



RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA REDE DE DRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO MEIO, FLORIANÓPOLIS/SC.

Recebido: 07/08/2012

Aprovado: 15/10/2012

¹Taiana Gava

²Alexandra Rodrigues Finotti

RESUMO

A rede de drenagem urbana está entre as principais responsáveis pela veiculação de cargas poluidoras incluindo resíduos sólidos. A identificação de fontes geradoras desta poluição e estudos referentes à quantificação e classificação dos resíduos transportados na rede de drenagem torna-se de relevante importância para a avaliação correta do seu impacto para dar suporte às medidas de gestão e controle. Esse trabalho teve como objetivo analisar as principais características que influenciam no surgimento dos resíduos sólidos na rede de drenagem da Bacia do Rio do Meio, Florianópolis/SC. Foi implantada uma estrutura de monitoramento em uma seção do rio que serviu para coletar os resíduos veiculados. Foi avaliado que aproximadamente 0,27 kg/ha de resíduos são veiculados na rede de drenagem por ano; sendo a maioria composta por plásticos e materiais de construção. Os dados permitiram constatar que o surgimento dos resíduos na rede de drenagem é devido a focos isolados de mau acondicionamento e pela falta de varrição em alguns pontos da bacia. Constatou-se também que o total de precipitação é diretamente proporcional ao surgimento dos resíduos sólidos. Com a descoberta destes fatores, verificou-se que a falta de uma gestão integrada entre os componentes do saneamento deixam passar despercebido medidas estruturais simples, que acabariam por reduzir a quantidade de resíduos sólidos drenados na Bacia do Rio do Meio, eliminando ou reduzindo esta fonte de poluição.

Palavras-chave: drenagem urbana, resíduos sólidos, gestão integrada.

¹ Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
E-mail: taianagava@gmail.com

² Doutora pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
Professora da Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental.
E-mail: finotti@ens.ufsc.br



SOLID WASTE IN DRAINAGE NETWORK OF RIO DO MEIO WATERSHED, FLORIANÓPOLIS/SC

ABSTRACT

The urban drainage network is among the main pollution transport load factors. Researches on the identification of solid waste transported in the drainage network have been considered the allow evaluation of its impact. In this paper we analyze the main characteristics that influences the presence of solid wastes in the drainage network of the Rio do Meio basin, Florianópolis/SC. A metal net was installed in selected river section and monitored after each rain event. The results showed about 0.27 kg/ha.year of waste are carried in the drainage network. The majority being composed of plastics and building materials. Through the analysis of the data, it was possible to verify the presence of waste

in the drainage network is due to poor packaging and to the lack of sweeping in some parts of the basin. It was also found that the total precipitation is directly proportional to the appearance of solid waste. It was concluded that the lack of an integrated management between the components of sanitary system leave unnoticed simple structural measures that ultimately decrease the amount of solid waste in the drainage basin, and that could eliminate this source of pollution.

Keywords: urban drainage, solid waste, integrated management

RESIDUOS SÓLIDOS EN LA RED DE DRENAJE DE LA CUENCA DEL RIO DO MEIO, FLORIANÓPOLIS/SC

RESUMEN

La red de drenaje urbana esta entre las principales responsables por conducir cargas contaminantes. La identificación de estas fuentes generadoras de polución y estudios sobre la cuantificación y clasificación de los residuos transportados en la red, se vuelve de vital importancia para la correcta evaluación de su impacto. Este estudio tuvo como objetivo analizar las principales características que influyen en la aparición de residuos sólidos en la red de drenaje de la cuenca del Rio do Meio, Florianópolis/SC. Como resultados se obtuvo que aproximadamente 0,27kg/ha.ano de residuos son transportados en la red, donde la mayoría es compuesta de plásticos y materiales de construcción. Con las análisis de los datos se pudo

constatar que la aparición de residuos en la red se debe a focos aislados del deficiente contenimiento del residuo y la falta del servicio de barrido en algunos puntos de la cuenca. También se constato que el nivel precipitado es directamente proporcional a la aparición de residuos sólidos. Con el descubrimiento de estos factores se verifico que la falta de gestión integrada entre los componentes del saneamiento, dejan pasar desapercibido simples medidas estructurales que reducirían la cantidad de residuos en la cuenca hidrográfica del Rio do Meio.

Palabras-clave: drenaje urbana, residuos sólidos, gestión integrada



1 INTRODUÇÃO

O crescimento urbano desordenado tem causado uma série de impactos ambientais e preocupações por parte da população e seus gestores, tornando cada vez mais necessária a identificação dos fatores que influenciam na qualidade do meio ambiente. Segundo Neves e Tucci (2008a) a gestão inadequada da infraestrutura de saneamento é uma das causas dos impactos ambientais e da perda de qualidade de vida, sobretudo nos países em desenvolvimento, que ainda não possuem uma base sólida e bem estruturada no que diz respeito ao saneamento. Os mesmo autores ainda afirmam que os componentes de saneamento possuem uma forte interface entre si, impelindo o desenvolvimento urbano com base na gestão integrada, porém o que se percebe é que apenas os problemas são vistos de maneira integrada.

A rede de drenagem urbana está entre as principais responsáveis pela veiculação de cargas poluidoras, constituindo-se em um importante fator de degradação dos corpos hídricos (Tucci, 2002). Esta poluição é considerada difusa, uma vez que provém de diferentes atividades que depositam poluentes de forma distribuída sobre a área de contribuição da bacia hidrográfica. Os resíduos sólidos urbanos (RSU), conforme Tucci, Porto e Barros (1995) são os principais responsáveis pela produção de material sólido em uma bacia hidrográfica urbana de ocupação consolidada. Dentre os principais efeitos dos resíduos sólidos sobre o sistema de drenagem pode-se citar: obstrução dos canais, aumento da frequência de inundações e contaminação das águas.

A identificação de fontes geradoras de poluição e estudos referentes à quantificação e classificação dos resíduos transportados na rede de drenagem torna-se importante para a avaliação correta do seu potencial poluidor, dos impactos gerados e também para fomentar o gerenciamento integrado dos recursos hídricos no meio urbano (Brites, 2005).

No Brasil e a nível internacional, são escassos os dados sobre a quantidade de resíduos sólidos urbanos na rede de drenagem, conseqüentemente não se sabe quais características que influenciam no seu surgimento, os quais são essenciais para uma adequada gestão e redução destes sobre os sistemas. Assim, trabalhos que envolvam a caracterização dos resíduos e a análise das fontes são de grande importância, pois geram informações de apoio ao gerenciamento integrado dos recursos hídricos no meio urbano (Silva, 2010).



