

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**RESÍDUOS SÓLIDOS DRENADOS EM SUB-BACIA
HIDROGRÁFICA URBANA EM SANTA MARIA - RS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Alessandro Salles da Silva

Santa Maria, RS, Brasil

2010

RESÍDUOS SÓLIDOS DRENADOS EM SUB-BACIA HIDROGRÁFICA URBANA EM SANTA MARIA - RS

por

Alessandro Salles da Silva

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Civil.**

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Lopes da Silveira

Santa Maria, RS, Brasil

2010

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado.

**RESÍDUOS SÓLIDOS DRENADOS EM SUB-BACIA HIDROGRÁFICA
URBANA EM SANTA MARIA - RS**

elaborada por
Alessandro Salles da Silva

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Civil

COMISSÃO EXAMINADORA

Geraldo Lopes da Silveira, Dr.
(Presidente/Orientador)

Galileo Adeli Buriol, Dr. (UNIFRA)

Delmira Beatriz Wolff, Dra. (UFSM)

Santa Maria, 04 de fevereiro de 2010

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Universidade Federal de Santa Maria

RESÍDUOS SÓLIDOS DRENADOS EM SUB-BACIA HIDROGRÁFICA URBANA EM SANTA MARIA - RS

AUTOR: ALESSANDRO SALLES DA SILVA

ORIENTADOR: GERALDO LOPES DA SILVEIRA

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 04 de fevereiro de 2010.

A deposição inadequada de resíduos sólidos em regiões urbanizadas gera problemas em riachos, como a poluição dos mananciais e a obstrução de canais, que podem causar inundações, as quais, além de impactos econômicos, podem causar severos danos à saúde da população. Assim, é importante o desenvolvimento de ferramentas que permitam avaliar a efetividade e o impacto de ações de forma a gerar subsídios ao processo de tomada de decisão pelos gestores municipais. Propõe-se, neste estudo, desenvolver uma metodologia para reter os resíduos sólidos carregados até o arroio Esperança, além de quantificar e qualificar estes resíduos conforme a resolução do CONAMA n.º 275 e relacioná-los com os dados de precipitação pluviométrica. A importância destes procedimentos decorre do elevado risco de danos ambientais que os resíduos sólidos podem causar nas redes de drenagem. Para tanto, foi instrumentada uma pequena bacia (0,57km²) no centro urbano de Santa Maria, RS, com uma estação fluviométrica com calha Parshall, onde projetou-se uma estrutura para a detenção do resíduo sólido carregado pelo riacho, baseada em cestos coletores. Seguindo as normas de padrão de cores da resolução 275 do CONAMA, foram identificados os principais materiais dispostos de forma inadequada pela população e que atingiram o arroio. Comprovou-se, em termos operacionais, a eficiência da estratégia de retenção de resíduos por eventos pluviosos isolados, pois permite a mobilização das pessoas em função de previsões meteorológicas de tempo. Os resultados referentes à estrutura de monitoramento foram satisfatórios, pois os resíduos foram retidos em cada evento de precipitação de forma efetiva. O monitoramento dos resíduos sólidos urbanos - RSD resultou em 73% de matéria orgânica e 27% de materiais inorgânicos, sendo destacada a significativa presença de plástico devido à grande utilização deste material pela população, representando 14% do volume retido e os principais constituintes foram sacolas de supermercado e embalagens de doces e salgados. A classificação "outros" também foi expressiva, representando 6% do total quantificado e, em sua maioria, foram representados por fraldas descartáveis e calçados. A curva de previsão de RSD é um parâmetro para a tomada de decisão dos gestores municipais em relação aos resíduos sólidos gerados no âmbito da bacia escola urbana, pois relaciona os RSD carregados no arroio Esperança em função da precipitação pluviométrica. O total de RSD carregado, no período de um ano, no arroio Esperança correspondeu a aproximadamente 10.000Kg com uma precipitação total para o período de 1.572mm. Os resultados observados evidenciam a grande quantidade de material inorgânico afetando a qualidade da água da bacia e aflora os questionamentos acerca da sensibilização ambiental da população da cidade, o que denota a importância de ações que visem a educação ambiental. A identificação de forte interferência humana na bacia revela os riscos ambientais a que o arroio Esperança está submetido e gera informações de apoio no processo de gestão municipal de resíduos sólidos.

Palavras-chave: recursos hídricos, poluição hídrica, educação ambiental.

ABSTRACT

Master's Dissertation
Graduate Program in Civil Engineering
Federal University of Santa Maria

SOLID DRAINAGE WASTE IN A HIDROGRAFIC URBAN SUB WATERSHED AT SANTA MARIA - RS

AUTHOR: ALESSANDRO SALLES DA SILVA

ADVISOR: GERALDO LOPES DA SILVEIRA

Place and date of defense: Santa Maria, February 4th, 2010.

The inappropriate solid waste destination in urban regions create problems in streams flows such as pollution of water sources and obstruction of channels, which can cause flooding, which in addition to economic impacts, can cause severe damage to population human health . With this it is important to have tools that allow the effectiveness evaluation and the action impact in a way to generate benefits to the process of decision making by municipal managers. It is proposed in this work develop a methodology to contain the solid waste carried to Esperança's watershed, quantity and qualify these solid drainage waste – SDW according to CONAMA's resolution 275 in relation to total rainfall in each event. The importance of these procedures follows the high risk of environmental damage that solid waste can cause in drainage networks. So, a sub watershed (0,57 Km²) was evaluated in the urban center of Santa Maria city, RS, using a fluviometric station with Parshall flume, where was project a structure to intercept the solid waste carried by the stream flow, it was based in collectors baskets. In accordance with colors pattern of CONAMAS's resolution 275, it was recognized the main material in inappropriate places for people and is observed throw water resource degradation in the sub watershed. It was verify, in operational term, the efficiency of the solid waste retention strategy in isolated events, allowing people mobilization according to weather forecast. The results concerning the structure of monitoring were satisfactory, as the waste was retained in each precipitation event effectively. Monitoring of solid waste - resulted in 73% of organic matter and 27% of inorganic materials, and highlighted the significant presence of plastic was because of extensive use of this material by the population, represented 14% of the retained and the main constituents were bags groceries and bags of candy and pastries. The classification "others" was also significant, representing 6% from the total quantified and, mostly, was represented by diapers and shoes. The prediction curve of SDW is a parameter for decision to municipal managers in relation to solid waste generated within the urban basin-school, because it relates the SDW in Esperança's watershed in the stream as a function of rainfall. The total SDW loaded in one year corresponded to approximately 10.000kg with a total rainfall for the period of 1.572mm. The analysis of outcomes demonstrates a large amount of inorganic material in water quality degradation thus, questions arise about city's population environmental awareness, show up importance of environmental education actions. The identification of strong human interference reveals the environmental risks that sub watershed Esperança is submitted and results in information to support the process of municipal management of solid waste.

Key-words: water resources, water pollution, environmental education.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Percentual do volume de RSU coletado, por tipo de destino final, segundo os estratos populacionais dos municípios do Brasil em 2000.....	5
FIGURA 2 - Ciclo da contaminação da água.....	10
FIGURA 3 - Modelo tradicional de gestão de resíduos sólidos.	26
FIGURA 4 - Estratégias de gerenciamento integrado.	29
FIGURA 5 - Croqui com vista superior da grade estrutura tipo “harpa” para separação de resíduos sólidos, e corte vertical AB da seção de controle com a localização da calha, passarela, pilares de sustentação e os dutos.	38
FIGURA 6 - Grade “Harpa”, a montante da calha Parshall.	38
FIGURA 7 - Imagem esquemática da disposição das redes coletoras.	40
FIGURA 8 - Fotografias das redes coletoras de resíduos sólidos, sendo (A) primeira rede e (B) segunda rede.	40
FIGURA 9 - Esquema de estrutura de captação de RSD.	41
FIGURA 10 - Armadilha metálica com estrutura içada.....	42
FIGURA 11 - Melhores arranjos de estudo de estruturas autolimpantes.	43
FIGURA 12 - Estrutura SEPT.....	44
FIGURA 13 - Localização da Bacia Escola Urbana.	46
FIGURA 14 - Foto aérea da sub-bacia hidrográfica do arroio Esperança.....	47
FIGURA 15 - Croqui de localização da calha Parshall, estrutura de coleta dos RSD e fluxo do arroio.....	50
FIGURA 16 - Corte transversal da seção do arroio com a posição da calha Parshall.	50
FIGURA 17 - Esquema da armadilha utilizada para captação de resíduos sólidos. .	51
FIGURA 18 - Armadilha utilizada para captação de RSD em vista frontal.	52

FIGURA 19 - Armadilha utilizada para captação de RSD em vista superior.	52
FIGURA 20 - Estrutura de contenção dos resíduos sólidos veiculados no arroio esperança em diferentes ângulos.	53
FIGURA 21 - Piso para disposição e escoamento do excesso de umidade dos RSD.	55
FIGURA 22 - Forma de pesagem dos RSD.	57
FIGURA 23 - Separação de alguns RSD em sacos plásticos, conforme o padrão de cores utilizado no trabalho: (a) plástico (vermelho); (b) isopor (verde B); (c) matéria orgânica (marrom B) e (c) papel e papelão (azul).	58
FIGURA 24 - Grade “harpa”, a montante da calha Parshall.....	63
FIGURA 25 - Fotos retiradas do mesmo local em períodos diferentes: antes da limpeza (a), durante a limpeza manual (b), após a limpeza com retroescavadeira (c) e o serviço manual para finalização do trabalho da máquina retroescavadeira (d)...	65
FIGURA 26 - Cesto removível à jusante (a), à montante (b) ao curso d’água, cestos sendo removidos (c) e (d).....	66
FIGURA 27 - Percentual de resíduos coletados conforme classificação	69
FIGURA 28 - Ecopontos: projeto piloto da Prefeitura Municipal para recebimento de materiais recicláveis.	71
FIGURA 29 - Relação precipitação e classificação vermelho (plástico).....	74
FIGURA 30 - Relação precipitação e classificação outros.	75
FIGURA 31 - Relação precipitação e classificação marrom (matéria orgânica).....	76
FIGURA 32 - Relação precipitação e classificação amarelo (metais).	76
FIGURA 33 - Relação precipitação e classificação verde A (vidro).....	77
FIGURA 34 - Relação precipitação e classificação verde B (tecidos e isopor).	78
FIGURA 35 - Relação precipitação e classificação azul (papel e papelão).....	78
FIGURA 36 - Relação precipitação e classificação preto B (pneus e borrachas).....	79
FIGURA 37 - Relação precipitação e classificação laranja (resíduos perigosos).....	80
FIGURA 38 - Relação precipitação e classificação branca (animais mortos).	80
FIGURA 39 - Relação precipitação e classificação preto A (madeira processada)...	81
FIGURA 40 - Curva de resíduos sólidos carreados em função da precipitação.....	83
FIGURA 41 - Bueiro a jusante da estação de monitoramento, em situação antes e depois de um ano da limpeza.....	85
FIGURA 42 - Intensidade precipitada por evento pluviométrico e total de RSD.	87
FIGURA 43 - Intensidade precipitada por evento pluviométrico e total de RSD.	87

FIGURA 44 - Intensidade precipitada por evento pluviométrico e total de RSD.	88
FIGURA 45 - Intensidade precipitada por evento pluviométrico e total de RSD quantificados para a 1 ^a , 2 ^a e 3 ^a coletas.....	88
FIGURA 46 - Intensidade precipitada por evento pluviométrico e total de RSD.	89
FIGURA 47 - Intensidade precipitada por evento pluviométrico e total de RSD.	90
FIGURA 48 - Intensidade precipitada por evento pluviométrico e total de RSD.	90
FIGURA 49 - Intensidade precipitada por evento pluviométrico e total de RSD.	91
FIGURA 50 - Intensidade precipitada por evento pluviométrico e total de RSD.	91
FIGURA 51 - Intensidade precipitada por evento pluviométrico e total de RSD.	92
FIGURA 52 - Intensidade precipitada por evento pluviométrico e total de RSD.	93
FIGURA 53 - Local onde deve haver o rebaixamento da tela.	97

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Resíduos sólidos de classe inorgânica e os padrões de cores para cada uma das características particulares.	56
TABELA 2 - Classificação dos resíduos sólidos orgânicos com padrões de cores para cada uma das características particulares.	56
TABELA 3 – Modelo de tabela para dados dos eventos monitorados	60
TABELA 4 - Estimativa a ser calculada de RSD acumulado mensalmente e anualmente segundo a precipitação obtida no 8º DISME	62
TABELA 5 - Quantificação dos resíduos coletados em campo	68
TABELA 6 - Total de RSD e precipitação por evento pluvioso.....	82
TABELA 7 - Estimativa da quantidade de resíduos sólidos gerado no período de um ano, correspondente aos meses de Agosto de 2006 a Julho de 2007.....	84
TABELA 8 - Dados relativos à intensidade, precipitação e RSD por evento.....	86

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Fatores que influenciam a drenagem urbana por natureza, segundo fator e abordagem.	7
QUADRO 2 - Classificação dos resíduos sólidos conforme NBR 10.004/2004.	16
QUADRO 3 - Classificação dos resíduos sólidos segundo a sua origem.	18
QUADRO 4 - Classificação dos resíduos sólidos em função do seu reaproveitamento.	20
QUADRO 5 - Resíduos quantificados na caracterização do resíduo da drenagem. .	21
QUADRO 6 - Tempo de sobrevivência (em dias) de microrganismos patogênicos nos resíduos sólidos.	23
QUADRO 7 - Enfermidades relacionadas com os resíduos sólidos, transmitidas por macro vetores e reservatórios.	24
QUADRO 8 - Prioridades de alguns países em relação a gestão de resíduos sólidos.	27
QUADRO 9 - Principais características do Município de Santa Maria-RS.	48

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE 1 - Planilhas de monitoramento realizado a campo	112
---	-----

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 - Sub-bacias e micro-bacias do arroio Cadena – Santa Maria – RS.....	124
ANEXO 2 - Dados meteorológicos de intensidade horária de precipitação pluviométrica da estação automática do 8º DISME de Santa Maria-RS, fornecido pelo INMET	125

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	1
2 OBJETIVOS	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 Drenagem urbana	6
3.1.1 Carga de lavagem	8
3.1.2 Poluição na drenagem urbana	8
3.2 Resíduos sólidos	13
3.2.1 Classificação do resíduo sólido urbano	15
3.2.2 Danos originados pela disposição incorreta dos RSU.....	22
3.3 Gestão de resíduos sólidos	24
3.4 O direito ambiental no contexto dos resíduos sólidos	30
3.5 Monitoramento em pequenas bacias hidrográficas	35
3.6 Mecanismos de contenção dos resíduos sólidos	36
3.6.1 Grade harpa	37
3.6.2 Redes em tela de aço.....	39
3.6.3 Armadilha metálica com estrutura basculante	41
3.6.4 Estruturas autolimpantes.....	42
3.6.5 SEPT (Side-Entry Pit Trap)	44
3.7 Curva de previsão de RSD	45
4 MATERIAL E MÉTODOS	46
4.1 Área de estudo	46
4.2 Estrutura de monitoramento dos RSD	49
4.3 Relativo ao monitoramento de RSD.....	53

4.4 Curva de Previsão de Resíduos Sólidos na Drenagem	59
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
5.2 Estrutura de monitoramento	63
5.2 Monitoramento dos RSD (em 10 eventos).....	66
5.2.1 Relações entre precipitações e RSD.....	74
5.3 Modelagem de previsão de RSD	82
5.3.1 Curva de previsão de RSD.....	82
5.3.2 Aplicação da curva de previsão de RSD em estimativa anual	83
5.4 Contribuição da intensidade de precipitação na produção de RSD	86
6 CONCLUSÕES	94
7 RECOMENDAÇÕES.....	97
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
9 APÊNDICES	111
10 ANEXOS	123

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Nas últimas décadas o aumento populacional, o êxodo rural e o avanço tecnológico vêm acarretando um desordenado crescimento nas cidades, tornando-as grandes centros urbanos. Nesta situação se insere Santa Maria - RS, uma cidade com uma população estimada, segundo a Fundação de Economia e Estatística - FEE (2008), em 266.209 habitantes, a maioria em busca da qualificação acadêmica ou de uma oportunidade de trabalho. Esta última tem originado a ocupação de forma irregular e desordenada, de diferentes áreas localizadas no perímetro urbano. As atividades humanas, sejam elas de qualquer natureza, geram sempre resíduos diversos. Assim, o constante crescimento das populações urbanas, a forte industrialização, a melhoria no poder aquisitivo dos povos de uma forma geral, vêm causando a acelerada geração de grandes volumes de resíduos sólidos, principalmente nas cercanias das grandes cidades (Bidone e Povinelli, 1999). A geração desses resíduos e seu posterior abandono no meio ambiente podem originar sérios problemas ambientais, favorecendo a incorporação de agentes na cadeia trófica, interagindo em processos físico-químicos naturais, dando lugar à dispersão e, portanto, ao aumento do problema (DOMENÉCH, 1993). Por outro lado, deve-se levar em conta que, um aumento na geração de resíduos é consequência de um consumo paralelo de matérias-primas, as quais se encontram na natureza em quantidades limitadas.

