidade das águas baixas ou quando bombas são ligadas somente no intuito de esvaziar o poço ou aproximar os resíduos que ainda se encontram longe das grades, a eficiência torna-se praticamente 100%. A eficiência cai quando há elevação rápida do nível o que obriga o acionamento das bombas. Em ocasiões como essa, observaram-se algumas sacolas, umas poucas latas de refrigerante, pequenos pedaços de isopor e outros materiais pequenos passando pelas grades.

Para a quantificação indireta, foram considerados os valores coletados em dias chuvosos e os valores coletados em dias secos. Este método parte do pressuposto de que o valor não coletado nos dias chuvosos atinge a rede de drenagem. Sendo assim, os resultados são apresentados na tabela 2 em que há a caracterização dos resíduos obtidos da varrição e dos resíduos obtidos na saída da rede de drenagem. Pode-se observar que o papel praticamente desaparece, assim como outros resíduos. Nos sacos de varrição apareceram poucas garrafas e demais embalagens tipo PET, bem como latas de refrigerante. Somente após precipitações fortes e/ou ativação mais acentuada das bombas, é que se viam garrafas PET em demasia. Provavelmente, somente com uma onda de cheia pode ocorrer a limpeza dos condutos e canais para os resíduos não se acumularem na rede de drenagem.

Tipo	Entrada na drenagem (%total)	Saída da detenção (%total)
Plásticos, PET e Polipropeleno	42,1	81,77
Papel	39,1	0,76
Tecidos, sapatos, etc	2,6	9,97
Vidros	5,4	2,00
Latas	6,5	2,25
Outros	4,3	3,25

Tabela 2 - Características do resíduo sólido

O método utilizado na bacia do Sítio do Tio Pedro tinha como objetivo avaliar os resíduos sólidos veiculados pela rede de drenagem urbana. A quantificação dessas cargas apresenta grande importância na avaliação do impacto por elas causados e no projeto de medidas estruturais para seu controle. Os resultados obtidos do acúmulo de resíduos sólidos orgânicos e inorgânicos dos dias 25.08.03 até 14.12.03 foram:

Data da Coleta	Data do Evento	Precipitação (mm)	Intensidade de Máx. (mm/min)	Volume (L)	Peso Total (kg)	Material Orgânico (%)	Material Inorgânico (%)		
							Plástico	Metal	Outros
25/08/03	24/08/03	62,57	1,38	100,0	19,30	18,65	54,40	10,88	16,06
22/09/03	28/08/03	6,16	0,28	300,0	34,30	67,93	16,03	7,872	8,16
	07/09/03	31,87	0,28						
	21/09/03	30,81	0,98						
26/10/03	23/09/03	4,78	0,37	700,0	124,2	68,68	9,58	7,407	14,33
	05/10/03	30,56	1,70						
	08/10/03	41,22	0,79						
	19/10/03	23,28	0,19						
	25/10/03	127,87	1,28						
07/11/03	31/10/03	42,65	1,91	90,0	9,40	73,40	15,96	5,319	5,32
26/11/03	12/11/03	41,54	0,66	150,0	24,10	66,80	7,054	1,660	24,48
	16/11/03	71,79	0,74						
	18/11/03	39,14	1,37						
	24/11/03	28,60	0,85						
14/12/03	26/11/03	17,08	0,53	680,0	221,1	86,79	5,11	1,131	6,96
	04/12/03	12,53	0,34						
	08/12/03	41,38	1,01						
	11/12/03	87,87	1,57						

Tabela 3 - Resultados da Bacia Sítio do Tio Pedro

A partir de uma análise dos resultados observa-se que a fração de resíduos sólidos retidos na rede foi, aproximadamente, 73% matéria orgânica e 27% inorgânica

Através da análise dos métodos citados, é preciso de algumas medidas para reduzir os resíduos na rede de drenagem. Esta redução pode ser realizada por meio de duas medidas: medidas estruturais, em que há a colocação de estruturas na entrada de bocas-de-lobo, sarjetas ou instaladas dentro dos canais de drenagem para separar e conter os poluentes grosseiros; e medidas não estruturais, envolvendo mudanças de atitude e ações da comunidade (incluindo o comércio, a indústrias e os residentes), além de um plano de resíduos sólidos eficiente, que reduziria a quantidade desses poluentes na rede de drenagem.

7. CONCLUSÃO

A gestão de águas urbanas é influenciada por uma série de aspectos, dentre eles a quantidade de cargas poluidoras carregadas ao longo da rede de drenagem. Parte destas cargas circulam pela rede por conta de descarte irregular, o que pode reduzir a eficiência hidráulica do sistema como um todo, contribuindo para a ocorrência de entupimentos e enchentes. Por conta disso, é necessário tomar medidas que visem à redução desses resíduos no sistema de drenagem e, para isso, é de extrema importância realizar estudos de quantificação desses poluentes no sistema a ser analisado.

A partir da análise dos métodos de quantificação apresentados neste relatório, é percebido que o processo de quantificação dos resíduos sólidos é dificultado quando as vazões no local analisado são mais elevadas, pois muito material não consegue ser coletado e não entra diretamente nos cálculos. Entretanto, o processo se mostra bastante eficiente para auxiliar a formulação de soluções para reduzir a quantidade de resíduos na rede de drenagem, uma vez que estas situações de vazões altas não são tão frequentes durante o período de coleta de dados.

Conclui-se que é muito importante que tais estudos continuem sendo feitos para melhorar a eficiência dos sistemas de drenagem, mas também é crucial que sejam tomadas medidas preventivas no que diz respeito à quantidade de resíduos sólidos descartados inadequadamente e que acabam atingindo a rede de drenagem urbana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

NEVES, Marllus Gustavo Ferreira Passos das; TUCCI, Carlos E. M. Gerenciamento integrado em drenagem urbana: quantificação e controle de resíduos sólidos. 2003. Disponível em: <http://www.web-resol.org/textos/gerresiduo.pdf> Acessado em: 10 de novembro de 2017.

GOTTEMS, Camila. Educação Ambiental e arte: reutilizando sacolas plásticas e transformando-as em materiais de inspiração e sensibilização ambiental. 2013, Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/658> Acessado em: 10 de novembro de 2017

PEREIRA, Frances Douglas de Santana et FILHO, José Daltro. Drenagem Urbana: Impactos Ambientais provocados pelos resíduos sólidos 2014. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2014/IX-012.pdf> Acessado em: 10 de novembro de 2017.

NEVES, Marllus Gustavo Ferreira Passos das; TUCCI, Carlos E. M. Resíduos Sólidos na Drenagem Urbana: Estudo de Caso. 2008. Disponível em: https://abrh.s3-sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/13/adcbe46ca8bf4894c3e657d6b9382259_231c8db24285ff0ae526fd3bb5fbf54d.pdf Acessado em: 15 de novembro de 2017

NEVES, Marllus Gustavo Ferreira Passos das. Quantificação de Resíduos Sólidos na Drenagem Urbana. 2006. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/11370/000597955.pdf?sequence=1>. Acessado em: 17 de novembro de 2017.