Neste sentido, este trabalho teve como objetivo analisar as principais características de uma bacia hidrográfica que influenciam no surgimento dos RSU na rede de drenagem. Foi avaliada a Bacia do Rio do Meio em Florianópolis/SC, através de sua caracterização física e monitoramento dos resíduos veiculados no curso d'água.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A identificação de fontes contribuintes para o surgimento dos resíduos sólidos na rede de drenagem e estudos referentes a sua quantificação e classificação torna-se de grande importância para a avaliação correta do seu potencial poluidor, dos impactos gerados e também para a determinação de medidas de controle adequadas (Brites, 2005). Neves e Tucci (2008b) identificaram estudos realizados em Springs, Johannesburgo e Cidade do Cabo na África do Sul, Auckland, Melbourne e Sydney na Austrália. Além destes estudos foram ainda levantados os seguintes trabalhos no Brasil: Brites (2005) em duas bacias em Santa Maria, RS, Silva (2002) em outra bacia de Santa Maria, RS, Neves (2006) em Porto Alegre, RS e Armelin (2005) em São Paulo. Os dados de caracterização dos resíduos encontrados por esses autores são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Resumo da composição dos resíduos sólidos em sistemas de drenagem urbana em cidades da África do Sul, Austrália e Brasil.

| Local do estudo | Plásticos | Outros |
|---|--------------------------|---|
| Springs/África do Sul | 62% | Poliestireno 11%, latas 10%, papel 10%, vidros 2%, 5% outros |
| Johanesburgo/ África do Sul | 80% do resíduo doméstico | Sedimentos, resíduo doméstico e grandes objetos como pneus de trator |
| Auckland/ Austrália | 65,4% | 3,3% alumínio, 26,8% papel/papelão, 0,5% lata/aço, 0,3% vidro e 3,5% outros |
| Cidade do Cabo/África do Sul | > 50% | Metal, madeira, borracha, principalmente |
| Melbourne/ Austrália | | 90% de vegetação e restante lixo de pessoas em trânsito. Grandes quantidades de papel, plásticos, vidros e metais |
| Sydney/Austrália | | 62% sedimentos, 33% folhas e gramíneas e 5% resíduo sólido doméstico |
| Bacia Cancela, Santa Maria-RS/Brasil | 14,7% | 71,5% de matéria orgânica, 0,4% metal, 4,9% isopor, 0,7% vidro e 7,8% outros do volume total quantificado. |
| Bacia Alto da Colina, Santa Maria-RS/ Brasil | 29% | 62,9% matéria orgânica, 1,3% metal, 1,1% isopor, 0,8% vidro e 5% outros |



| | | |
|--|-----|--|
| Viamão-RS/Brasil (média entre 11 eventos) | 11% | 48% matéria orgânica, 29% de madeira, 9% isopor e 13% outros |
| Bacia Arroio Esperança, Santa Maria-RS/Brasil | 14% | 67% matéria orgânica, 6% madeira processada, 7% vidros, metais, papel e papelão e 6% outros. |

Fonte: Adaptado de Neves e Tucci (2008a)

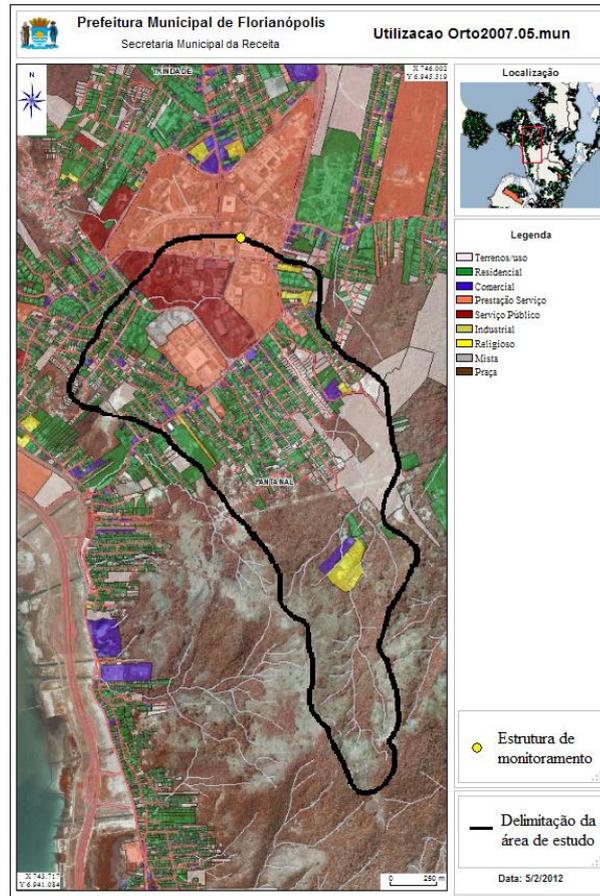
A grande variabilidade de volumes e categorias de resíduos encontrados nos estudos reportados deve-se em parte à própria complexidade do problema, às características sócio-ambientais dos locais estudados, mas também devido ao fato de cada estudo utilizar uma metodologia de coleta dos resíduos diferente o que também pode ser fator de variação nos resultados. A realização de novos estudos e uma padronização de estruturas de coleta pode auxiliar a explicar melhor a problemática dos resíduos sólidos encontrados nas redes de drenagem.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A área objeto desse estudo é uma microbacia do Rio do Meio e fica localizada entre as coordenadas 27°36'0.64" S e 48°30'33.38" O e 27°37'39.60" S e 48°31'39.38" O. Possui aproximadamente 2,44 km² e 68 % da área urbanizada com característica de usos comercial, de serviço público e residencial (Figura 1). Seu principal curso d'água possui 3,59 km de extensão e se divide em dois intervalos distintos: um trecho superior íngreme (0,154 m/m) com aproximadamente 2,85 km de extensão, constituído por trechos naturais, e trechos modificados na porção mais próxima da parte urbanizada no qual já se percebe o lançamento de águas pluviais e de esgoto sanitário. Já o seu trecho inferior, dentro do Campus Universitário da Universidade Federal de Santa Catarina, é caracterizado por uma baixa declividade (0,013 m/m); o canal passa a ter uma seção retangular, revestida de alvenaria em pedra, e vários pontos de lançamento de águas pluviais.



Figura 1 – Mapa de uso e ocupação do solo na bacia do Rio do Meio.