A importância da qualificação e quantificação dos resíduos sólidos nas redes de drenagem está relacionada ao elevado risco que eles contemplam ao causar danos ambientais devido a apresentar elevadas concentrações de poluentes. Assim, trabalhos desta natureza são desenvolvidos para gerar informações de apoio à proposição de medidas de controle adequadas para evitar estes danos – em uma etapa posterior do processo de gestão.

O monitoramento de recursos hídricos em zonas urbanas constitui uma técnica importante para buscar soluções para um melhor gerenciamento de bacias hidrográficas urbanas. Faz-se necessário um bom conhecimento dos componentes do ciclo hidrológico urbano e do processo precipitação pluviométrica – vazão para se realizar um bom planejamento urbano. Neste sentido, é proposta uma forma de monitoramento e quantificação para os resíduos sólidos da drenagem em uma bacia

com características urbanas, localizada na região central da cidade de Santa Maria – RS. Por meio de uma estrutura implantada no leito do riacho em estudo, realizou-se a retenção e avaliação dos resíduos carregados pelo fluxo de água no arroio Esperança, próximo a sua foz, no arroio Cadena.

Deste modo, o trabalho é dividido em três pontos centrais: estrutura de monitoramento dos resíduos sólidos drenados - RSD, monitoramento dos RSD em 10 eventos e elaboração da curva de produção de RSD apresentada neste trabalho de forma inédita neste campo de atuação, juntamente com a aplicação da curva em estimativa anual de resíduos sólidos drenados no arroio Esperança.

2 OBJETIVOS

Os objetivos no trabalho foram desenvolver uma metodologia para a retenção de resíduos sólidos depositados e arrastados no arroio Esperança, quantificar e qualificar esses resíduos, de acordo com os padrões de cores segundo a resolução CONAMA n.º 275 de 25 de abril 2001 e relacioná-los com os dados de precipitação pluviométrica.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O aumento dos resíduos sólidos é resultado da intensificação da urbanização e consumo da população. A globalização alterou a forma e os níveis de consumo. Os efeitos são percebidos no aumento de danos causados ao meio ambiente e, conforme Tucci (2002), as periferias são mais afetadas pelo crescimento das cidades do que as regiões centrais.

Os impactos observados como resultado da urbanização na rede de drenagem, segundo Tucci e Collischonn (1998) são, principalmente: elevação das vazões máximas devido ao aumento da capacidade de escoamento por meio de condutos e canais e impermeabilização das superfícies; aumento da produção de sedimentos devido a falta de proteção das superfícies e a produção de resíduos sólidos; deterioração da qualidade da água, em decorrência da lavagem das ruas, transporte de material sólido e as ligações clandestinas de esgoto cloacal e pluvial.

A gestão de recursos hídricos e saneamento ambiental devem considerar as deficiências das políticas setoriais que tem aumentado os problemas de poluição, contaminação dos solos e água, comprometendo os lençóis subterrâneos e a proliferação de vetores (POMPEO, 2000). Este autor ainda afirma que a expansão urbana deve ser planejada. O aumento da população, sua condição social e econômica influenciam na forma como se deve analisar as questões ambientais e seus impactos.

Segundo Tucci (2002), cidades com população estimada acima de 1 milhão de habitantes crescem em média 0,9% ao ano, enquanto cidades de médio porte com sua população entre 100 e 500 mil habitantes cresce a taxa de 4,8%. Sendo que o crescimento das cidades de médio porte se caracteriza pela expansão irregular de periferias, sem respeitar o plano diretor das cidades, normas de loteamento e ocupação irregular de áreas públicas, principalmente por populações de baixa renda, dificultando assim ações de controle ambiental urbano. As principais causas da expansão irregular são refletidas na renda econômica da população, principalmente relativa ao desemprego provocado por crises econômicas, na falta de planejamento e investimento público e em medidas restritivas incompatíveis com a realidade brasileira.

O relatório intitulado Dados do Brasil para a 1ª Avaliação Regional 2002 dos Serviços de Manejo de Resíduos Sólidos Municipais nos Países da América Latina e Caribe, realizado pelo Ministério das Cidades (2002), aponta que 99% dos municípios têm coleta convencional, mas apenas 8,2% têm programa de coleta seletiva e os melhores resultados de manejo, tratamento e destinação final dos resíduos são observados pelos grandes municípios e regiões metropolitanas. O restante dos municípios apresenta falhas estruturais administrativas.

No Brasil, houve um aumento na quantidade de resíduo sólido urbano coletado – parte devido ao aumento do índice de coleta e em parte decorrente da mudança do padrão de consumo. “A massa de lixo coletada se ampliou de 100 mil toneladas em 1989 para 149 mil toneladas em 2000 – um crescimento de 49%, enquanto entre 1991 e 2000 a população cresceu 16,43%, passando de 146.825.475 para 169.799.170 habitantes” (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2002).

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico realizada pelo IBGE (2002) aponta que dos 5.507 municípios brasileiros, 1.680 possuem lixões como destinação final dos resíduos. Na figura 1 tem-se o percentual do volume de resíduos sólidos coletados, por tipo de destino final, de acordo com os estratos populacionais dos municípios.

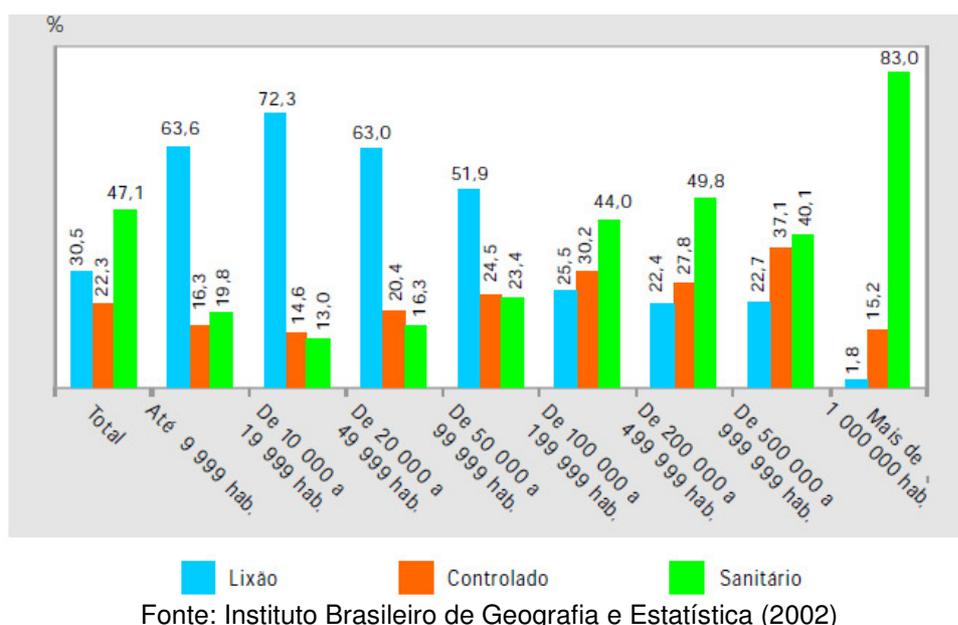


Figura 1 - Percentual do volume de RSU coletado, por tipo de destino final, segundo os estratos populacionais dos municípios do Brasil em 2000.

3.1 Drenagem urbana

A finalidade dos sistemas urbanos de drenagem é de proteger e manter a saúde e a segurança das comunidades e proporcionar proteção ao meio ambiente. (BUTLER; PARKINSON, 1997 apud MARQUES, 2006).

O sistema tradicional de drenagem urbana é composto, de acordo com DEC (2003) por dois sistemas distintos que devem ser planejados e projetados sob critérios diferenciados, sendo eles: o sistema inicial de drenagem e o sistema de macro-drenagem.

De acordo com o relatório de Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo da Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (1999), a drenagem urbana é constituída por um sistema inicial de drenagem, micro-drenagem ou coletor de águas pluviais, sendo composta pelos pavimentos das ruas, guias e sarjetas, bocas de lobo, rede de galerias de águas pluviais e canais de pequenas dimensões. Já o sistema de macrodrenagem é constituído, normalmente, por canais abertos ou fechados de maiores dimensões.

Silva et al. (2005) diagnosticaram fatores que afetam o sistema de drenagem conforme demonstrado no quadro 1.

NATUREZA	FATORES	ABORDAGEM
Climatológico	Regime de precipitação intensa	-representatividade da equação intensidade x duração x frequência
Ambiental	Arranjo do traçado urbano	- interação com a topografia - respeito ao sistema natural de drenagem
	Usos do solo	- nível de impermeabilização dos terrenos - erodibilidade dos terrenos - ocupação marginal dos corpos receptores
	Padrões de conforto das vias	- de pedestres - de grande fluxo de veículos e de pedestres - de grande fluxo de veículos e baixo fluxo de pedestres - de médio movimento - de acesso local
	Interação com demais equipamentos da drenagem urbana	- lançamento de efluentes domésticos na rede - lançamento de outros efluentes na rede - deposição de resíduos sólidos urbanos nas galerias e canais - dispersão de sedimentos nas vias
Tecnológico	Estruturas de micro drenagem	- dimensão dos dispositivos hidráulicos - padrão construtivo - adequação do conjunto de dispositivos - manutenção e conservação dos dispositivos
	Estruturas de macro drenagem	- dimensão dos dispositivos hidráulicos - padrão construtivo - adequação do conjunto de dispositivos - manutenção e conservação dos dispositivos
Institucional	Aspectos gerenciais	- interatividade dos componentes - aporte financeiro no orçamento - recursos humanos - planejamento das ações e estudos existentes
	Aspectos legais	- existência de normas e outros instrumentos - aplicação dos dispositivos

Fonte: Silva et al. modificado(2005)

Quadro 1 - Fatores que influenciam a drenagem urbana por natureza, segundo fator e abordagem.

Durante os dias secos, segundo Maksimovic (2001), é comum as águas residuárias escoarem para a rede de drenagem. Durante os dias chuvosos, também há a mistura com os resíduos sólidos dispostos na superfície.

3.1.1 Carga de lavagem

A ocorrência do fenômeno carga de lavagem tem sido definida como sendo a remoção inicial do material acumulado sobre a superfície, no período entre as precipitações pluviométricas, pelo escoamento superficial transportando-o para a rede de drenagem. Esta remoção de material produz um pico na concentração dos poluentes no início do escoamento superficial. A definição de carga de lavagem é discutida de diferentes formas na literatura. O acontecimento é identificado no período inicial do escoamento superficial, no qual as concentrações de poluentes são maiores que no decorrer do evento (GUPTA; SAUL, 1996; BERTRAND-KRAJEWSKI et al., 1998; DELETIC, 1998).

3.1.2 Poluição na drenagem urbana

O desenvolvimento urbano brasileiro reflete na infra-estrutura dos recursos hídricos e um dos seus principais impactos é percebido na drenagem urbana pelo aumento da magnitude e freqüência das inundações e prejuízos ambientais.

Segundo Novotny (1999), a migração da população rural para as áreas urbanas é uma das causas do grande processo de urbanização, pois parte desta população de baixa renda residem em locais sem condições adequadas de saneamento básico. Os processos de alteração do uso e ocupação do solo de forma irregular resultam em poluição que é uma conseqüência da carência do sistema político e econômico em identificar os custos dos danos ambientais causados pelas descargas de poluentes.

O processo de urbanização tem causado danos irreversíveis ao meio ambiente, sendo que as atividades humanas afetam a qualidade da água. Estas atividades vão das mais simples as mais sofisticadas, incluindo as que atendem necessidades básicas como produção de alimentos, vestimentas e moradia, até as mais elaboradas, como: produção industrial, transportes, infra-estrutura urbana, jazidas de minério abandonadas, entre outras.

À medida que as cidades se urbanizam, ocorrem impactos como aumento das vazões máximas e sua frequência, aumento da produção de sedimentos e deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea (TUCCI, 2002).

Durante o ciclo hidrológico, a água altera sua qualidade e esta mudança é efetuada em condições naturais, como resultados de inter-relações dos recursos hídricos e o ambiente, segundo Lima (1998). O autor ainda elucida que a poluição dos cursos d'água e a eutrofização dos reservatórios embasam questões fundamentais sobre o gerenciamento de uma bacia e a necessidade de monitoramento e simulação de substâncias. Além disto, a atividade humana também introduz poluentes e degrada a qualidade da água. Branco (1991) afirma que, a qualidade final da água no rio ou lago é reflexo das atividades que são desenvolvidas em toda a bacia, cada um dos usos do seu espaço físico produzindo um resultado específico e característico.

Von Sperling (1996) explica a poluição das águas como o acréscimo de substâncias ou formas de energia que, de uma maneira ou de outra, modificam a natureza do corpo d'água de um modo que danifica seu uso. O autor ainda classifica duas formas em que a fonte poluente pode atingir um curso d'água:

- ✓ poluição pontual: os poluentes atingem o corpo d'água de modo concentrado no espaço (entradas em locais específicos), como a descarga de esgoto em um rio;

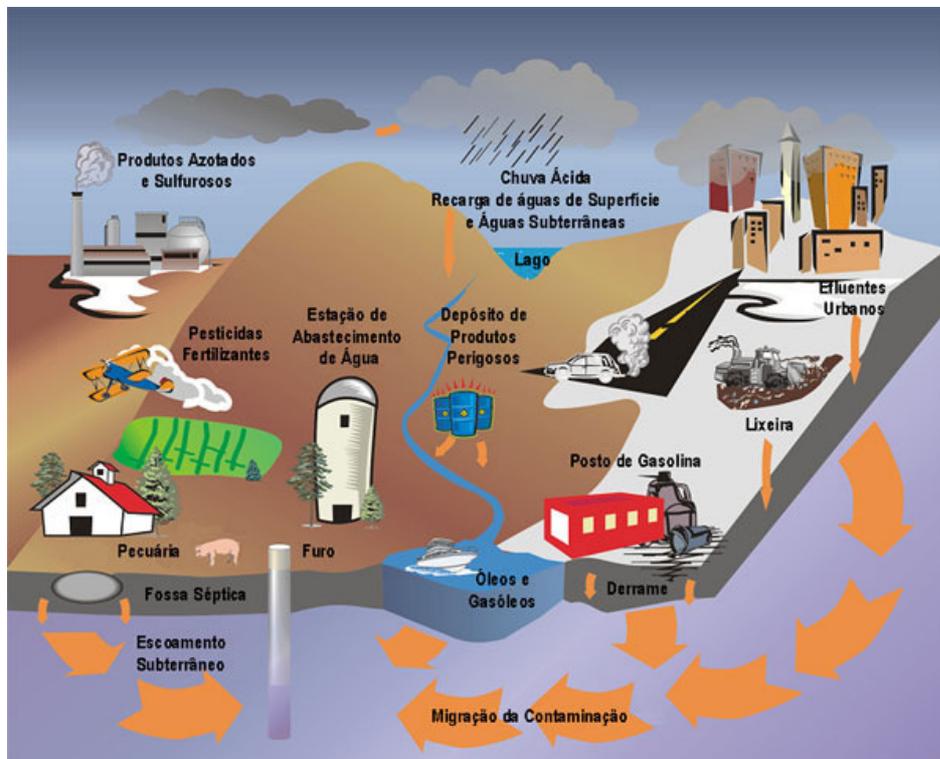
- ✓ poluição difusa: os poluentes são introduzidos no corpo d'água ao longo de seu percurso, como o escoamento de forma distribuída da poluição em dias chuvosos.

Porto (1995) comenta que, além do escoamento superficial, a poluição difusa possui origens diversas, envolvendo também as ligações clandestinas de esgotos, os efluentes de fossas sépticas, a abrasão e desgaste das ruas pelos veículos, os resíduos sólidos urbanos (RSU) acumulados nas ruas e calçadas, os resíduos orgânicos de pássaros e animais domésticos, as atividades de construção, os resíduos de combustível, óleos e graxas deixados por veículos, poluentes do ar, entre outros, e todos contribuem com o aumento das cargas poluidoras transportadas pelas redes de drenagem urbana.

A identificação das fontes geradoras da poluição difusa auxilia a avaliação correta do seu potencial poluidor, dos impactos gerados e também para a determinação de medidas de controle adequadas. Segundo USEPA (1977 apud

PORTO, 1995) as principais fontes geradoras de cargas difusas são: deposição atmosférica, desgaste da pavimentação, veículos, restos de vegetação, RSU e poeira, restos e dejetos de animais, derramamentos e erosão. A poluição difusa é uma formalidade que não será superada sem intervenção governamental e assistência financeira internacional (NOVOTNY, 1999).

Os resíduos obstruem a drenagem e contaminam os sistemas hídricos, já que grande parte da carga vem agregada aos sedimentos. Na figura 2 é demonstrado o processo da contaminação da água.



Fonte: Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação – INETI (2001)

Figura 2 - Ciclo da contaminação da água.

A impermeabilização, ocupação do solo e construção de redes pluviais também facilita a ocorrência de inundações.

A necessidade de quantificação da carga poluidora transportada pelo escoamento superficial está na averiguação dos impactos da urbanização, nas análises de gerenciamento e nos projetos para o controle da qualidade da água em

canais e corpos d'água receptores, uma vez que a carga poluente e o volume escoado aumentam, consideravelmente, quando uma bacia hidrográfica é urbanizada.

Há vários modelos de qualidade da água que tentam simular o acúmulo de poluentes durante o período de tempo seco e o transporte dos mesmos durante os eventos de precipitação em bacias hidrográficas urbanas. Estes modelos podem ser usados em estudos de processos de construção e transporte de poluentes e na estimativa de cargas poluidoras geradas nos eventos de precipitação, de acordo com Chiew et al. (1997 apud CHIEW et al., 1999). Choe et al. (2002) afirma que a concentração e a carga para cada poluente estão relacionadas com o tipo de uso do solo da bacia hidrográfica e com as condições de precipitação.

A carga e a concentração estão relacionadas uma com a outra, pois quando se utiliza somente a concentração para definir as condições ambientais de um rio, pode-se incorrer numa tendenciosidade, pois bastaria medir as concentrações nos dias chuvosos, quando a vazão e a capacidade de diluição são maiores, resultando em menor concentração de poluentes e melhor qualidade desse manancial (REETZ, 2002).

Sánchez (1998) define impacto ambiental como a alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais e sociais provocada por ação humana. A realização do balanço de cargas poluidoras possibilita atribuir a uma determinada área a geração dessas cargas e, desta forma, contribuir para a gestão do ambiente por meio da definição de responsabilidades de emissão de poluentes pelos atores envolvidos e priorizar investimentos.

As redes de drenagem urbana são as principais responsáveis pela veiculação de cargas poluidoras, constituindo-se em um importante fator de degradação de rios, lagos e estuários. Isto torna difícil o estabelecimento de diferenças na produção de cargas poluentes, pois as concentrações variam em termos de magnitude entre bacias hidrográficas, com diferentes eventos de precipitação, ao longo de um mesmo evento e ainda quanto ao tipo de área urbana, como por exemplo, residencial, industrial ou comercial. A degradação do meio ambiente pode ser controlada por meio de medidas estruturais e não estruturais, sendo assim, as medidas não-estruturais são relativas a programas de prevenção e controle da emissão de poluentes, como por exemplo, educação da população e cuidados gerais com a limpeza da cidade. Já as medidas estruturais são construídas para

redução de volume e/ou remover poluentes do escoamento, incluindo construção de bacias para detenção, colocação de pavimento poroso, uso de áreas abertas de vegetação para infiltração, obras para retenção de sedimentos (PORTO, 1995).

As medidas não estruturais também incluem o planejamento do lançamento de resíduos perigosos, a deposição adequada do resíduo urbano e o controle de locais potencialmente poluidores (BAPTISTA et al., 2005).

Neves e Tucci (2003) afirmam que o principal objetivo do estudo das medidas estruturais é o de atingir uma configuração auto limpante. Estas medidas além de deterem as cargas poluentes, ainda são importantes por fornecerem dados para serem trabalhados nos processos de conscientização ambiental.

Jacobi (2002) destaca que a preocupação com o desenvolvimento sustentável insere não apenas a questão da capacidade de suporte do sistema de drenagem, mas também os alcances e limites das ações destinadas a reduzir os impactos derivados do cotidiano urbano e as respostas pautadas por rupturas no *modus operandi* da formulação de políticas públicas predominantes.

Nesse contexto, Marques (2006) afirma que o planejamento dos serviços relacionados à água deve ser integrado ao próprio planejamento e desenvolvimento urbano, abrangendo desde o desenho da malha urbana, zoneamento de atividades, rede viária de transportes e os demais serviços de saneamento, tais como coleta e disposição final de resíduos sólidos, abastecimento de água, coleta e tratamento de efluentes domésticos e pluviais. Desta forma, a integração institucional deve propor a elucidação de uma concepção sistêmica sustentável.

3.2 Resíduos sólidos

Conforme a NBR nº 10.004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004), os resíduos sólidos são encontrados nos estados sólidos e semi-sólido e são classificados como classe I – perigosos e classe II – não perigosos. Os resíduos resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Também são incluídos neste significado os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, da mesma forma que determinados líquidos cujas peculiaridades tornem irrealizável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou determinam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis, diante à melhor tecnologia disponível.

A definição elaborada pela Agenda 21 define resíduo sólido como todos os efluentes domésticos e resíduos não perigosos incluindo os resíduos comerciais, institucionais, entulhos de construção e os resíduos sólidos das ruas. Alguns países também acrescentam resíduos humanos como sedimentos de tanques sépticos e instalações de tratamento de esgoto, cinzas de incineradores e excremento – diante de características perigosas, devem ser abordados como resíduos perigosos.

Na produção de material sólido na drenagem urbana são verificados alguns estágios. O estágio inicial acontece quando há uma transformação da cobertura da bacia por meio da remoção da sua proteção natural, ficando o solo vulnerável, ocorre o aumento da erosão em dias de precipitação pluviométrica e ocasiona a produção de sedimentos. O estágio intermediário é verificado quando parte da população já está estabelecida, ainda há movimentação de terra em decorrência de novas construções e percebe-se aumento de resíduos da população que se somam ao processo de produção de sedimentos. Por fim, no estágio final quase todas as superfícies urbanas estão estabilizadas e apenas resulta na produção de resíduo sólido urbano com menor parcela de sedimentos em algumas áreas de construção ou sem cobertura consolidada. Nesta última ocorrência, os sólidos totais que atingem a drenagem se devem à frequência e abrangência da coleta de resíduos sólidos urbanos, frequência da limpeza das ruas, maneira com que o RSU é disposto pela população e frequência da pluviosidade (TUCCI, 2004).

Neves e Tucci (2003) abordam a questão dos resíduos sólidos despejados de forma inadequada na superfície, atingindo as redes de drenagem urbana, onde esses se apresentam aglomerados nas vizinhanças de shopping centers, estacionamentos, saídas de fast foods, estações rodoviárias e ferroviárias, estradas, escolas, parques públicos e jardins, contêineres, locais de aterros e depósitos de reciclagem. Eles compõem-se principalmente de materiais manufaturados como garrafas, latas, envelopes de papel e plástico, jornais, sacolas de compras, embalagens de cigarro, mas também as partes de carros, restos de construção e colchões velhos (ARMITAGE; ROOSEBOOM, 2000).

Os resíduos sólidos freqüentemente são emaranhados na vegetação e estão suscetíveis a serem enterrados por sedimentos ao longo das margens dos arroios, rios ou lagos, ou espalhados ao longo das praias e diante de um destino incorreto afetam substancialmente o meio ambiente (HALL, 1996 apud ARMITAGE; ROOSEBOOM, 2000).

Segundo Armitage e Roseboom (2000) entre as conseqüências ambientais resultantes da produção de resíduos podem-se citar: (i) Aspectos desagradáveis; (ii) Alto potencial de riscos a saúde humana associado com a putrefação do conteúdo no interior de garrafas e latas, ou organismos patogênicos em seringas descartadas; (iii) Riscos à fauna aquática; (iv) Organismos patogênicos ou tóxicos como metais pesados, envenenando a cadeia alimentar de vida aquática e possivelmente atingindo os humanos; (v) Significantes custos para as autoridades locais para as conduções nas operações de autolimpeza. Como conseqüências ambientais resultantes deste aumento de sedimentos e materiais sólidos, Tucci (2002) aponta o assoreamento das seções canalizadas da rede, reduzindo a capacidade de escoamento de condutos, rios e lagos urbanos, e ainda o transporte de poluente agregado a esse material, contaminando as águas pluviais.

O crescimento populacional produz uma acelerada e crescente urbanização que está aliada ao aumento da produção de resíduos sólidos e ao aumento da impermeabilização das superfícies, originando danos ao meio ambiente urbano quando não gerenciados adequadamente. Este aumento na produção de resíduo sólido poderia ser atenuado se não houvesse tanta deficiência nos serviços de saneamento municipal e falta de conscientização da população (NEVES; TUCCI, 2003).

3.2.1 Classificação do resíduo sólido urbano

As características diferenciadas dos resíduos sólidos urbanos fazem surgir a necessidade de várias classificações. As mais comuns são em relação aos riscos potenciais de contaminação do meio ambiente, de acordo com a fonte geradora e à capacidade de reaproveitamento.

O acúmulo e retenção do material transportado nos sistemas de drenagem resultam em prejuízos em relação à obstrução de redes e aumento das cargas poluentes, sendo assim, o uso de quantificação auxilia na pesquisa por soluções adequadas de controle. Todavia, no Brasil não existem informações sobre a quantidade de resíduo sólido que é lançado no sistema de drenagem urbana.

Conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004), na NBR 10.004, classifica os resíduos sólidos de acordo com:

- a) resíduos classe I - Perigosos;
- b) resíduos classe II – Não perigosos;
 - resíduos classe II A – Não inertes.
 - resíduos classe II B – Inertes.

O quadro 2 descreve cada classe e suas subdivisões conforme a norma definida pela ABNT.

CLASSE	GRAU DE CONTAMINAÇÃO	DESCRIÇÃO
I	Perigoso	<p>- Inflamabilidade:</p> <p>a) ser líquida e ter ponto de fulgor inferior a 60°C, excetuando-se as soluções aquosas com menos de 24% de álcool em volume;</p> <p>b) não ser líquida e ser capaz de, sob condições de temperatura e pressão de 25°C e 0,1 MPa (1 atm), produzir fogo por fricção, absorção de umidade ou por alterações químicas espontâneas e, quando inflamada, queimar vigorosa e persistentemente, dificultando a extinção do fogo;</p> <p>c) ser um oxidante definido como substância que pode liberar oxigênio e, como resultado, estimular a combustão e aumentar a intensidade do fogo em outro material;</p> <p>d) ser um gás comprimido inflamável (Portariano 204/1997 do Ministério dos Transportes).</p> <p>- Corrosividade:</p> <p>a) ser aquosa e apresentar pH inferior ou igual a 2, ou, superior ou igual a 12,5, ou sua mistura com água, na proporção de 1:1 em peso, produzir uma solução que apresente pH inferior a 2 ou superior ou igual a 12,5;</p> <p>b) ser líquida ou, quando misturada em peso equivalente de água, produzir um líquido e corroer o aço (COPANT 1020) a uma razão maior que 6,35 mm ao ano, a uma temperatura de 55°C, de acordo com USEPA SW 846 ou equivalente.</p> <p>- Reatividade:</p> <p>a) ser normalmente instável e reagir de forma violenta e imediata, sem detonar;</p> <p>b) reagir violentamente com a água;</p> <p>c) formar misturas potencialmente explosivas com a água;</p> <p>d) gerar gases, vapores e fumos tóxicos em quantidades suficientes para provocar danos à saúde pública ou ao meio ambiente, quando misturados com a água;</p> <p>e) possuir em sua constituição os íons CN ou S²⁻ em concentrações que ultrapassem os limites de 250 mg de HCN liberável por quilograma de resíduo ou 500mg de H₂S liberável por quilograma de resíduo,</p> <p>f) ser capaz de produzir reação explosiva ou detonante sob a ação de forte estímulo, ação catalítica ou temperatura em ambientes confinados;</p> <p>g) ser capaz de produzir, prontamente, reação ou decomposição detonante ou explosiva a 25°C e 0,1 MPa (1 atm);</p> <p>h) ser explosivo, definido como uma substância fabricada para produzir um resultado prático, por meio de explosão ou efeito pirotécnico, esteja ou não esta substância contida em dispositivo preparado para este fim.</p> <p>- Toxicidade:</p> <p>a) quando o resíduo for caracterizado como tóxico com base no ensaio de lixiviação;</p> <p>b) possuir uma ou mais substâncias constantes referenciadas pela ABNT e apresentar toxicidade. Para avaliação dessa toxicidade, devem ser considerados os seguintes fatores: natureza da toxicidade apresentada pelo resíduo; concentração do constituinte no resíduo; potencial que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, tem para migrar do resíduo para o ambiente, sob condições impróprias de manuseio; persistência do constituinte ou qualquer produto tóxico de sua degradação; potencial que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, tem para degradar-se em constituintes não perigosos, considerando a velocidade em que ocorre a degradação; extensão em que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, é capaz de bioacumulação nos ecossistemas; efeito nocivo pela presença de agente teratogênico, mutagênico, carcinogênico ou ecotóxico, associados a substâncias isoladamente ou decorrente do sinergismo entre as substâncias constituintes do resíduo;</p> <p>c) ser constituída por restos de embalagens contaminadas com substâncias citadas pela ABNT;</p> <p>d) resultar de derramamentos ou de produtos fora de especificação ou do prazo de validade que contenham quaisquer substâncias classificadas pela ABNT;</p> <p>e) ser comprovadamente letal ao homem;</p> <p>f) possuir substância em concentração comprovadamente letal ao homem ou estudos do resíduo que demonstrem uma DL50 oral para ratos menor que 50 mg/kg ou CL50 inalação para ratos menor que 2 mg/L ou uma DL50 dérmica para coelhos menor que 200 mg/kg.</p> <p>- Patogenicidade:</p> <p>- conter ou se houver suspeita de conter, microorganismos patogênicos, proteínas virais, ácido desoxiribonucléico (ADN) ou ácido ribonucléico (ARN) recombinantes, organismos geneticamente modificados, plasmídios, cloroplastos, mitocôndrias ou toxinas capazes de produzir doenças em homens, animais ou vegetais.</p>
II	II A – Não inertes Não-perigoso II B – Inertes	<p>- Aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - Perigosos ou de resíduos classe II B</p> <p>- Inertes, nos termos desta Norma. Os resíduos classe II A – Não inertes podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.</p> <p>Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.</p>

Fonte: ABNT - NBR 10004 (2004)

Quadro 2 - Classificação dos resíduos sólidos conforme NBR 10.004/2004.

Observação: Os resíduos de serviços de saúde deverão ser classificados conforme ABNT NBR 12808.

Os resíduos gerados nas estações de tratamento de esgotos domésticos e os resíduos sólidos domiciliares, excetuando-se os originados na assistência à saúde da pessoa ou animal, não serão classificados segundo os critérios de patogenicidade.

A classificação de acordo com a fonte geradora define características dos resíduos sólidos gerados em áreas domiciliares, comerciais, industriais de atividades públicas, de vias públicas, serviços de saúde, de construções e demolições, unidades de tratamento e na agricultura.

Dayal et al. (1993) citam que as características dos resíduos sólidos ainda diferem entre países, cidades e ruas, além disso, suas propriedades podem variar com estações, disponibilidade de alimentos, férias e turismo.

Uma classificação mais detalhada em relação a origem dos resíduos sólidos é apresentada por Tchobanoglous et al. (1993) conforme mostrado no quadro 3.

Fonte	Unidades típicas, atividades ou localização de geração	Tipos de Resíduos Sólidos
Domiciliar	Família simples e várias famílias em residências independentes e apartamentos	Resíduos de alimentos, papel, papelão, plásticos, tecidos, couros, resíduos de jardinagem e poda, madeira, vidros, latas, cinzas, resíduos de varrição, resíduos especiais (itens volumosos, artigos eletrônicos, baterias, pneus e óleos), resíduos sólidos perigosos.
Comércio	Lojas, restaurantes, mercados, escritórios, hotéis, motéis, lojas de impressão, serviços mecânicos, etc.	Papel, papelão, plásticos, madeira, resíduos de alimentos, vidro, metal, resíduos especiais, resíduos perigosos, etc.
Instituições	Escolar, hospitalar, prisões, centros governamentais.	Papel, papelão, plásticos, madeira, resíduos de alimentos, vidro, metal, resíduos especiais, resíduos perigosos, etc.
Construção e demolição	Áreas de novas construções, recuperação/renovação de estradas, entulhos de pavimentação.	Madeira, aço, concreto, poeira, etc.
Serviços Municipais (exceto unidades de tratamento)	Varrição, limpeza de bocas de lobo, parques e praias, outras áreas de recreação.	Resíduos especiais, refugos, resíduos de varrição, podas de árvores e de parques em geral, praias e áreas de recreação.
Unidades de tratamento; incineradores municipais	Processos de tratamento de água, efluentes e resíduos industriais.	Resíduos de unidades de tratamento, principalmente compostos por lodos residuais.
Município	Todos os citados anteriormente.	Todos os citados anteriormente.
Indústria	Construção, fabricação, indústrias pesadas e leves, refinarias, unidades geradoras de energia, demolição, etc.	Resíduos de processo industrial, sucata, etc. Resíduos não industriais, incluindo alimentos, refugos, cinzas, resíduos de demolição e construção, resíduos especiais, resíduos perigosos.
Agricultura	Colheitas, pomares, videiras, leiteiras, fazendas, etc.	Resíduos de alimentos estragados, resíduos de agricultura, refugos, resíduos perigosos.

Fonte: Adaptado de Tchobanoglous et al. (1993)

Quadro 3 - Classificação dos resíduos sólidos segundo a sua origem.