(Prefeitura Municipal de Florianópolis [PMF], 2012)

A seção de monitoramento dos resíduos sólidos drenados (RSDre) foi instalada na parte retificada do Rio do Meio (Figura 01). Sua estrutura era composta de tela de aço de 3 mm de espessura e abertura de 2,0 x 10 cm (base x altura), possibilitando a retenção da maioria dos RSDre. A tela foi fixada nas laterais e no fundo do canal, e presa com cordas à vegetação próxima, garantindo maior estabilidade (Figura 02). O canal possui 4,25 m de base menor, 4,30 de base maior e 1,75 m de altura, fundo revestido em concreto e laterais de alvenaria em pedra. A tela foi posta até uma altura de 1,25 m, deixando o restante, 0,50 m, como extravasor, para ocorrência de possíveis cheias. Entre o fundo do canal e a tela de aço foi instalada uma tela maleável, com menor abertura, visando melhorar a eficiência de retenção.



Figura 2 – Estrutura de monitoramento dos resíduos sólidos drenados.



Fonte: Gava (2012)

A coleta dos RSDre foi realizada após cada evento de precipitação, entre os dias 18 de janeiro a 07 de fevereiro de 2012. Os resíduos retidos na tela foram recolhidos e transportados até o Laboratório de Pesquisa em Resíduos Sólidos da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Os RSDre retidos foram separados, classificados e pesados após estarem secos, obtendo-se a composição gravimétrica do material. Realizou-se também a contagem do material, para melhor análise dos dados. A secagem foi realizada em estufa plástica a temperaturas de até 55°C.

A caracterização adotada para os RSDre foi uma adaptação da proposta de Armitage e Rooseboom (2000) e Brites,(2005), apresentando as categorias constantes da Tabela 2.

O foco principal do monitoramento foi nos resíduos sólidos urbanos provenientes de ações antrópicas. Desta forma a matéria orgânica, presente em grande quantidade nas amostras, não foi contabilizada. Esse material é composto em sua grande maioria por folhas e galhos de tamanho variado que fazem parte da drenagem natural de qualquer curso de água. Em função do foco de estudo, o fato de não se contabilizar a matéria orgânica não compromete a interpretação dos resultados.



Tabela 2. Categorias utilizadas na caracterização dos resíduos sólidos drenados

| Categoria | Materiais |
|--------------------------------|---|
| Plástico | Sacolas, embalagens, recipientes, garrafas, papel de salgadinho, etc |
| Papel | Embalagens, jornais, folhetos, embalagens de comida e bebida, papelão, embalagens Tetra Pak, etc. |
| Metal | Latas, garrafas, tampas de metal, etc. |
| Vidro | Garrafas, pedaços quebrados, lâmpadas, etc |
| Materiais de construção | Janelas, tábuas, escoras, tijolos quebrados, pregos, etc. |
| Outros | Roupas velhas, sapatos, panos, tocos de cigarros, isopor |

Fonte: Os autores, a partir de Armitage e Rooseboom (2000)

Segundo Silva (2010), a produção de RSDre deve possuir uma causa preponderante ou um conjunto de causas, seguindo esta premissa foi analisado um conjunto de possíveis causas para o surgimento dos RSDre com a finalidade de verificar quais delas tiveram maior influência no seu surgimento. Dentre todos os principais responsáveis pelo surgimento dos RSDre apontados por outros autores, optou-se por analisar componentes das características da bacia, da gestão dos resíduos sólidos e dos eventos de precipitação conforme sintetizado na Tabela 3.

Em relação às características da bacia foram analisadas a influência da área e do uso e ocupação do solo. Avaliou-se, através da comparação com outros trabalhos, a proporcionalidade entre o nível de consolidação da ocupação da bacia e sua área com a quantidade de resíduos presentes nas estruturas de monitoramento.

No que se refere ao gerenciamento de resíduos sólidos foram avaliados o acondicionamento dos resíduos sólidos, a frequência de varrição e limpeza de bocas de lobo e canais. Os dados sobre a gestão dos resíduos foram levantados junto aos órgãos responsáveis e através de campanhas de observação na bacia. As informações sobre a gestão dos RSU foram obtidas na Prefeitura Universitária da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), órgão responsável pela gestão da limpeza no Campus Universitário e com a Companhia Melhoramentos da Capital (COMCAP), órgão responsável pela limpeza urbana do município de Florianópolis.

Sobre a precipitação foram selecionados a intensidade de precipitação e os dias secos antecedentes ao evento. Os dados de precipitação foram cedidos pelo Laboratório de Energia



Solar da UFSC. Este possui uma estação meteorológica localizada no Departamento de Engenharia Mecânica localizada nas coordenadas 27°36' S e 48°30' O (Laboratório de Engenharia de Processos de Conversão e Tecnologia de Energia [LEPTEN], 2012), distante aproximadamente 120 metros da estrutura de monitoramento deste projeto.

Tabela 3. Fatores pesquisados que podem interferir na presença de RSDre

| Fatores | Elementos de análise | Método de obtenção dos dados |
|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| Características da bacia | Área | Geoprocessamento |
| | Uso e ocupação do solo | Geoprocessamento |
| Gerenciamento dos resíduos sólidos | Acondicionamento dos resíduos sólidos | COMCAP, UFSC, observação direta |
| | Frequência de varrição | COMCAP, UFSC |
| | Limpeza de bocas de lobo e canais | COMCAP, UFSC |
| Precipitação | Intensidade de precipitação | LEPTEN |
| | Número de dias secos antecedentes | LEPTEN |

Fonte: os autores (2012)

4 RESULTADOS

Foram contabilizados 5 eventos de precipitação, os quais corresponderam a 5 amostras de RSD, totalizando 3,68 kg de RS e 200 itens. Os valores obtidos no monitoramento são apresentados no gráfico da Figura 3. A partir destes dados chegou-se a composição gravimétrica dos RSDre acumulados na Bacia do Rio do Meio, a qual pode ser observada na Figura 4. A Figura 5 é referente às porcentagens do número de itens encontrados.