Segundo Mota (1997) e D'almeida (2000), os resíduos sólidos podem ser classificados conforme sua origem, sendo: domiciliar (originado no cotidiano das residências como sobras, embalagens, etc. Caracteriza-se por uma grande parcela de matéria orgânica e alguns resíduos podem ser classificados como tóxicos), comercial (procedência em unidades comerciais e de serviços, apresentam grande

quantidade de papel, plástico e embalagens diversas), público ou especiais (com origem nos serviços de limpeza urbana sendo incluídos os resíduos da varrição de vias públicas, restos vegetais diversos, corpos de animais, etc.), serviços de saúde e hospitalar (considera os resíduos que podem conter germes patogênicos a exemplo de seringas, gazes, etc. localizados em hospitais, laboratórios e demais, todavia, os resíduos assépticos como papéis, o restante de preparações de alimentos, etc. que não apresentem contato direto com pacientes ou resíduos sépticos citados anteriormente serão considerados resíduos domiciliares), portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários (os resíduos sépticos que potencialmente podem apresentar germes patogênicos provenientes de outras localidades como materiais de higiene e restos de alimentos e veicular doenças), industrial (provenientes de atividades da indústria identificados por borrachas, vidros, madeiras e demais, sendo em grande parte considerados tóxicos), agrícolas (originados de atividades agrícolas e pecuárias e representados por embalagens de fertilizantes, defensivos agrícolas, rações, etc.) e entulho (considerado resíduo da construção civil, sendo composto por materiais de demolição, solos de escavações, etc. e usualmente apresenta um material apto a reaproveitamento).

Povinelli e Bidone (1999) categorizam o resíduo sólido de acordo com seu grau de degradação:

- facilmente degradáveis: são os resíduos orgânicos putrescíveis, sendo matéria orgânica facilmente biodegradável por meio de bactérias e fungos. Exemplo: matéria orgânica domiciliar;

- moderadamente degradáveis: resíduos em que a decomposição por meio biológico ocorre no período de duas a quatro semanas. Exemplos: papelão e demais materiais celulósicos;

- dificilmente degradáveis: resíduos que denotam degradação biológica nula ou desprezível, como verificado em retalhos, borracha e madeira;

- não degradáveis: resíduos mais resistentes à biodegradação, em que se incluem metais, vidros, terra, entre outros.

Outra classificação define os resíduos sólidos de acordo com o potencial para reciclagem de seus componentes. Lafay (1997) sugere a coleta segregativa, na qual os resíduos sólidos são identificados em dois tipos: orgânicos (resíduo úmido) e o inorgânico (resíduo seco).

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT e o Compromisso Empresarial para a Reciclagem – CEMPRE (2000) divulgaram a constituição dos resíduos sólidos em frações categorizadas em putrescível, reciclável e combustível, como mostrado no quadro 4.

Componentes	Putrescível	Reciclável	Combustível
Borracha		X	X
Couro	X		X
Madeira	X	X	X
Matéria Orgânica Putrescível	X		
Metais Ferrosos		X	
Metais Não-Ferrosos		X	
Papel	X	X	
Papelão	X	X	X
Plástico Duro		X	X
Plástico Filme		X	X
Trapos		X	X
Vidro		X	

Fonte: IPT/CEMPRE (2000)

Quadro 4 - Classificação dos resíduos sólidos em função do seu reaproveitamento.

Armitage e Rooseboom (2000) analisaram os tipos de materiais encontrados no sistema de drenagem e produziram um sistema de classificação simplificado: (1) Plásticos: sacolas, embalagens, recipientes, garrafas, cordas, fitas cassetes, seringas, etc. (2) Papéis: embalagens, jornais, folhetos, embalagens de comida e bebida, passagens de ônibus, papelão, etc. (3) Metais: chapa metálica, latas, garrafas, placas de veículo. (4) Vidro: garrafas, pedaços quebrados. (5) Vegetação: ramos e folhas de árvores, frutas e vegetais podres. (6) Animais: cães e gatos mortos, diversos esqueletos. (7) Materiais de construção: janelas, tábuas, escoras, tijolos quebrados, massa de concreto. (8) Outros: roupas velhas, sapatos, panos, esponjas, bolas, lápis, canetas, balões, tocos de cigarros, pneus.

Fatores que influenciam na taxa de produção de RSU foram citados por Allison et al. (1998). São eles: (a) Tipo de ocupação do solo: comercial, industrial,

residencial e parques; (b) Características dos eventos de precipitação; (c) População; (d) Práticas de gerenciamento: limpeza de ruas, forma de armazenamento, regularidade de limpeza, programas de reciclagem; (e) Programas de conscientização e educação; (f) Período de tempo sem precipitações pluviométricas; (g) Tamanho e geometria das entradas e condutos da rede de drenagem; (h) Características físicas da bacia hidrográfica: tamanho, declividade, características da superfície e vegetação; (i) Variações sazonais; (j) Intensidade e direção do vento.

A caracterização dos resíduos sólidos flutuantes vindos pela drenagem na cidade de Porto Alegre – RS foi realizada por Neves (2006), que chegou aos resultados apresentados no quadro 5.

Resíduos	Descrição e ocorrência
Plásticos 1	em geral foi o item de maior presença. Composto de sacolas inteiras ou em pedaços de supermercados, de outras embalagens, embalagens de salgadinhos, etc.
PET	garrafas de refrigerante e água mineral, etc.
Plásticos 2	composto de plásticos que não entram no tipo Plásticos 1, nem no tipo PET: garrafas de água mineral, garrafas de aguardente, potes de margarina, garrafas de shampoo, copos de refrigerantes e demais plásticos rígidos, etc. Sempre em grande quantidade.
MADT	em geral mais tocos, pedaços de galhos que vêm mais provavelmente do parque e não como resíduos da bacia.
Vidro	mais comum garrafas de cerveja do tipo long neck.
Papéis	quase não veio, apesar da presença expressiva nos sacos de varrição das ruas. Provavelmente se desfazem no caminho ou ficam facilmente presos nas redes. Quando chegam no poço da CB, já vêm em pequenos pedaços, passando pela grade
Embalagens cartonadas longa vida	caixas de leite, de suco, etc.
Isopor	verificado bastante nas maiores precipitações pluviométricas. A maior parte provavelmente vem do parque.
Trapos	restos de roupas, tênis, sapatos, etc. Podem vir da bacia, pois foram achados trapos em sacos de varrição das ruas, mas também podem vir do parque. Quando há material esportivo, como chuteiras, certamente vêm do parque, pois há um campo de futebol perto do canal.
Espuma	pequenos pedaços.
Cerâmica	ocorrência pequena, por meio de materiais de construção civil.
Borracha	pequenos pedaços ou sandálias de borracha.
ALA	aço, Latas, Alumínio: Latas de óleo de soja, latas de doces, etc., latinhas de refrigerante ou cerveja como maior ocorrência, o aço aparecia mais em embalagens de inseticidas, mas muito pouco em todo o período de coleta.
Couro	bolas de futebol e outros materiais (sapatos estão no item Trapos).
Outros	

Fonte: Neves (2006)

Quadro 5 - Resíduos quantificados na caracterização do resíduo da drenagem.

3.2.2 Danos originados pela disposição incorreta dos RSU

Os resíduos gerados e não coletados são, na maioria das vezes, depositados em terrenos baldios, quintais e córregos. Estes locais onde são acumulados os resíduos são definidos como pontos de risco, considerando a proliferação do habitat ideal para macro e micro vetores. A população fica exposta aos riscos e as crianças e os idosos são, particularmente, mais vulneráveis (NUNESMAIA, 2002).

No aspecto ambiental, uma das principais conseqüências sobre a saúde humana é, conforme a autora, a contaminação do lençol freático (águas de subsuperfície). Pereira (1999) ainda destaca que os impactos causados pela falta ou ineficiência do manejo dos resíduos sólidos urbanos abrangem aspectos sanitários, ambientais, econômicos e sociais.

O autor discorre sobre os aspectos sanitários incidem com maior veemência as populações e geram doenças de saúde pública. O resíduo sólido urbano prolifera vetores biológicos que são transmissores de bactérias e fungos que, aliado à desnutrição da população são responsáveis por doenças como a cólera, dengue e leptospirose. Os impactos ambientais são causados pela poluição dos solos e corpos hídricos decorrido por líquidos lixiviados como o chorume, resinas e tintas. Os danos econômicos em virtude da ausência de tratamento adequado de resíduo sólido urbano são perceptíveis quando se verificam os valores gastos em saúde pública, a desvalorização das propriedades próximas aos lixões, queda da produtividade do homem devido a doenças e reincidências e os custos para desativação de lixões e áreas clandestinas. Já os impactos sociais causados pela grande produção de resíduos tem direcionado o governo e sociedade para práticas de diminuição da degradação do meio ambiente e aumento do bem-estar da sociedade.

A proliferação de insetos e roedores, transmissores de doenças, é um resultado de resíduos acumulados (MOTA, 1997). A massa dos resíduos sólidos possui agentes patogênicos e microorganismos que são prejudiciais à saúde humana (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1999).

O tempo de sobrevivência (em dias) de microorganismos patogênicos presentes nos resíduos sólidos é apresentado no quadro 6:

Microrganismos	Doenças	Tempo Sobrevivência (dias)
Bactérias		
Salmonella typhi	Febre tifóide	29-70
Salmonella Paratyphi	Febre Paratífóide	29-70
Salmonella sp	Salmoneloses	29-70
Shigella	Disenteria bacilar	02-07
Coliformes fecais	Gastroenterites	35
Leptospira	Leptospirose	15-43
Mycobacterium tuberculosis	Tuberculose	150-180
Vibrio cholerae	Cólera	1-13
Vírus		
Enterovirus	Poliomielite (poliovirus)	20-70
Helmintos		
Ascaris lumbricoides	Ascariíase	2.000-2.500
Trichuris trichiura	Trichiuriase	1800
Larvas de ancilóstomos	Ancilostomose	35
Outras larvas de vermes	-	25-40
Protozoários		
Entamoeba histolítica	Amebíase	08-12

Fonte: Ministério da Saúde (1999)

Quadro 6 - Tempo de sobrevivência (em dias) de microrganismos patogênicos nos resíduos sólidos.

Forattini (2000 apud CERQUEIRA, 2000) ao justificar o reaparecimento de doenças endêmicas, que já se encontravam praticamente erradicadas, como a dengue e febre amarela, aponta o saneamento ambiental como responsável tendo dois indicadores básicos, sendo eles: os mosquitos, que revelam o destino inadequado dos esgotos e a drenagem pluvial; e a proliferação de moscas, que indicam a destinação imprópria dos resíduos sólidos. Também esclarece que a população não é educada (pelo poder público) para tratar os resíduos que produz, poluindo as cidades e degradando os espaços naturais. A partir disto, forma uma cadeia de problemas relacionados com o saneamento ambiental: ruas e córregos cheios de resíduos, bueiros entupidos. Outros animais podem constituir-se reservatórios de doenças, após utilizar os resíduos sólidos domésticos como fonte de alimentos. No quadro 7 são destacadas as doenças relacionadas aos resíduos.

Vetores/Reservatórios	Forma de transmissão	Enfermidade
Rato e pulga	Mordida, urina, fezes e picadas	Leptospirose, peste bubônica
Mosca	Asas, patas, corpo, fezes e saliva	Amebíase, disenteria, giardíase, ascaridíase, febre tifóide, cólera
Mosquito	Picada	Malária, febre amarela, dengue, leishmaniose
Barata	Asas, patas, corpo e fezes	Febre tifóide, cólera, giardíase
Gado e porco	Ingestão de carnes contaminadas	Teníase e cisticercose
Cão e gato	Urina e fezes	Toxoplasmose

Fonte: Adaptado de Manual de Saneamento (1999)

Quadro 7 - Enfermidades relacionadas com os resíduos sólidos, transmitidas por macro vetores e reservatórios.

3.3 Gestão de resíduos sólidos

A definição de resíduos sólidos urbanos conforme defendido por Schall (1992 apud MILANEZ, 2001) é embasada no abandono do “paradigma da disposição de resíduos” onde os RSU são considerados uma massa uniforme, que deve ser coletada, compactada e enterrada ou queimada, além da visão de que são formados a partir de diferentes materiais devem ser manuseados conforme processos distintos.

O Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos do Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM (2001) retrata que mais de 70% dos municípios brasileiros possuem menos de 20 mil habitantes e que a concentração urbana no país excede 80%. Isto aumenta a apreensão com a problemática ambiental do meio urbano e o gerenciamento dos resíduos sólidos – cuja atribuição está atrelada ao poder municipal.

A natureza vem apresentando baixa reação de recuperação devido ao alto grau de poluição gerada e assim, o desafio é assegurar que a sociedade possa continuar desfrutando de qualidade de vida sem alterar o ecossistema. O gerenciamento de recursos visa assegurar e garantir a qualidade dos recursos

naturais e, deste gerenciamento, deve surgir soluções de compromissos que se proponham a harmonizar e solucionar os problemas ambientais vigentes.

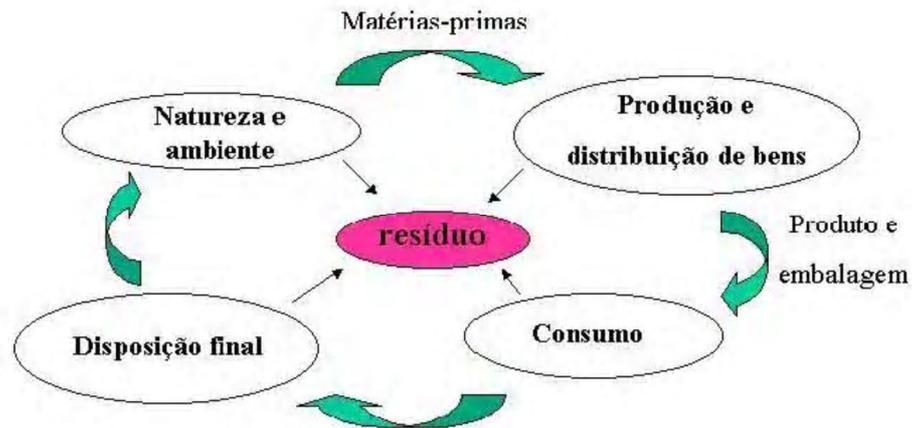
O Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT/CEMPRE (2000) conceitua o gerenciamento integrado de resíduos como o conjunto de ações normativas, financeiras, operacionais e de planejamento que um governo municipal desenvolve, com base em critérios sanitários, ambientais e econômicos para coletar, tratar e dispor o RSU de seu município.

Conforme defendido por Marais e Arbitrage (2004), deve haver uma integração ampla entre resíduos sólidos, água e saneamento e drenagem e inundações e uma integração específica entre planejamento (urbano e do uso do solo), controle na fonte (educação e conscientização, redução de RSU, limpeza e coleta) e controle estrutural (tratamento de água e retenção de resíduos).

O Ministério do Meio Ambiente define em sua Política Nacional o conceito de gerenciamento integrado de resíduos sólidos como sendo as atividades referentes à tomada de decisões estratégicas quando do desenvolvimento, implementação e operação das ações definidas no plano de gestão unificada de resíduos sólidos, da fiscalização e do comando dos serviços de manejo dos resíduos sólidos.

Lopes (2003) define a gestão de resíduos sólidos como todas as normas e leis relacionadas a estes e, o gerenciamento integrado dos resíduos sólidos é rotulado como todas as operações que envolvem os resíduos, como coleta transporte, tratamento, disposição final, e demais.

Na figura 3 é apresentado o modelo tradicional da gestão dos resíduos sólidos, que avalia o meio ambiente como fonte inesgotável de recursos.



Fonte: Lopes (2003)

Figura 3 - Modelo tradicional de gestão de resíduos sólidos.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM e o Ministério do Meio Ambiente (2005), a gestão integrada de resíduos sólidos é a forma de conceber, implementar e administrar sistemas de limpeza urbana, considerando uma grande participação dos setores da sociedade e visando o desenvolvimento sustentável.

Analisar o modelo de gestão dos resíduos sólidos no país requer conhecimento acerca de como outros países enfrentem o problema e de como buscaram sua resolução.

O modelo de gestão dos resíduos sólidos do Brasil é comparado com o modelo adotado nos países da Comunidade Européia, Japão e Estados Unidos. Nesta análise, Lima (1998a) ressalta que o gerenciamento entre os países é semelhante, apesar de cada nação possuir realidades adversas.

O autor estudou alguns aspectos como a hierarquia política, os arranjos institucionais, os instrumentos legais adotados, os mecanismos financeiros para manter as políticas públicas e as diretrizes/metapas para a gestão dos resíduos.

A análise sobre os arranjos institucionais, ou seja, o papel de cada esfera governamental na elaboração de leis, regulação e fiscalização apontou para grande semelhança entre Alemanha, França, Holanda, Dinamarca, Japão e Brasil, pois, o governo federal é o responsável pelas políticas, normas e diretrizes gerais. Já os estados têm a função de fiscalizar, além de uma limitada função normativa,

enquanto os municípios devem gerir, coletar e dispor os resíduos de maneira adequada.

Em relação aos mecanismos financeiros, os países são unânimes na defesa do gerenciamento auto-sustentável dos resíduos. Lima (1998a) cita o exemplo da Holanda, onde há taxas específicas de acordo com o tratamento.

A hierarquização das prioridades da gestão de resíduos sólidos em alguns países é apresentada por Nunesmaia (2002), conforme quadro 8.