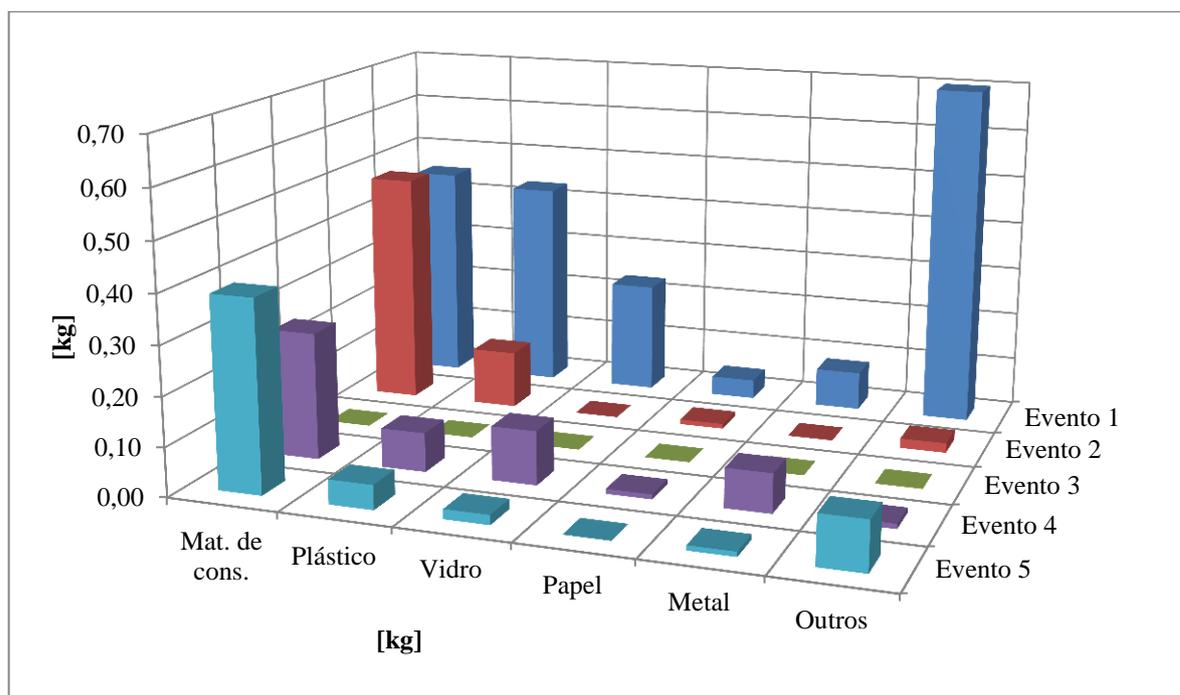
A categoria materiais de construção representa 43% do total retido pela tela, os quais eram compostos na grande maioria de madeira processada. Silva (2010) encontrou cerca de 18,7% de madeira processada em sua pesquisa, ficando atrás apenas da categoria plástico, com 43,6%.

O que contribuiu para que a categoria materiais de construção aparecesse em primeiro lugar, contrariando os trabalhos anteriores, foram as barras de aço retidas no segundo evento, as quais tinham elevada massa. Tanto que ao confrontar a composição gravimétrica com o número de itens encontrados, tem-se que a categoria materiais de construção aparece com 8%, ficando atrás das categorias outros e plástico, com 45% e 38% respectivamente.



O plástico apareceu como terceira categoria mais encontrada na drenagem. Os plásticos ocorreram de forma bastante variada como garrafas de plástico rígido, sacolas, papéis de bala, dentre outros, não se destacando nenhum tipo específico. Na maior parte dos estudos os plásticos representam a principal categoria dos RSDre. No trabalho de Brites (2005) a categoria plástico também apareceu como maior contribuinte dos RSDre, sendo 52,8% na a Bacia Cancela e 75,2% na Bacia Alto da Colina.

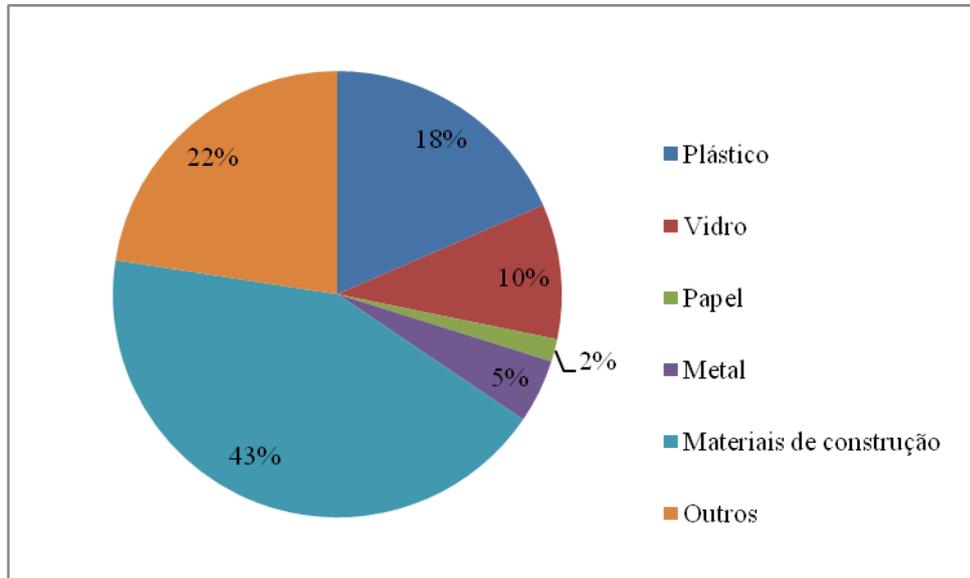
Figura 3 – Caracterização dos RSDre por evento de precipitação



Fonte: Gava (2012)



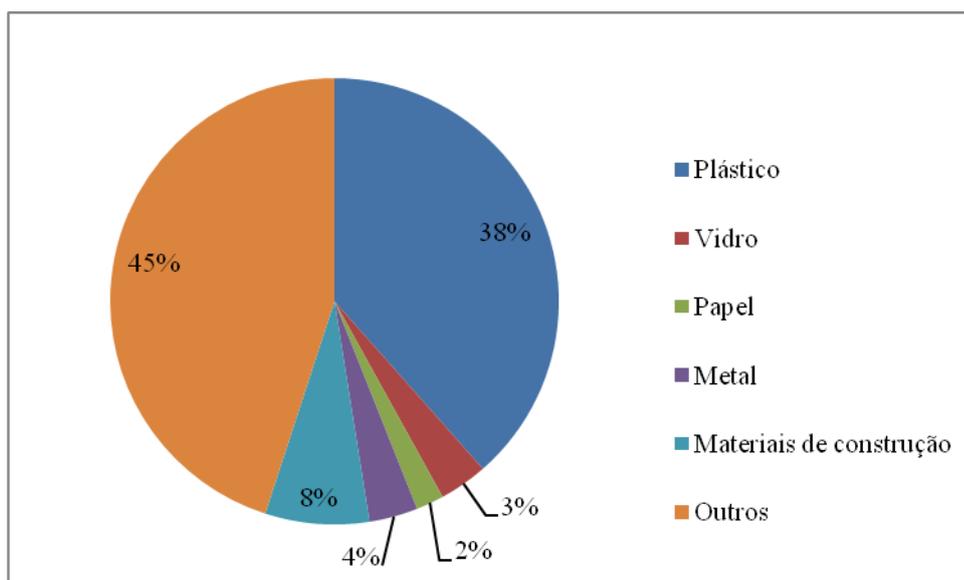
Figura 4 – Composição gravimétrica dos RSDre na totalidade dos eventos.