País/ Estados	1°	2°	3°	4°	5°	6°
Brasil	Não geração de resíduos	Minimização da geração	Reutilização de materiais	Reciclagem	Tratamento	Aterro sanitário
França	Prevenção	Valorização por reuso	Reciclagem ou valorização energética	Aterro sanitário de resíduos não valorizados		
Áustria	Prevenção quantitativa e qualitativa	Valorização (quando justificado do ponto de vista ambiental e econômico)	Se a valorização não é justificada, eliminação por via biológica, térmica ou químico—física	Somente os resíduos que não podem ser mais reciclados são encaminhados para o aterro sanitário		
Alemanha	Prevenção quantitativa e qualitativa	Reciclagem de materiais	Valorização térmica	Eliminação (tratarmento final)		
Dinamarca	Prevenção	Reciclagem	Incineração com recuperação de energia	Aterro sanitário		
Quebec (Canadá)	Redução na fonte	Reutilização	Reciclagem	Valorização	Aterro Sanitário	
Bahia (Estado)	Não geração de resíduos	Minimização da geração	Reutilização de materiais	Reciclagem	Tratamento	Disposição final
Bélgica (Bruxelas)	Prioridade para a prevenção, ou a redução da poluição dos resíduos ou de sua nocividade	Valorização dos resíduos por reciclagem	Reaproveitamento	Reutilização ou qualquer ação visando a obtenção de matéria—prima secundária, ou a utilização de resíduos como fonte de energia		

Fonte: Nunesmaia (2002 apud NUNESMAIA, 2001)

Quadro 8 - Prioridades de alguns países em relação a gestão de resíduos sólidos.

A análise do quadro denota o consenso entre os países sobre as prioridades – ao menos em âmbito legal, a base do discurso das políticas pública de resíduos é similar entre os países do Norte e Sul (representado pelo Brasil).

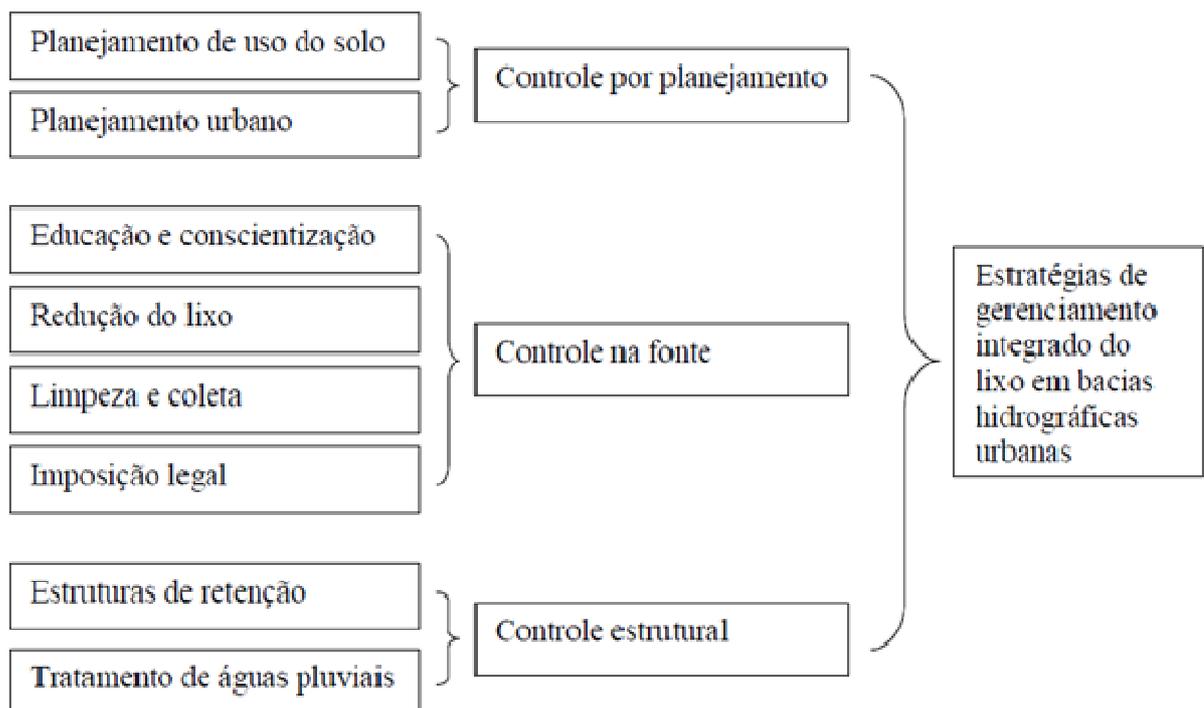
A gestão seguida pelos países é semelhante, todavia, os aspectos culturais e sociais que se seguem sofrem alterações e geram resultados diferentes entre os países.

Nunesmaia (2002) defende um modelo de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos Socialmente Integrada, que tem por base o desenvolvimento de cinco aspectos simultaneamente: o desenvolvimento de linhas de tratamento de resíduos por meio de tecnologias limpas, priorizando a redução e a valorização; a economia (viabilidade); a comunicação e a educação ambiental por meio do envolvimento dos diversos atores sociais; o social com o uso da inclusão social, emprego; o ambiental (os aspectos sanitários, os riscos à saúde humana). O elemento fundamental do modelo apresentado é a associação da redução de resíduos em sua fonte geradora com políticas sociais municipais.

O desenvolvimento de gestão de resíduos sustentável é defendido por Nunesmaia (2001). A autora cita que, tendo por partida as grandes fontes geradoras de resíduos como a fração orgânica proveniente das feiras livres, dos supermercados e da poda; frações secas oriundas do comércio e de órgãos públicos e o entulho, torna-se possível a implantação de planos de gestão de resíduos em serviços de saúde, o que permite uma redução de pelo menos 60% desse material – valorizando a fração orgânica dos restaurantes e as embalagens de uso administrativo. A cada fonte de resíduo (potencialmente significativa) estão associados os caminhos sustentáveis para a gestão socialmente integrada.

Lima (1998a) explica que gestão de resíduos sólidos urbanos envolve atividades referentes à tomada de decisões estratégicas com relação aos aspectos institucionais, administrativos, operacionais, financeiros e ambientais, enfim, à organização do setor para esse fim, envolvendo políticas, instrumentos e meios. Para o autor, o termo gerenciamento de resíduos sólidos refere-se aos aspectos tecnológicos e operacionais da questão, e envolvendo fatores administrativos, gerenciais econômicos, ambientais e de desempenho, como a produtividade e qualidade, e relaciona-se a prevenção, redução, segregação, reutilização, acondicionamento, coleta, transporte, tratamento, recuperação de energia e destinação final de resíduos sólidos.

Estratégias de gerenciamento integrado de resíduos em bacias hidrográficas urbanas também são defendidas por Marais e Armitage (2004), conforme mostrado na figura 4. Os autores abordam o controle por planejamento, no qual busca-se a restrição do uso do solo em áreas de canais naturais, banhados, etc. por atividades produtoras de resíduos e a minimização do risco de alcançar os cursos de água. O controle na fonte objetiva reduzir as cargas que entram no sistema de drenagem (por meio de campanhas educacionais em que a população seja informada e motivada a manter ou melhorar o sistema de coleta e limpeza e que os órgãos responsáveis utilizem, se necessário, a legislação para fiscalizar e punir infratores). Por fim, o controle estrutural visa a interceptação e remoção do resíduo após a entrada no sistema de drenagem.



Fonte: Adaptado: Marais e Armitage (2004)

Figura 4 - Estratégias de gerenciamento integrado.

O sistema de gerenciamento integrado de resíduos sólidos adotado em Porto Alegre, RS, Brasil é sinalizado por Reichert (1999) como um método de administração pública fundamentado na participação popular. Este mecanismo

envolve a redução na origem, o tratamento e o destino final adequado e engloba uma perspectiva multidisciplinar e inter-setorial.

O autor ainda afirma que o manejo adequado dos resíduos sólidos é um dos principais desafios dos centros urbanos. Respostas isoladas e estanques que não incluam os resíduos desde sua geração até seu destino final, incluindo seu tratamento, não obterão êxito na resolução do problema como um todo.

Oliveira (2002) esclarece que as metas em relação aos resíduos sólidos são de reduzir ao mínimo sua geração, aumentar a reutilização e reciclagem do que foi gerado, promover o depósito e tratamento ambientalmente saudável dos rejeitos e universalizar o atendimento.

Desta forma, o modelo de gestão de resíduos sólidos urbanos em vigência no Brasil – baseado na coleta e afastamento dos resíduos gerados e, em alguns casos, sua disposição correta, compõe soluções isoladas e estanques e que vem se mostrando impróprias. Moraes (2003) defende modelos integrados e sustentáveis, que envolvam a geração, maximização do reaproveitamento e reciclagem e o processo de tratamento e destino final dos resíduos.

A gestão de resíduos sólidos deve ser analisada em seu conjunto. É preciso valorizar a necessidade de mudanças no comportamento e hábitos do cidadão, da sociedade moderna, relativos à redução do consumo e produção e a consolidação dessas mudanças é um grande desafio para a política de comunicação/educação ambiental junto à sociedade (NUNESMAIA, 2002 apud SALEK, 2006).

3.4 O direito ambiental no contexto dos resíduos sólidos

A área do conhecimento jurídico que aborda as interações entre o homem e a natureza é identificada como Direito Ambiental que é descrito abaixo:

O Direito Ambiental é o conjunto de princípios e regras impostos, coercitivamente, pelo Poder Público competente, e disciplinadores de todas as atividades relacionadas com o uso racional dos recursos naturais e a promoção e proteção dos bens culturais, tendo por objetivo a defesa e a preservação do patrimônio ambiental (natural e cultural) e por finalidade a incolumidade da vida em geral, tanto a presente como a futura (DUARTE, 2003).

A Lei 6.938 no artigo 2º da Constituição Federal (Brasil, 1981) estabelece que a Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana. No artigo 3º são definidas algumas classificações como o meio ambiente: conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas; degradação da qualidade ambiental: modificação adversa das características do meio ambiente; e poluição: degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que, direta ou indiretamente causem dano à saúde, segurança e bem-estar da população, formulem condições adversas às atividades sociais e econômicas, afetem desfavoravelmente a biota, afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente ou lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

A lei da Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981) criou o Sistema Nacional do Meio Ambiente que encarrega União, Estados e Municípios a emitir regulamentos sobre os aspectos ambientais e aplicar legislação sobre a matéria.

Este processo de formação da legislação ambiental viabilizou condutas intrínsecas a uma nova ética social, na qual o ser humano deixa de ser o centro do universo e o meio ambiente deixa de ser um mero patrimônio a serviço dos interesses da humanidade (ROCCO, 2002).

A legislação ambiental brasileira pode ser considerada uma legislação moderna na medida em que congrega os principais princípios previstos em acordos internacionais multilaterais e declarações sobre meio ambiente. Além disso, a Constituição Federal oferece mecanismos considerados importantes para conciliar o uso da propriedade privada e o desenvolvimento de atividades econômicas com a preservação do meio ambiente, estabelecendo que o uso da propriedade seja feito conforme sua função social e tratando a defesa do meio ambiente como um dos princípios direcionadores da atividade econômica. No entanto, embora considerada moderna e abrangente, a legislação ambiental brasileira não é, por si só, suficiente para a melhoria da qualidade ambiental no País, o que revela a desarmonia entre a lei e a real aplicação do direito (SALEK, 2006).

A Resolução nº 275 de 25 de abril de 2001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (Brasil, 2001), dispõe o incentivo à reciclagem de resíduos e

redução do impacto ambiental por meio da codificação de cores quanto ao tipo de material, conforme segue:

Azul - Papel/papelão

Vermelho - Plástico

Verde - Vidro

Amarelo - Metal

Preto - Madeira

Laranja - Resíduos perigosos

Branco - Resíduos ambulatoriais e de serviços de saúde

Roxo - Resíduos radioativos

Marrom - Resíduos orgânicos

Cinza - Resíduo geral não reciclável contaminado, ou contaminado não passível de separação

A Lei Federal 2.312 de 1954 (BRASIL, 1954) dispõe, no artigo 12, sobre normas gerais sobre a defesa e a proteção à saúde e diz, “a coleta, o transporte e o destino final do lixo deverão processar-se em condições que não tragam inconvenientes à saúde e ao bem estar público, nos termos da regulamentação a ser baixada”. Esta regulamentação foi baixada somente sete anos depois, em 1961, por meio do decreto 49.974-A, sob a denominação de Código Nacional de Saúde, e em seguida foi complementada pela Portaria do Ministério do Interior Nº 53, de 01 de março de 1979, que dispõe sobre os problemas oriundos da disposição de resíduos sólidos.

A legislação também aborda os efeitos dos resíduos sólidos sobre a saúde humana por meio do saneamento básico. A lei 11.445 de 5 de janeiro de 2007 prevê em seu artigo 2º, Inciso III (Brasil, 2007), que o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, a limpeza urbana e o manejo dos resíduos sólidos devem ser realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente.

Esta Portaria estabeleceu algumas normas gerais para serem seguidas em todo o país, sendo que os projetos para tratamento e disposição de resíduos sólidos ficaram sujeitos à aprovação e fiscalização dos órgãos estaduais de controle da poluição, e que na sua inexistência, o órgão federal deveria agir diretamente, de acordo com Machado (2003).

Se for considerado que a preocupação com a problemática dos RSU deu-se inicialmente sob o enfoque da saúde urbana, com a edição da Lei 2.312 de

03/09/1954 (Normas Gerais sobre a Defesa e Proteção da Saúde), que previa no art. 12 que a coleta, o transporte e o destino final dos resíduos sólidos urbanos deveriam se dar em condições que não importassem inconvenientes à saúde e ao bem-estar público, constata-se que se passou de mais de uma década para mais de meio século de infrações à legislação (BOCK et al., 2001).

Assim, o autor destaca que o problema surge no momento em que não são seguidas as normas legais. O item X da Portaria 053/79 proíbe o lançamento e depósito de resíduos sólidos a céu aberto, no entanto, a propagação dos lixões persiste na maioria das cidades brasileiras.

Considerando que o artigo 225 da Constituição Federal de 1988 estabelece que: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as futuras gerações” e que segundo Bock et al. (2001), identificam-se vários problemas quanto aos RSU - sua produção e descarte na maneira como ocorrem na maioria dos municípios brasileiros, vêm infringindo o artigo da Constituição Federal.

A responsabilidade criminal por dano ambiental é instituída na Lei nº 9.605/98 (Brasil, 1998) e responsabiliza entidades e agentes políticos que causarem prejuízo ambiental, sendo que o dano ambiental consiste em poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde pública, ou que provoquem a mortalidade de animais ou a destruição significativa da flora.

A percepção de Machado (1999) é de que os resíduos sólidos têm sido negligenciados tanto pelo público como pelos legisladores e administradores, devido possivelmente à carência de divulgação de seus efeitos poluidores, já que como poluente, tem sido menos importunos que os resíduos líquidos e gasosos, porque colocados na terra não se dispersam amplamente como os poluentes do ar e da água.

Milaré (2000) defende que o Brasil carece de uma Política Nacional de Resíduos Sólidos que defina normas relativas à prevenção da geração, minimização, reutilização, manejo, acondicionamento, coleta, reciclagem, transporte, tratamento, reaproveitamento e disposição final dos resíduos sólidos.

O Projeto de Lei que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos encontra-se em trâmite no Congresso Nacional Brasileiro, surgindo em um momento de extrema necessidade. Ele rege como suas diretrizes:

- I - proteção da saúde pública e da qualidade do meio ambiente;
- II - não-geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento de resíduos sólidos, em como destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos;
- III - desenvolvimento de processos que busquem a alteração dos padrões de produção e consumo sustentável de produtos e serviços
- IV - adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias ambientalmente saudáveis como forma de minimizar impactos ambientais;
- V - incentivo ao uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados;
- VI - gestão integrada de resíduos sólidos;
- VII - articulação entre as diferentes esferas do Poder Público, visando a cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos;
- VIII - capacitação técnica continuada na área de resíduos sólidos;
- IX - regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação de serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, com adoção de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados, como forma de garantir sua sustentabilidade operacional e financeira;
- X - preferência, nas aquisições governamentais, de produtos recicláveis e reciclados;
- XI - transparência e participação social;
- XII - adoção de práticas e mecanismos que respeitem as diversidades locais e regionais;
- XIII - integração dos catadores de materiais recicláveis nas ações que envolvam o fluxo de resíduos sólidos;
- XIV – educação ambiental.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, na condição de um relatório preliminar, se direciona para a redução progressiva da utilização de determinados tipos de artefatos que se tornam resíduos, pois estabelece metas para a substituição de frascos descartáveis por outros retornáveis, como também a obrigatoriedade da participação dos fabricantes de materiais descartáveis no sistema de resíduos, no sentido da sua valorização e reciclagem (KAPAZ, 2001).

Portanto, o atual panorama brasileiro sobre resíduos sólidos estabelece uma pressão constante exercida no meio ambiente e que demanda uma solução

emergente. O projeto de lei para a PNRS visa solucionar os problemas recorrentes causados pela ausência de normatização no país.

No Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (2002 apud SANTOS, 2002), salienta que das 497 cidades do estado 46% tratam seus resíduos com o licenciamento operacional que a Fundação Estadual de proteção Ambiental (FEPAM) concede, nessa fase todos os pré-requisitos de segurança dispostos na legislação ambiental são atendidos. Todavia, o restante dos 54% dos municípios não apresentam a mesma realidade. Destes, 25% estão em procedimento para adequação a lei, contudo outros 44% nos manifestaram iniciativa para seguir a legislação.

3.5 Monitoramento em pequenas bacias hidrográficas

A importância dos recursos hídricos vem gerando demandas crescentes para a elaboração de projetos em pequenas bacias. Segundo Goldenfum (2001) a definição de dimensões máximas de uma pequena bacia apresenta subjetividade. A variabilidade natural das características físicas das bacias – em relação a solos, vegetação e topografia – resulta na indefinição de um valor único aplicável a todas as situações.

O autor ainda esclarece que as pequenas bacias apresentam um grau de homogeneidade maior que as demais, todavia qualquer variabilidade possui importância relativa maior do que médias e grandes bacias, pois, pequenas variações são “filtradas” pelo seu comportamento médio.

Um dos principais motivos para preponderâncias de estudos hidrológicos no nível de pequenas bacias é devido aos problemas ambientais e excesso ou falta de água em regiões urbanas. De acordo com Silveira e Tucci (1998, p.97), “a disponibilidade hídrica de pequenas bacias (área < 100 km²) é estimada com dados de bacias maiores (área > 300 km²)”.

Outra justificativa é em decorrência da necessidade de complementar a rede de informações hidrológicas no país e para o estudo do funcionamento dos processos físicos, químicos e biológicos no ciclo hidrológico. Goldenfum (2001) destaca que há uma grande carência destes dados em pequenas bacias.

A avaliação dos impactos causados na bacia deve ser quantificada para permitir um desenvolvimento sustentado na região Silveira (1997).

O autor abordou em seu trabalho o uso de calhas como alternativa para amenizar as dificuldades de alto custo de equipamentos. As calhas possibilitam o monitoramento do fluviograma que possibilita o conhecimento de vazões medianas e mínimas.

As calhas possuem as seguintes características: (i) possibilitam o monitoramento com registros em intervalos de tempo diários; (ii) possuem robustez da estrutura de concreto; (iii) denotam facilidade de medições de vazões com seções conhecidas do canal; (iv) apresentam baixo custo da informação, baseado no baixo custo de implantação do sistema e na facilidade de obtenção dos dados (SILVEIRA; TUCCI, 1998).

As calhas Parshall são condutos abertos construídos de tal forma que suas laterais promovam um adequado estrangulamento da seção. Estes medidores são indicados nominalmente pela largura da seção crítica ou garganta. Podem ser construídos em diversos tamanhos para medir vazões que variam entre 0,80 l / s até 93 m³ / s.

As calhas Parshall de fundo plano diferem das Parshall original, somente por ter fundo plano. O escoamento neste tipo de calha pode ser livre ou submerso, sendo o equacionamento diferente para cada caso. As principais vantagens deste tipo de medidor são: (a) Facilidade de construção e baixo custo; (b) podem funcionar como um dispositivo em que uma só medida de carga é necessária (em caso de escoamento livre); (c) pode ser utilizado sob condições de submersão elevada; (d) opera com relativamente pequena perda de carga; (e) é praticamente insensível à velocidade de aproximação; (f) a velocidade de escoamento é usualmente suficiente para evitar depósitos de sedimentos no fundo da calha.

3.6 Mecanismos de contenção dos resíduos sólidos

Existem diversas metodologias para a coleta de resíduos sólidos, entre as quais, a grade harpa, redes em tela de aço instaladas transversalmente ao eixo do

curso d'água, armadilhas metálicas com estrutura basculante, estruturas autolimpante e SEPT (Side-Entry Pit Trap).

3.6.1 Grade harpa

Esta metodologia de retenção de resíduos sólidos, constituí-se de uma estrutura construída e desenvolvida para o projeto intitulado Bacia Escola Urbana (SILVEIRA et al., 2005) expressa pela figura 5 em vista superior e corte vertical AB e na figura 6 em ferro de perfil cilíndrico, fixado em trilho de ferro fundido, situada a montante da calha medidora de vazão do arroio Esperança, Santa Maria RS. Considerando que o tempo de concentração na bacia escola urbana é de curta duração, em poucos minutos tem-se uma grande enxurrada, ocasionando um grande arraste de resíduo sólido na drenagem (RSD). Se a grade fosse instalada verticalmente, os resíduos impediriam o fluxo de água originando problemas de rompimento da estrutura. Desta forma, foi projetada a construção da grade “harpa” com um ângulo de aproximadamente 45° em relação ao nível do fluxo de água. Este procedimento permite que os materiais flutuantes sejam depositados nas partes mais elevadas, facilitando que o fluxo de água ocorra normalmente na parte inferior. O sistema possibilita também quantificar os diferentes tipos de resíduos sólidos presentes na bacia (SILVEIRA et al., 2007).

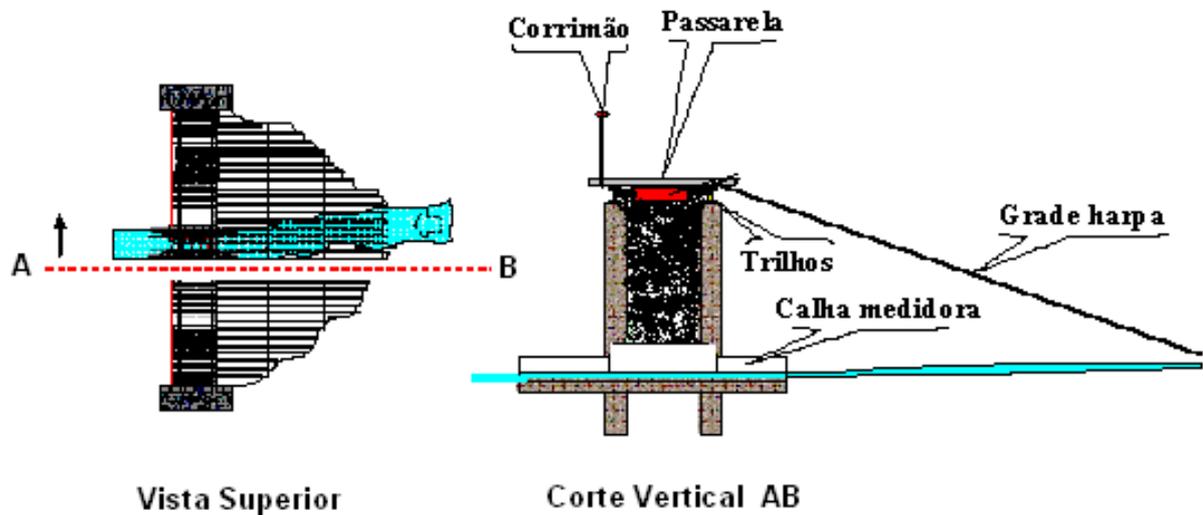


Figura 5 - Croqui com vista superior da grade estrutura tipo “harpa” para separação de resíduos sólidos, e corte vertical AB da seção de controle com a localização da calha, passarela, pilares de sustentação e os dutos.



Figura 6 - Grade “Harpa”, a montante da calha Parshall.

A estrutura metálica de segurança, composta por dois trilhos mais a grade tipo harpa com massa aproximada de 900 kg foi prevista para ser construída sobre a calha Parshall na secção de medição de vazão e de monitoramento dos parâmetros físicos e químicos.

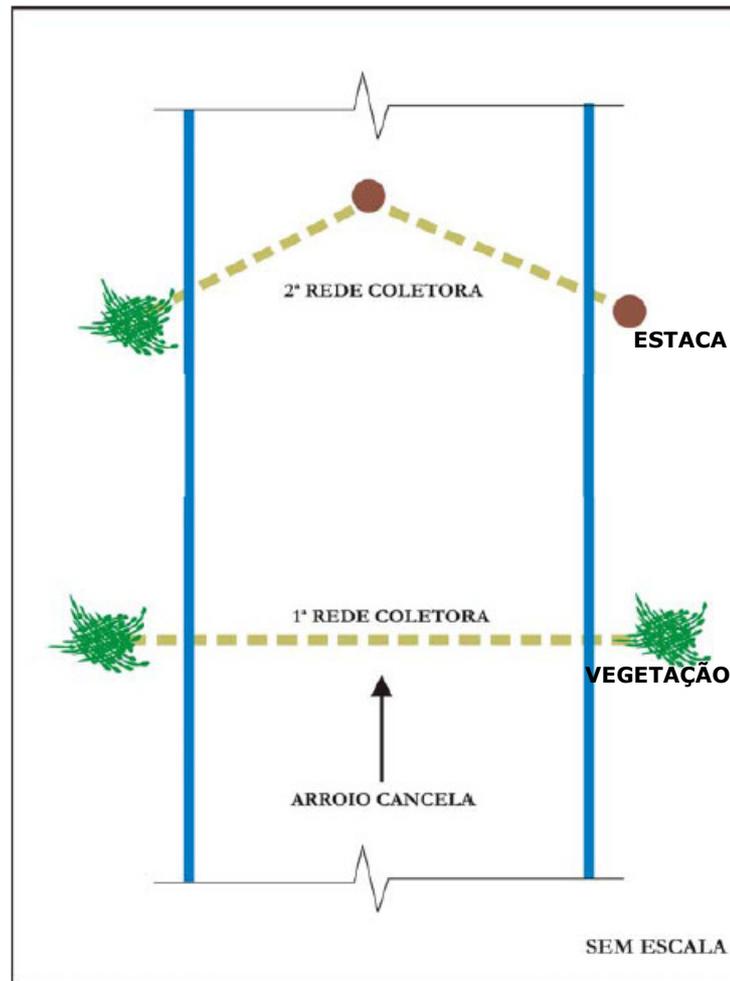
3.6.2 Redes em tela de aço

O uso de redes para retenção do material lançado no sistema de drenagem foi empregado por Brites (2005) e foram feitas de telas de aço com malha de 70 mm, instaladas transversalmente ao eixo do rio, o que viabilizava a retenção e análise dos resíduos sólidos transportados, também foram fixadas na vegetação dos locais de amostra, por meio de tiras de aço galvanizado de 5 mm de espessura.

Se houvesse entupimento da rede por pequenas partículas ou grande quantidade de material, a forte vazão existente faria a água desviar seu curso normal e resultaria em prejuízos à região. Em decorrência da possibilidade de desmoronamentos, este mecanismo foi escolhido, pois a estrutura fixada possibilitava seu rompimento diante de um esforço maior do que o previsto.

A equipe de campo realizava a remoção do resíduo acumulado das redes para que o excesso da água escoasse, evitando aumento no peso das amostras em razão da umidade do material e após esta etapa, o material era quantificado em função de sua composição.

Brites (2005) identificou que as instalações de redes foram fixadas por vegetação na margem do curso d'água quando havia esta possibilidade e em estacas de madeira quando não havia esta disponibilidade, também denota-se o mesmo princípio da utilização de dispositivos instalados nas saídas dos condutos de drenagem, usados por Arnold e Ryan (1999 apud NEVES; TUCCI, 2003). As redes instaladas na bacia hidrográfica são identificadas nas figuras 7 e 8.



Fonte: Brites (2005)

Figura 7 - Imagem esquemática da disposição das redes coletoras.

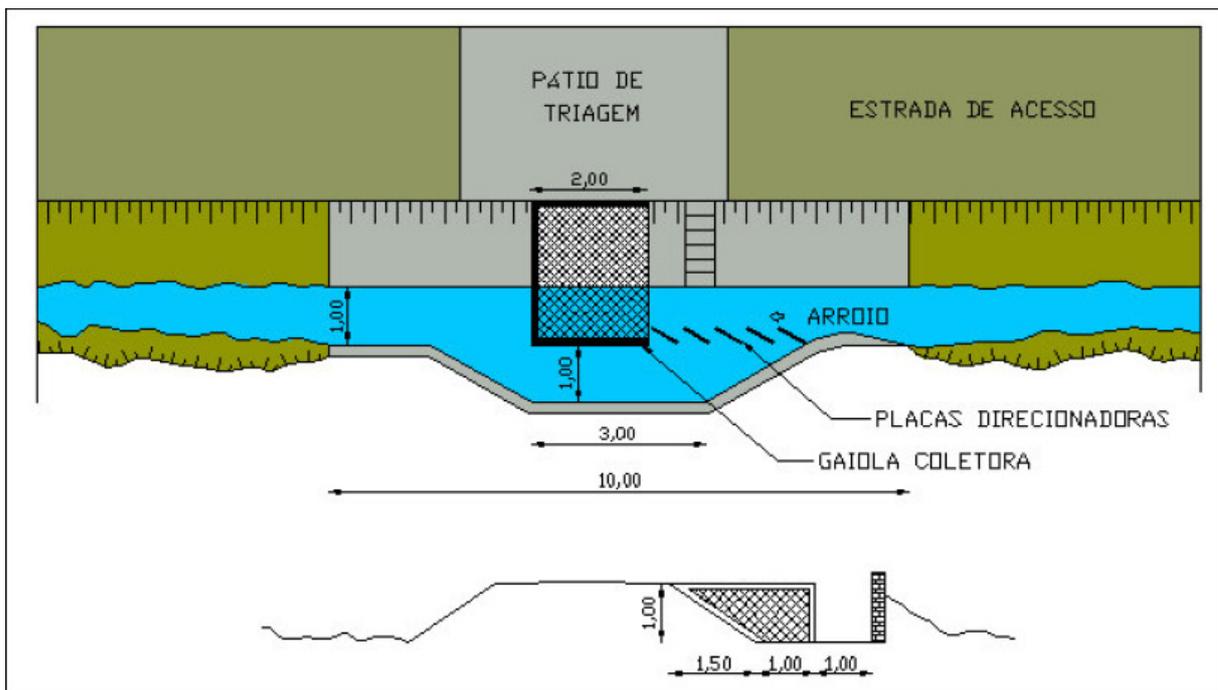


Fonte: Brites (2005)

Figura 8 - Fotografias das redes coletoras de resíduos sólidos, sendo (A) primeira rede e (B) segunda rede.

3.6.3 Armadilha metálica com estrutura basculante

O dispositivo consiste em placas orientadoras (Figura 9), sendo que estas devem direcionar os resíduos transportados pelo arroio para uma gaiola de captação que é basculada com o auxílio de uma talha mecânica e esvaziada. Deste modo, o resíduo coletado é disposto em área pavimentada, localizado ao lado da gaiola, onde são feitas sua classificação e pesagem.



Fonte: Silveira et al. (2005)

Figura 9 - Esquema de estrutura de captação de RSD.

Silveira et al. (2005) observou que a armadilha (Figura 10) é preenchida por resíduos rapidamente, e assim, durante os eventos de precipitação pluviométrica poderia causar obstrução parcial do canal do arroio e provocar inundações. Desta forma, optou-se por colocá-la no arroio somente durante os eventos, acompanhar seu preenchimento e içá-la logo que preenchido o volume interno da cesta.



Fonte: Silveira et al. (2005)

Figura 10 - Armadilha metálica com estrutura içada.

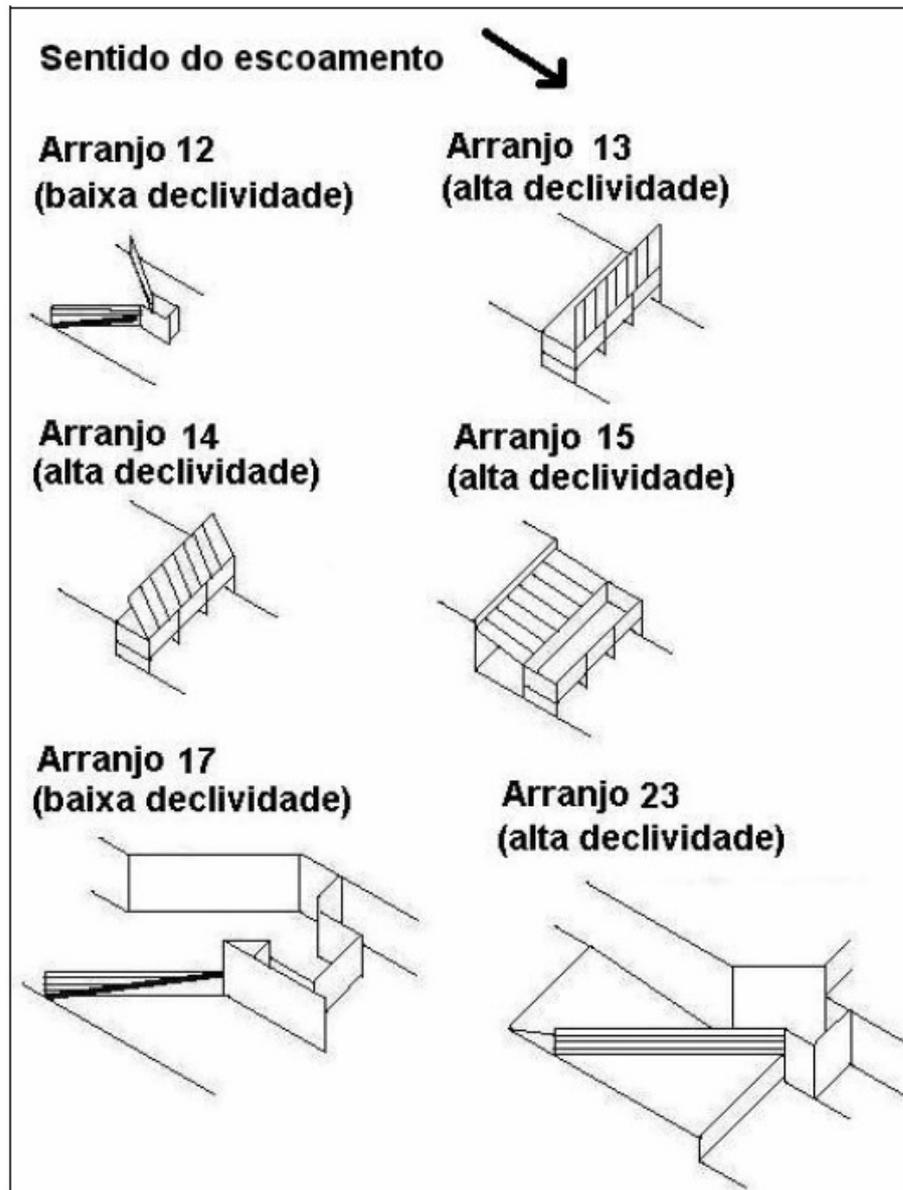
A estrutura, conforme Silveira et al. (2005) apresentou resultados satisfatórios em relação à captação e retenção dos resíduos do arroio, salientando-se que é recomendável sua utilização apenas durante os eventos pluviosos. Além disto, mostra-se robusta e estável o suficiente para impedir atos de vandalismo e depredação.