Fonte: Gava (2012)

Devido ao número elevado de pontas de cigarros retidos na tela, a categoria outros apareceu em primeiro lugar no número de itens. Estas ficavam retidas na tela devido à barreira que as folhas criavam ao ficarem presas também. Foram contabilizadas mais de 50 pontas de cigarro, além de pedaços de tecido e isopor, porém estes em quantidades e frequência não expressivas.

Figura 5 – Porcentagem de itens dos RSDre na totalidade dos eventos.



Fonte: Gava (2012)



Levando em consideração a abertura da tela, e que mesmo assim ficou retido um número significativo de pontas de cigarro, pode-se inferir que há uma quantidade muito grande deste material veiculado na rede de drenagem, chamando a atenção para a questão do microlixo.

A categoria vidro representou 10% na composição gravimétrica, destaca-se a lâmpada fluorescente retida na tela no primeiro evento. Segundo Zveibil (2001), as lâmpadas fluorescentes são classificadas como resíduos Classe I, Perigosos, devendo ser tratadas e gerenciadas como se fossem lixo tóxico.

A categoria papel compôs 2% do material quantificado, não sendo sua representação significativa, provavelmente por se decompor em contato com a água.

A categoria metal também não apresentou valores significativos, sendo representado principalmente pelas latas de bebidas. No quarto evento foi retida uma lata spray de tinta acrílica para superfícies metálicas, que contém em sua composição os elementos classificados como resíduos Classe I, Perigosos (ABNT, 2004).

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Buscou-se correlacionar o aparecimento dos resíduos sólidos na drenagem com os critérios de uso e ocupação do solo, área da bacia, frequência de varrição, acondicionamento e coleta e com as características da precipitação.

5.1 ANÁLISE ENTRE AS CARACTERÍSTICAS DA BACIA E O SURGIMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DRENADOS

O uso e ocupação do solo constituem um importante fator a relacionar com as variações na quantidade de RSDre, devido às interferências proporcionadas pela urbanização. Na Tabela 4 foram compilados alguns resultados de trabalhos realizados anteriormente e colocados em ordem decrescente de urbanização. Pode-se perceber que a quantidade de resíduos decresce juntamente com o decréscimo da urbanização, ou seja, tendem a ser diretamente proporcionais.



Tabela 4 – Relação entre uso e ocupação do solo e a quantidade de RSDre.

| Local | Descrição do uso e ocupação | Massa [kg/ha.ano] | Fonte |
|--------------------------------------|-----------------------------|-------------------|----------------------------|
| Bacia Esperança, Santa Maria/RS | Urbana = 100% | 12,3 | Silva (2010) |
| Melbourne, Austrália | Urbana = 100% | 6 | Neves e Tucci (2008a) |
| Sub-bacia CB12, Porto Alegre/RS | Urbana = 100% | 2,25 | Neves (2006) |
| Bacia Rio do Meio, Florianópolis/SC | Urbana = 68% | 0,27 | |
| Bacia Cancela, Santa Maria/RS | Urbana = 56% | 1,47 | Brites e Gastaldini (2007) |
| Bacia Alto da Colina, Santa Maria/RS | Urbana = 22% | 0,91 | Brites e Gastaldini (2007) |

Fonte: os autores (2012)

O resultado desta pesquisa não se enquadrava com a tendência descrita acima, demonstrando não ser este o fator preponderante sobre o surgimento dos RSDre nesta bacia. Este resultado pode ser reflexo do curto período de monitoramento realizado na Bacia do Rio do Meio, comparado com o das outras pesquisas, as quais superaram 4 meses.

Ao verificar o comportamento dos RSDre em comparação com o tamanho da bacia (Tabela 5), observa-se que as bacias pequenas apresentam maiores quantidades de RSDre se comparadas com as bacias de área maior. Pode ser que nas bacias pequenas a distância percorrida pelo resíduo até chegar à rede de drenagem seja menor e, portanto, o resíduo teria menos risco de ficar retido em obstáculos presentes na superfície do solo e adentrariam mais facilmente a rede de drenagem. O relevo e a densidade da rede de drenagem são outras características da bacia que poderiam ser usadas para elucidar esta relação. Entretanto a quantidade encontrada no Rio do Meio foi bem menor que nas outros estudos.

Tabela 5 – Relação entre a área da bacia e a quantidade de RSDre.

| Local | Área [ha] | Massa [kg/ha.ano] | Fonte |
|--------------------------------------|-----------|-------------------|----------------------------|
| Melbourne, Austrália | 50 | 6 | Neves e Tucci (2008a) |
| Bacia Esperança, Santa Maria/RS | 57 | 12,3 | Silva (2010) |
| Sub-bacia CB12, Porto Alegre/RS | 192 | 2,25 | Neves (2006) |
| Bacia Rio do Meio, Florianópolis/SC | 244 | 0,27 | |
| Bacia Alto da Colina, Santa Maria/RS | 334 | 0,91 | Brites e Gastaldini (2007) |
| Bacia Cancela, Santa Maria/RS | 495 | 1,47 | Brites e Gastaldini (2007) |

Fonte: Gava (2012)



5.2 ANÁLISE ENTRE OS ELEMENTOS DE GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS E O SURGIMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DRENADOS

A gestão dos RSU dentro da bacia divide-se entre dois órgãos: Prefeitura Universitária da UFSC, responsável pela área da universidade; e a Companhia Desenvolvimento da Capital (COMCAP), responsável pelo restante da bacia. A Figura 6 ilustra esta subdivisão.

Limpeza de bocas de lobo e canais

A limpeza dos canais dentro da UFSC é realizada duas ou três vezes ao ano. Segundo a Prefeitura Universitária, a última limpeza foi realizada na metade do ano de 2011, o órgão não soube informar a data precisa. No restante da bacia não são realizadas limpezas, provavelmente devido às características naturais do leito e também sua declividade, que não é propensa ao depósito de sedimentos.