3.6.4 Estruturas autolimpantes

Os estudos de estruturas autolimpantes se tornaram mais corriqueiras a partir do trabalho de Beecham e Sablatnig (1994), autores que modelaram 23 estruturas *on-line* e *off-line* em canais com declividades baixas e altas. Dentre estes, os seis melhores arranjos podem ser visualizados na figura 11, sendo que o arranjo 23 fora considerado o mais efetivo. A numeração foi adotada pelos autores e algumas conclusões do trabalho são estas:

- ✓ *Trashracks* com barras horizontais tiveram maior potencial de autolimpeza do que com barras verticais;
- ✓ A instalação de um compartimento faria a limpeza e a remoção do resíduo mais facilmente e possivelmente com menor custo;
- ✓ A inclusão de uma queda vertical dentro do arranjo reduziria significativamente a probabilidade de refluxo;

- ✓ O armazenamento *off-line* do resíduo disponibilizaria uma área de armazenamento muito maior, criaria menos perturbações no escoamento, e facilitaria um acesso melhor de limpeza e manutenção.



Fonte: Beecham e Sablatnig (1994 apud NEVES, 2006)

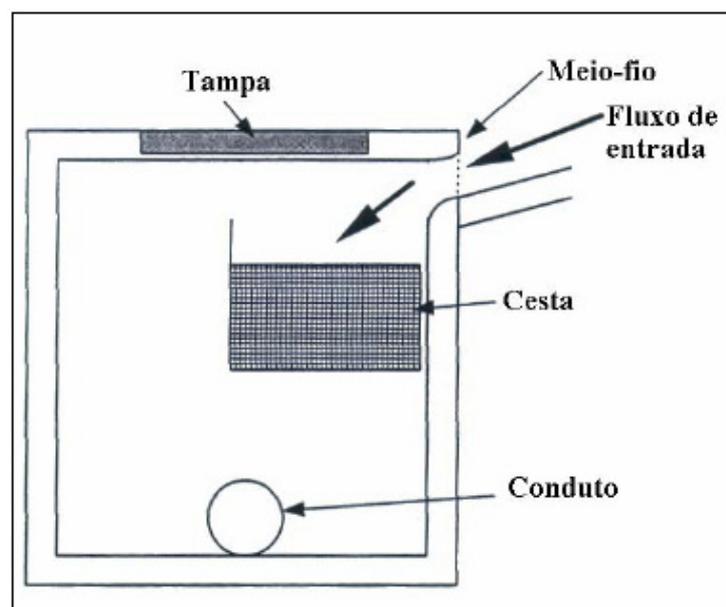
Figura 11 - Melhores arranjos de estudo de estruturas autolimpantes.

As estruturas autolimpantes são formuladas para utilizar a pressão da água para empurrar o resíduo, limpando o segregador (tela ou grade), e desviando-o para um local de acumulação, onde a frequência de limpeza possa ser menor, agindo com mínima perda de carga (NEVES, 2006).

Armitage et al. (1998) define como vantagens a estrutura poder suportar vazões de até 80 m³/s ou mais com facilidade, a manutenção que é fator desprezível, a facilidade de limpeza, o baixo risco de fermentação tóxica, sendo relativamente segura para o público e trabalhadores. Já como desvantagens, é destacada a necessidade de alta carga, sendo que em geral requer que uma grande área do terreno seja cercada para evitar o contato do público com o resíduo capturado.

3.6.5 SEPT (Side-Entry Pit Trap)

Segundo Allison et al. (1998), o monitoramento e gerenciamento integrado de RSU na drenagem urbana pode ser viabilizado por uma estrutura chamada de SEPT (*Side-Entry Pit Trap*) que pode ser visualizado na figura 12. Esta estrutura possui cestas acopladas à entradas de bocas-de-lobo, sendo que a água pluvial escoar por uma cesta e o material maior que o tamanho da malha (5-20 mm) é retido. O material fica retido na cesta até a equipe de manutenção remover o material manualmente ou usando um aspirador de grande diâmetro, a cada 4 ou 6 semanas.



Fonte: Adaptado de Armitage et al. (1998 apud NEVES, 2006)

Figura 12 - Estrutura SEPT.

Segundo os autores Melbourne Water Waterways e Drainage Group (1995 apud ARMITAGE et al., 1998), algumas vantagens podem ser destacadas como a rápida e fácil limpeza, a coleta facilmente integrada no programa de manutenção das captações de água pluvial, o impedimento de transferência de resíduos no meio-fio para os condutos, a fácil remoção da cesta para manutenção, além de ser útil na identificação das principais fontes como parte de um programa de gerenciamento da bacia. Já como desvantagens, de acordo com os autores, podem ser elencadas a obtenção de um aspirador especial de alto custo, as tampas das captações serem pesadas, a grande quantidade de unidades que são requeridas nas áreas requeridas.

3.7 Curva de previsão de RSD

A curva de previsão de resíduos sólidos drenados - RSD não foi encontrada em pesquisas bibliográficas para a construção de um referencial teórico (sendo apenas apresentada pelo próprio autor, em Salles et al. (2009) em artigos anteriores à este trabalho), possivelmente pelo motivo de ainda não ter sido utilizada em outros trabalhos pela falta de uma correlação significativa dos dados, que de forma inédita, este trabalho abordou.

Assim, o presente trabalho apresenta de forma detalhada e inédita a obtenção desta curva de previsão de RSD.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O trabalho foi desenvolvido em uma pequena bacia hidrográfica com característica urbana situada no Município de Santa Maria, na região central do Estado do Rio Grande do Sul, denominada Bacia Escola Urbana, abrangendo o centro da cidade e a vila Valdemar Rodrigues (Figura 13), tendo como curso de água principal o arroio Esperança, com foz junto ao arroio Cadena que drena a região central do perímetro urbano de Santa Maria. O mapa com a área de drenagem da bacia do Cadena e suas respectivas micro-bacias e sub-bacias encontra-se sub-divididas no anexo I.

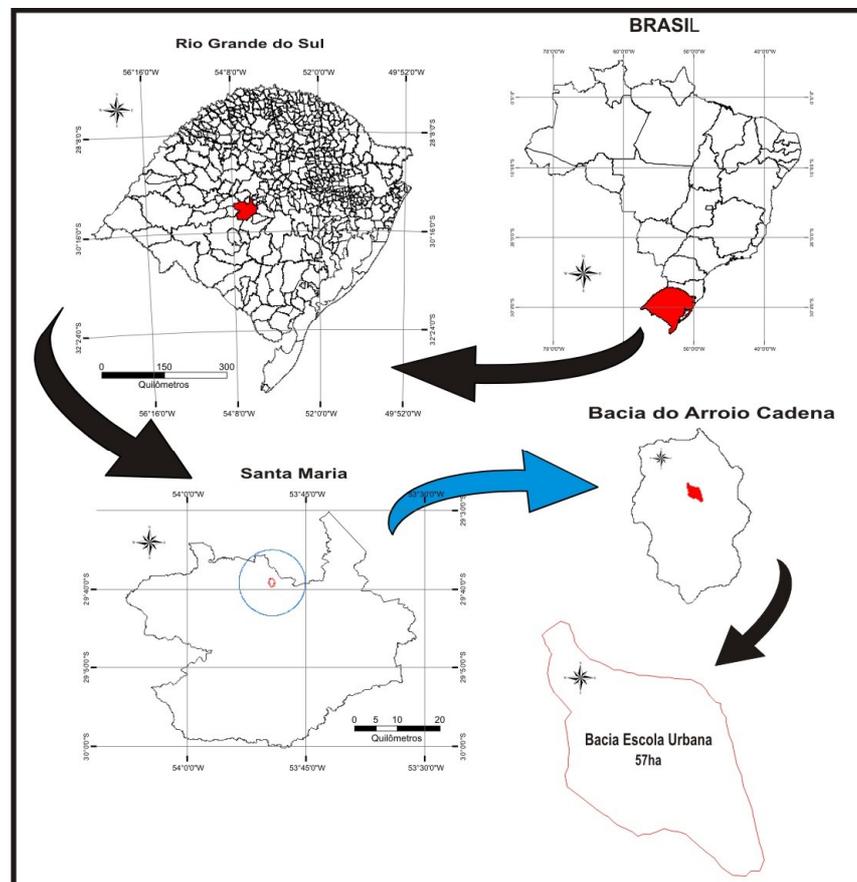


Figura 13 - Localização da Bacia Escola Urbana.

O município de Santa Maria, de acordo com o IBGE (2007), possui uma população de 263.403 habitantes. Considerando que cada indivíduo produz aproximadamente 650 gramas de resíduos por dia, estima-se que 160 toneladas sejam produzidas diariamente, o que totaliza 4800 toneladas por mês.

Isaia, Isaia e Roth (1999) calculam que a taxa de cobertura efetiva da coleta municipal de resíduo sólido em Santa Maria é de cerca de 80%. Desta forma, das 160t de resíduos sólidos produzido por dia, aproximadamente 30t não são coletados, e ficam dispostos em locais inapropriados. Os autores ainda afirmam que o curso principal e os tributários do arroio Cadena foram “institucionalizados” pela comunidade como segundo lugar de destino final de seus resíduos.

A área total de drenagem da bacia do arroio Cadena é de 64,08 Km², sendo que o curso de água principal possui uma extensão de 15 km. A sub-bacia do arroio Esperança (Bacia Escola) possui uma área total de 0,75 Km² e a área estudada é de 0,57 Km² (Figura 14) sendo que a localização a calha Parshall e a estrutura de monitoramento dos resíduos sólidos veiculados durante as precipitações pluviométricas (exutório) têm as seguintes coordenadas geográficas: 29° 25' 51,94" e 30° 00' 18,67" de latitude sul e 54° 19' 32,41" e 53° 30' 43,59" de longitude oeste. Esta bacia possui áreas com vegetação e áreas com ocupação urbana concentrada apresentando graves problemas ambientais. Na figura 14 é apresentada em destaque a foto aérea da sub-bacia do arroio Esperança (0,57km²).

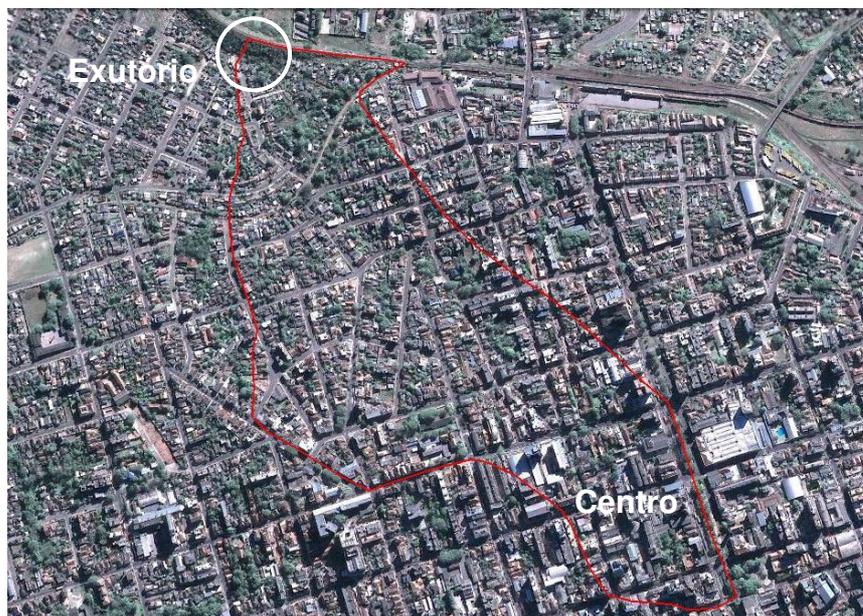


Figura 14 - Foto aérea da sub-bacia hidrográfica do arroio Esperança.

Esta bacia foi selecionada para construção de uma bacia escola por possuir características especiais: não é uma bacia de periferia e está contida totalmente no tecido urbano da cidade. Além disso, a região possui sistemas de coleta de resíduos sólidos, de abastecimento de água e de esgotos sanitários em sua grande parte. Referente a estes sistemas pode-se falar que não se trata de uma região abandonada com infra-estrutura urbana precária, como ocorre na maioria das vezes nas regiões de periferia de grandes centros urbanos.

Todavia, no aspecto visual, a região está degradada, o que é verificado pela grande quantidade de RSU disperso em alguns locais, pela aparente degradação dos escoamentos que a drenam, por meio de seus arroios, riachos e valas não naturais. Este cenário é oposto à infra-estrutura urbana que a região dispõe, com sistemas de resíduos, água e esgoto. Este contexto impulsionou a implantação da pesquisa, com intuito de conhecer melhor seus processos físicos, bióticos e antrópicos, na procura por subsídios ao gestor municipal em busca da melhoria da qualidade de vida da comunidade localizada na região.

As características de uso e ocupação do solo de cada bacia, na cidade de Santa Maria-RS, é um fator contribuinte para ser relacionado com as variações na qualidade de escoamento superficial, devido às interferências antrópicas proporcionadas pela urbanização. As principais características socioeconômicas do Município são apresentadas no quadro 9: a densidade populacional, taxas de urbanização, expectativa de vida e dados relativos à economia do município.

Município	População Total (2008)	Área (2008) Km ²	Densidade (2008) hab/km ²	Taxas		Expectativa de Vida (2000) anos	PIBpm (2006) (R\$)	PIB per capita (2006) (R\$)	IDESE ¹ (2006)
				urbanização (2008) %	analfabetismo (2000) %				
Santa Maria	266.209	1.779,6	149,6	96,5	4,96	74,01	2.649.725	9.811	0,795

Fonte: Fundação de Economia e Estatística - FEE (2009)

Quadro 9 - Principais características do Município de Santa Maria-RS.

¹ Índice de Desenvolvimento Socioeconômico - IDESE

Pelos dados apresentados, pode-se constatar uma densidade populacional de, aproximadamente, 149,6 pessoas por km² com uma taxa de urbanização de 96,5 %.

A ocupação irregular de grande parte dos lotes situados às margens do riacho associado ao desconhecimento da comunidade que ocupa esta área sobre preservação ambiental, tem ocasionado um grande volume de resíduos sólidos no leito e margens do arroio. Segundo Tucci (1997), este é um dos problemas que comprometem a qualidade da água, aumentando as vazões máximas (até 7 vezes). A deposição desses resíduos na calha medidora alterará a secção de controle, acarretando erros na determinação da vazão.

4.2 Estrutura de monitoramento dos RSD

Para reter os resíduos sólidos depositados ao longo do arroio, foi concebida, projetada e instalada a campo uma armadilha, que foi fixada junto à calha Parshall, construída no local, onde foram estudadas as características físicas, químicas e biológicas da sub-bacia hidrográfica do arroio Esperança (SILVEIRA et al., 2007): Projeto Bacia Escola Urbana – UFSM/GERHI, e o curso de Engenharia Ambiental/UNIFRA.

A calha Parshall de fundo plano do projeto Bacia Escola Urbana que foi utilizada como suporte para a implantação da estrutura de contenção dos resíduos sólidos carregados pela enxurrada, apresenta um perfil transversal, e foi construída em concreto e revestida com cimento Portland alisado em trecho retilíneo do riacho e próximo ao seu exutório no arroio Cadena. Na figura 15 pode-se observar o Mapa Plani-altimétrico da área da micro-bacia onde está à locação da calha Parshall e os cestos coletores de resíduos sólidos, juntamente com o percurso do riacho afluente até a canalização a qual se segue até chegar ao arroio Cadena.