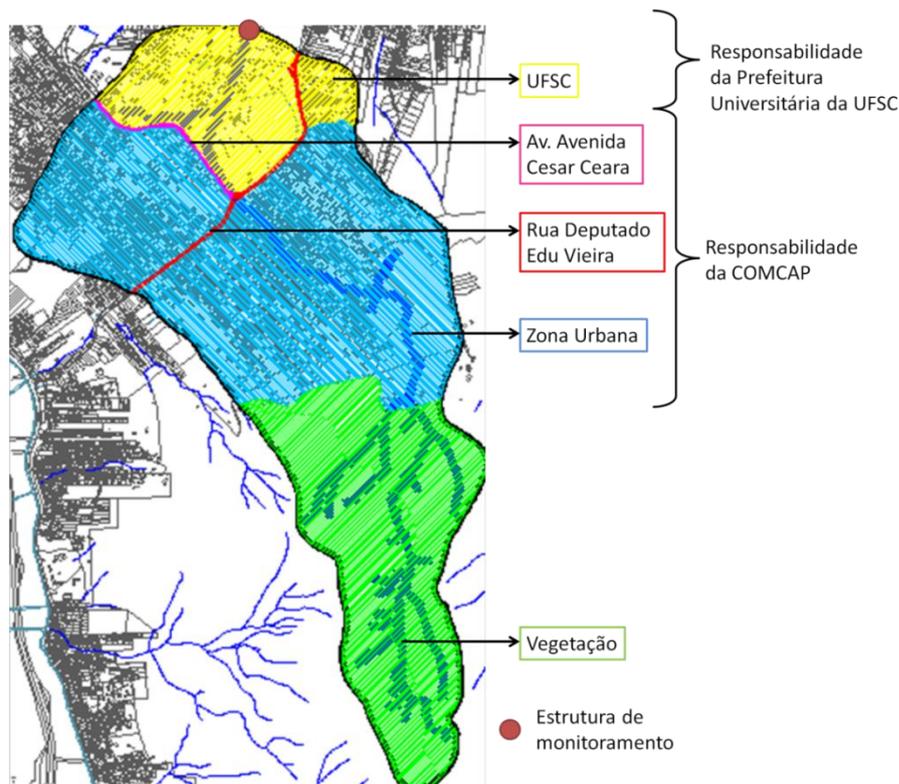
A limpeza de bocas de lobo é realizada pela Secretaria de Obras da Prefeitura de Florianópolis, a qual informou que não houve limpeza de bocas de lobos na área de estudo. Como relatado, não houve remoção de materiais na rede de drenagem, não influenciando, portanto no surgimento dos RSDre.

Varrição

O campus da UFSC é varrido diariamente e os resíduos são colocados em sacolas plásticas e dispostos em locais pré-estabelecidos, para posterior coleta. A varrição é realizada por uma equipe terceirizada coordenada pela Prefeitura Universitária. No restante da bacia, segundo a COMCAP, o serviço de varrição atende somente a Rua Deputado Edu Vieira e a Avenida Cesar Ceara (Figura 6); uma ou duas vezes na semana. Essas duas avenidas são as de maior porte na área de estudo. Como concentram o comércio local a quantidade de pedestres que por elas circula é bem mais significativa que as demais vias. Por outro lado, a área do campus da UFSC também apresenta pontos de grande circulação de pedestres.



Figura 6 – Localização das áreas sobre responsabilidade da Prefeitura Universitária da UFSC e COMCAP.



Fonte: Gava (2012)

Unindo as informações sobre a varrição tem-se que apenas 16,8% da bacia é contemplada com este tipo de serviço, sendo a extensão varrida pela COMCAP pouco significativa, se comparado com a prestação de serviço realizada pela UFSC, porém não menos importante. Segundo Neves (2006), nas áreas comerciais, onde há um grande número de pessoas, a probabilidade de se encontrar resíduos nas sarjetas é maior, sendo essencial o serviço de varrição.

Na saída a campo foi constatado que dentro do Campus Universitário havia uma pequena quantidade de resíduos pelas ruas e nas margens do rio, demonstrando que apesar da área ser varrida diariamente, esta não cobre a totalidade da superfície. A maioria destes resíduos eram sacolas e copos plásticos.

Levando em consideração os resultados e o que foi constatado em campo, pode-se afirmar apenas que há uma tendência de que os RSDre sejam provenientes, em parte de alguns focos espalhados pela UFSC e pela vias Deputado Edu Vieira e Cesar Ceara, e em parte da área residencial que não é contemplada pelo serviço de varrição.



Acondicionamento e coleta dos resíduos sólidos

Dentro do campus a coleta é realizada de maneira conjunta entre a COMCAP e a Prefeitura da UFSC. Existem pontos dentro da universidade que são próprios para o armazenamento dos resíduos gerados nos departamentos e pela varrição. Uma equipe de limpeza da Prefeitura Universitária passa diariamente por estes pontos coletando a maioria dos resíduos e os leva até um container localizado atualmente no estacionamento do Centro de Ciências da Saúde. A coleta realizada diariamente pela COMCAP recolhe, no período da noite, o restante dos resíduos deixados pela equipe da Prefeitura e aqueles contidos no container.

Observou-se, na saída a campo, que existem dois pontos de armazenamento de resíduos próximos ao Rio do Meio dentro da UFSC e que apresentavam problemas. Um deles apresenta uma grande proximidade com a seção de monitoramento e é um dos principais focos de contribuição para os RSDre.

Figura 7 – Ponto irregular de acondicionamento de resíduos (próximo a estrutura de monitoramento).



Fonte: Gava (2012)



O ponto mostrado na Figura 7 está localizado na entrada do estacionamento do Centro Tecnológico. Nota-se uma grande quantidade de resíduos espalhados pelo chão, sem nenhuma forma de acondicionamento, propensos a serem carregados com a chuva ou mesmo levados com o vento até o canal que esta a menos de 7 metros.

Outro ponto de armazenamento de resíduos, localizado a montante da tela de monitoramento, continha lâmpadas fluorescentes, algumas quebradas, jogadas no chão e outras dentro do leito do rio. Lembrando que no primeiro evento ficou retida uma lâmpada fluorescente, provavelmente originada deste ponto.

Ainda dentro do Campus Universitário foi encontrado um ponto inadequado de acúmulo de material, bem próximo à estrutura de monitoramento. Este material era composto de restos de materiais de construção, sendo a grande maioria madeira processada, presentes nos resultados de monitoramento. Não foram encontrados outros focos de depósito de resíduos da construção civil ao longo da bacia. No restante da bacia, onde a coleta domiciliar é feita diretamente nas casas, não foram encontrados locais de armazenamento ou depósito inadequado de resíduos sólidos.

A coleta nesta área é atendida por dois roteiros diferentes, um atende as ruas três vezes por semana no período vespertino e o outro, diariamente no período da noite. Ressalva-se que a regularidade da coleta é um fator que contribui para evitar pontos irregulares, pois a população quando habituada com a coleta e não joga os resíduos em qualquer local. A COMCAP também realiza coleta seletiva uma vez por semana nestes locais.

Há uma tendência então, de que os resíduos que foram retidos na estrutura de monitoramento sejam originados no Campus Universitário, e grande parte pelo acondicionamento inadequado destes, porém é difícil saber a sua magnitude de contribuição, cabendo apenas afirmar que este elemento contribui para o surgimento dos RSDre.

Silva (2010) cita em seu trabalho que visualmente havia uma grande quantidade de RSU dispersa em alguns locais da bacia e que a presença dos resíduos da classe “outros” na sua estrutura de monitoramento provavelmente foi devido ao esquecimento da população de seus objetos no terreno de suas casas, que com a precipitação eram carregados. O autor não relaciona diretamente o acondicionamento dos resíduos com o surgimento destes na rede de drenagem, parte do princípio que a população joga os resíduos no rio. Comportamento semelhante foi verificado na bacia do Rio do Meio com as sacolas plásticas com dejetos de animais encontradas em alguns dos eventos monitorados.



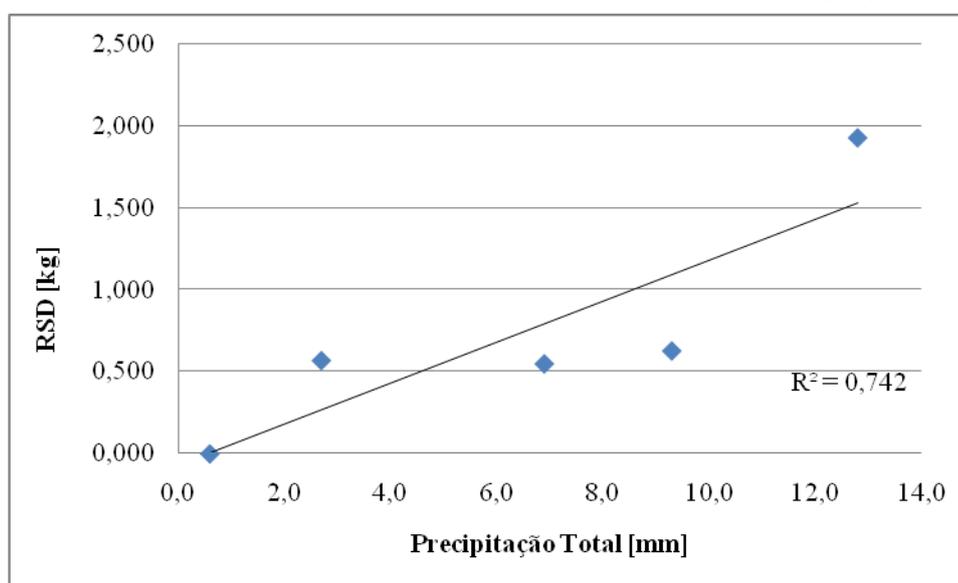
Na área estudada por Neves (2006) a coleta era realizada diretamente nas casas, no período da noite, três vezes por semana, sendo a área predominantemente residencial. O autor também não relaciona diretamente o acondicionamento dos resíduos com a problemática, ainda afirma que os resíduos domiciliares possuem menor risco de atingir a rede de drenagem, do que os de varrição, foco de seu trabalho.

De maneira geral os trabalhos já realizados sobre o tema relacionam a categoria “gestão dos resíduos sólidos” de forma global com o surgimento dos RSDre, e não elementos específicos daquela como foi feito neste trabalho.

5.3 ANÁLISE ENTRE A PRECIPITAÇÃO E O SURGIMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DRENADOS

O gráfico da Figura 8 apresenta a correlação realizada entre a quantidade de resíduos sólidos retidos na estrutura de monitoramento e a precipitação total para cada evento.

Figura 8 – Gráfico da correlação entre resíduos sólidos drenados e a precipitação total



Fonte: Gava (2012)



A quantidade total de RSDre apresentou tendência crescente com o aumento da precipitação, porém, como afirma Brites (2005), para uma melhor análise seriam necessários mais eventos com características semelhantes, possibilitando uma correlação múltipla entre os parâmetros, pois o transporte de resíduos sólidos pela drenagem está relacionado a mais de um parâmetro, como intensidade máxima de precipitação, volume escoado e disponibilidade de resíduos sobre a superfície da bacia.

Ao analisar outros trabalhos verifica-se que todos apresentaram proporcionalidade direta entre a precipitação e o total de RSDre. A Tabela 6 mostra os resultados dos trabalhos de Brites (2005), Silva (2010) e desse presente artigo. Estes dois trabalhos foram selecionados para esta análise por apresentarem características semelhantes na estrutura e metodologia de monitoramento.

Tabela 6 – Comparação entre os coeficientes de determinação para a correlação entre precipitação e quantidade de RSDre.

| Bacia | Coefficiente de determinação | Fonte |
|----------------|------------------------------|---------------|
| Cancela | $R^2 = 0,4093$ | Brites (2005) |
| Alto da Colina | $R^2 = 0,131$ | Brites (2005) |
| Esperança | $R^2 = 0,734$ | Silva (2010) |
| Rio do Meio | $R^2 = 0,742$ | |

Fonte: Gava (2012)

Através do coeficiente de determinação (R^2), nota-se que a Bacia do Rio do Meio apresentou o valor de R^2 mais próximo a um, indicando que o total de precipitação pode ser um dos principais fatores contribuintes para surgimento dos RSDre.

Conforme a Tabela 7 observou-se que a quantidade de dias secos antecedentes aos eventos não apresentou relação de proporcionalidade com a quantidade de resíduos sólidos retidos na estrutura de monitoramento. Brites (2005) obteve o mesmo resultado em sua pesquisa.

Tabela 7 – Relação entre os dias secos antecedentes ao evento e a quantidade de RSDre.

| Evento | Número de dias secos antecedentes ao evento | RSDre[kg] |
|--------|---|-----------|
| 1 | 5 | 1,93 |
| 2 | 0 | 0,629 |



| | | |
|---|---|------|
| 3 | 0 | 0 |
| 4 | 8 | 0,55 |
| 5 | 0 | 0,57 |

Fonte: os autores (2012)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A quantificação dos resíduos sólidos drenados na Bacia do Rio do Meio apresentou as categorias: plástico, materiais de construção e outros, como as categorias mais significativas, representando mais de 83% do total em massa e 91% do total em número de itens. As categorias metal, vidro e papel resultaram em 17% de massa e 9% em número de itens.

Embora as categorias plástico e materiais de construção tenham aparecido entre os mais quantificados, um dos grandes problemas encontrados na bacia é a questão do microlixo, presente na categoria outros. Foram quantificadas mais de 50 pontas de cigarro, além dos papéis de bala, num curto período de monitoramento e com telas de abertura superiores aos seus tamanhos. Outro problema apontado pelos resultados está na periculosidade dos resíduos encontrados, e não na sua quantidade, como constatado.

Ao confrontar o resultado desta pesquisa com outros trabalhos verificou-se que o uso e ocupação do solo não são fatores que influenciam no surgimento dos RSDre; e que o tamanho da bacia também não é um fator relevante, ou seja, as características da bacia analisadas neste trabalho não influenciam no surgimento dos RSDre.

Dentre os elementos de gestão dos resíduos sólidos analisados a limpeza de bocas de lobo e de canais não influenciou o surgimento dos RSDre. Já o acondicionamento dos resíduos apresentou ser um dos componentes que influencia no surgimento dos RSDre. Sugere-se, como medida estrutural para os dois pontos identificados, a realocação destes para locais um pouco mais afastados das margens do rio e também de bocas de lobo e a aquisição de contêineres de grande porte.

O serviço de varrição é um componente fundamental na remoção dos resíduos sólidos. Apesar de não quantificado o total de resíduos removido pela varrição, conclui-se que os resíduos são originados parte pela área da bacia que não é contemplada pelo serviço e parte pela baixa frequência de varrição nas ruas de grande movimento. Dentro da UFSC, os resíduos que contribuíram foram aqueles encontrados ao longo das margens do canal e



provenientes dos focos verificados em campo. Para a área dentro da universidade, propõe-se a intensificação da varrição nas margens do rio e uma revisão dos locais de varrição, com a finalidade de cobrir os focos de contaminação. A intensificação dos serviços de varrição antes da precipitação pode ser uma solução para amenizar o surgimento dos resíduos sólidos. Esta medida pode ser tomada com o acompanhamento das previsões do tempo para a região.

A forma em que o serviço de coleta é realizado na bacia faz com que este elemento da gestão não seja um fator de contribuição.

O total de precipitação também resultou ser um fator que influencia no surgimento dos resíduos sólidos, através dos resultados constatou-se que há uma proporcionalidade direta entre a quantidade de resíduos sólidos e o total precipitado para a Bacia do Rio do Meio; seguindo a tendência de outros trabalhos.

É importante reconhecer que deve haver uma conscientização dos funcionários que atuarão na limpeza e da população, caso contrário nada adiantará as mudanças estruturais se a população continuar com os mesmos hábitos e os funcionários não atuarem de maneira eficaz por falta de informação.

Com a descoberta dos fatores que influenciam no surgimento dos RSDre verificou-se que a falta de uma gestão integrada entre os componentes do saneamento deixam passar despercebido medidas estruturais simples que acabam por diminuir a quantidade de resíduos sólidos drenados, ou seja, os problemas encontrados por este trabalho são reflexos de uma gestão não integrada entre os resíduos sólidos e a drenagem, principalmente dentro da Universidade. Lembrando que a drenagem faz parte da infraestrutura urbana, portanto deve ser planejada com os outros sistemas, principalmente o esgotamento sanitário, disposição de materiais e tráfego (Tucci, 2002).

REFERÊNCIAS

Armelin, L.F. (2005) A questão do acúmulo de resíduos sólidos em bacias de detenção urbanas na região metropolitana de São Paulo. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.



Armitage, N. & Rooseboom, S. (2000) The Removal of Litter from Stormwater Conduits and Streams: Paper 1 – The Quantities Involved and Catchment Litter Management Options. *Water S.A.*, 26(2), 181-187.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2004). NBR 10004:Resíduos sólidos: classificação. 2. ed. Rio de Janeiro (RJ): ABNT. VI,71p.

Brites, A. P. Z e Gastaldini, M. do C. C. (2007). Avaliação da carga poluente no sistema de drenagem de duas bacias hidrográficas urbanas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 12(4), 211-221.

Brites, A. P. Z. (2005). Avaliação da qualidade da água e dos resíduos sólidos no sistema de drenagem urbana. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Gava, T. (2012). Análise das características que influenciam no surgimento dos resíduos sólidos urbanos na rede de drenagem da bacia hidrográfica do Rio do Meio, município de Florianópolis/SC. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.

Laboratório de Engenharia de Processos de Conversão e Tecnologia de Energia (LEPTEN). (2011). Laboratório de Energia Solar. Estações on-line: Florianópolis. Recuperado em 25 abr. 2012, de <http://www.lepten.ufsc.br/estacoes/florianopolis.html>.

Neves, M. G. F. P. das. (2006). Quantificação de resíduos sólidos na drenagem urbana. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

Neves, M. G. F. P. & Tucci, C. E. M. (2008a). Resíduos Sólidos na Drenagem Urbana: Aspectos Conceituais. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 13(3) 125-135.



Neves, M. G. F. P. & Tucci, C. E. M. (2008b). Resíduos Sólidos na Drenagem Urbana: Estudo de Caso. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 13(4) 43-53.

Prefeitura Municipal de Florianópolis. (2012) Geoprocessamento Corporativo. Recuperado em 10, fevereiro, 2012, de <http://geo.pmf.sc.gov.br>.

Silva, A. S. da. (2010). Resíduos sólidos drenados em sub-bacia hidrográfica urbana em Santa Maria - RS. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Tucci, C E. M.; Porto, R.la L. & Barros, M. T. de. (1995). Drenagem urbana. Porto Alegre: ABRH, Ed. da UFRGS.

Tucci, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. (2002). *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 7(2) 5-27.

Zveibil, V. Z. (Org.). (2001). Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos. (15a ed). Rio de Janeiro: IBAM.