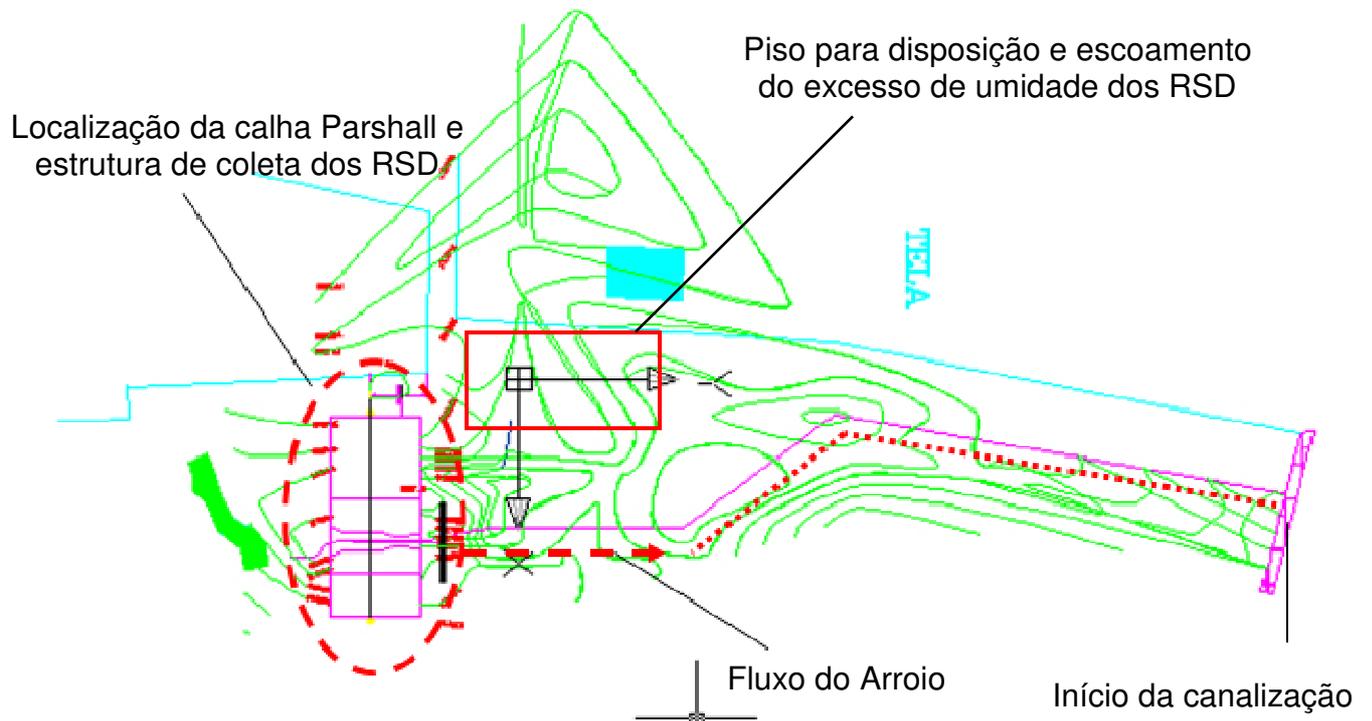


Figura 15 - Croquis de localização da calha Parshall, estrutura de coleta dos RSD e fluxo do arroio.

Na figura 16 é mostrado um corte transversal da seção do arroio com a posição da calha Parshall.

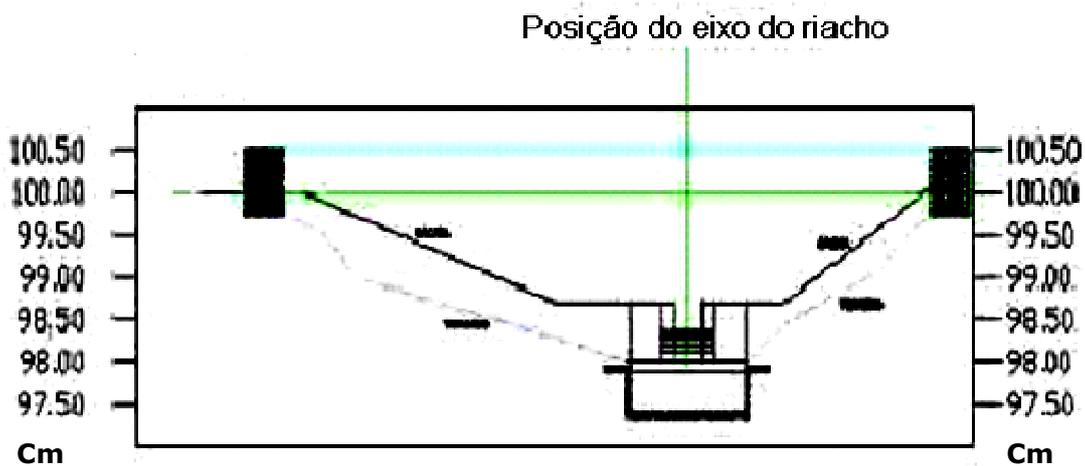


Figura 16 - Corte transversal da seção do arroio com a posição da calha Parshall.

A armadilha assentada sobre a calha Parshall, possui uma parte fixa nas laterais e uma parte móvel ao centro do arroio onde foram instalados cestos removíveis.

A estrutura foi projetada em forma retangular com dimensões do cesto maior de 2,0 x 1,1 x 0,9m, cesto menor 0,6 x 0,7 x 1,4m e com laterais triangulares fixas, que acompanham o perfil dos taludes. Esta estrutura móvel possui um dispositivo de transbordo de 0,30m acima dos 1,7m de altura (da base do cesto menor até o final do cesto maior), para possíveis situações de represamento evitando-se, assim, que a água de precipitações pluviométricas intensas causassem a obstrução parcial do canal com risco de inundações à montante do arroio. Na figura 17, apresenta-se um desenho esquemático da armadilha projetada em perfil isométrico com os nomes dos componentes utilizados para a execução do projeto.

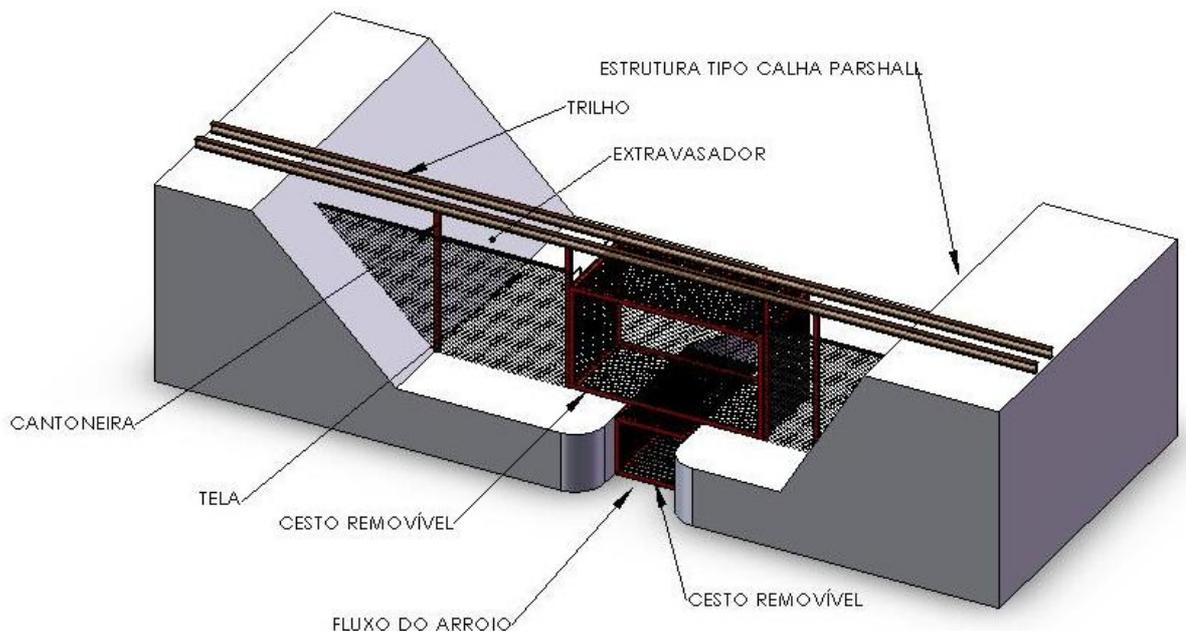


Figura 17 - Esquema da armadilha utilizada para capturação de resíduos sólidos.

Na figura 18 tem-se o esquema da estrutura de coleta de RSD em vista frontal, com as respectivas medidas dos componentes que foram utilizados para a implantação do projeto.

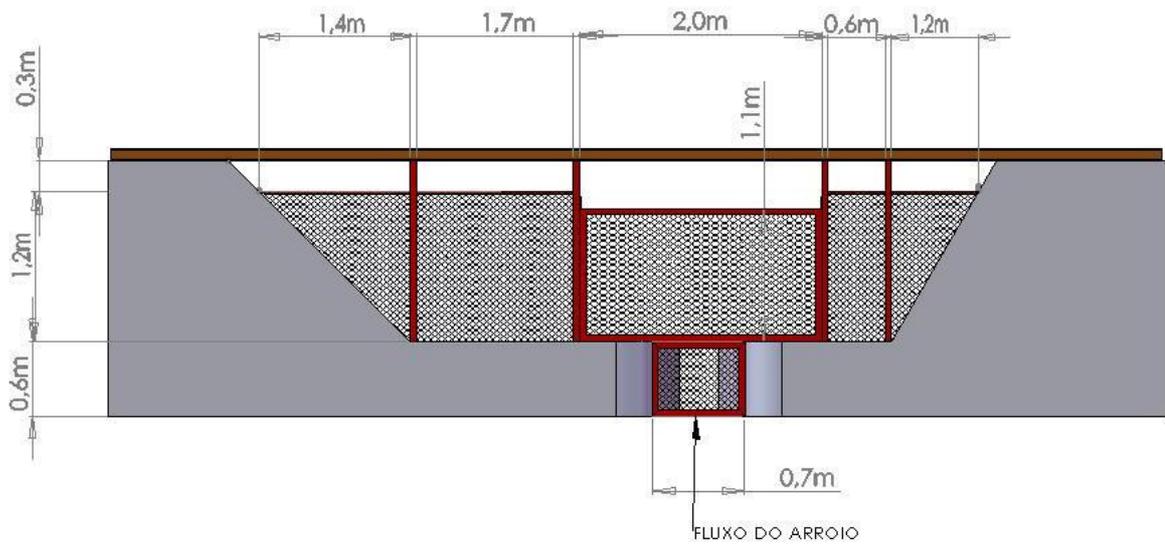


Figura 18 - Armadilha utilizada para captação de RSD em vista frontal.

Na figura 19 é disposto o projeto de execução da estrutura de captação de RSD em vista superior, com as respectivas medidas da estrutura de coleta, bem como a localização e medidas do piso pavimentado, que foi construído no local com a finalidade de escoar o excesso de umidade dos RSD, após sua retirada dos cestos coletores.

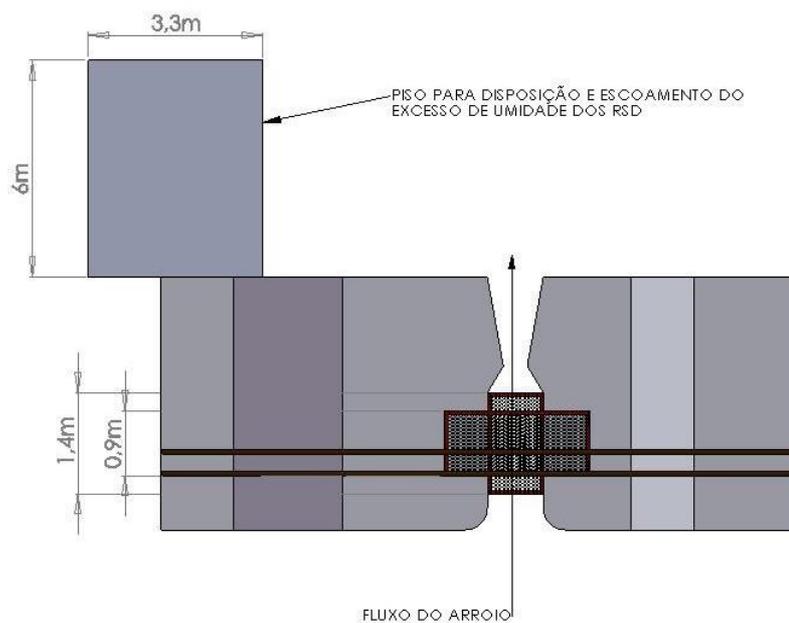


Figura 19 - Armadilha utilizada para captação de RSD em vista superior.

Na figura 20 são mostradas fotos da estrutura de captação de resíduos sólidos na drenagem instalada no local, onde também se pode perceber a urbanização e vegetação existente às margens do arroio Esperança.



Figura 20 - Estrutura de contenção dos resíduos sólidos veiculados no arroio esperança em diferentes ângulos.

Com enfoque voltado para este sistema, é que se objetivou a caracterização e quantificação dos resíduos sólidos gerados, no âmbito da bacia escola urbana que possa interferir no monitoramento dos parâmetros hídricos da estação fluviométrica.

4.3 Relativo ao monitoramento de RSD

Foi observado que o local onde inicia a canalização do riacho até o arroio Cadena havia grande quantidade de resíduos que obstruíam a passagem do fluxo

normal da água, causando represamento nesta canalização e interferindo nas medições dos eventos, pois, seu fluxo normal estava afetado. Em razão disto, nos dias 27 de março a 01 de abril de 2008 foi realizada a primeira coleta com objetivo de testar a estrutura durante o evento pluvioso. Esta coleta piloto foi descartada devido aos interferis acima citados.

O trabalho de monitoramento de eventos pluviosos isolados iniciava-se com o acompanhamento da previsão de precipitação pluviométrica. Em caso positivo de precipitação, duas pessoas da equipe se deslocavam ao local para fixar os cestos à estrutura. Durante o evento de precipitação, a equipe permanecia atenta diante de qualquer eventualidade como uma precipitação mais intensa que ocasionaria grande acúmulo de RSD nos cestos e obstruiria a passagem d'água e haveria o efeito barragem que poderia inundar as residências próximas à estrutura. O material que ficava retido na bacia escola urbana – em especial o plástico devido á sua grande utilização e disposição inadequada no local, era afastado para viabilizar o fluxo normal da água entre os espaços da tela da estrutura coletora. Também é importante ressaltar que as casas alocadas nas margens do arroio Esperança são irregulares devido ao fato de estarem em área de preservação permanente.

Ao final de cada evento pluvioso foi necessário um número mínimo de duas pessoas para transportar os cestos com os RSD, no entanto, o ideal seria uma equipe de quatro pessoas, onde cada um se apoiaria em uma das quatro vértices dos cestos, o que facilitaria seu translado. Em seguida havia a retirada dos resíduos que ficavam retidos na parte fixa da estrutura e em sua proximidade, com o auxílio de inchadas, pás e carrinho de mão, para seu acondicionamento no piso pavimentado, construído em concreto alisado, com dimensões de 6,0 X 3,3 metros (Figura 21) localizado ao lado da armadilha coletora para escoamento do excesso de umidade



Figura 21 - Piso para disposição e escoamento do excesso de umidade dos RSD.

O tempo de escoamento da umidade era de dois dias e após este procedimento, era feita a separação gravimétrica dos resíduos e sua classificação em resíduos orgânicos e inorgânicos, e sua identificação de acordo com o padrão de cores segundo a resolução do CONAMA n.º 275 de 25 de Abril 2001 (BRASIL, 2001). Uma equipe com aproximadamente seis bolsistas eram encaminhadas ao local para realizarem a quantificação e qualificação dos resíduos que era concluída em cerca de quatro horas. No início das coletas em 2008, quando não se dispunha desta equipe em função de dificuldades financeiras, eram necessários dois dias para esta etapa do processo que contava com apenas duas pessoas.

Os valores de cada campanha de qualificação e quantificação dos resíduos sólidos foram registrados de acordo com as suas características particulares (Tabelas 1 e 2), as quais foram adaptados da resolução sobre o padrão de cores do CONAMA, em razão da dificuldade encontrada em outras classificações. A norma não especifica cor para elementos “outros” e cor A ou B, sendo assim, o nome e as cores A e B, foram adotados para uma eventualidade do aparecimento de resíduos que não estão presentes entre os resíduos citados e para suprir a falta de cores.

Tabela 1- Resíduos sólidos de classe inorgânica e os padrões de cores para cada uma das características particulares.

Classe Inorgânica	Padrões de cores
Plásticos (sacolas, garrafas, recipientes, sacolas de leite e outros).	Vermelho
Metais (chapas, latas, e outros).	Amarelo
Vidros (garrafas, copos e lâmpadas).	Verde A
Tecidos e isopor.	Verde B
Papéis (papelão, papel branco e outros).	Azul
Pneus e borrachas.	Preto B
Resíduos perigosos.	Laranja
Resíduos ambulatoriais, de serviços de saúde e animais mortos.	Branco
Outros	Outros

Tabela 2 - Classificação dos resíduos sólidos orgânicos com padrões de cores para cada uma das características particulares.

Classe Orgânica	Padrões de cores
Restos de alimentos.	Marrom A
Restos de vegetação (folhas, galhos, cascas, raízes e outros).	Marrom B
Madeira processada.	Preto A

Após a quantificação e qualificação, os resíduos foram acondicionados em sacos plásticos e, em seguida foi efetuada a pesagem de todo o resíduo capturado na armadilha, utilizando uma balança de precisão (Figura 22) com capacidade de 100 kg.



Figura 22 - Forma de pesagem dos RSD.

Para a quantificação dos RSD, a partir da quantidade precipitada, foram utilizados os dados de precipitações pluviométricas coletados por um pluviômetro do tipo Ville de Paris, instalado junto a calha Parshall onde foram realizadas as coletas dos resíduos.

Para a estimativa da quantidade de resíduos sólidos gerados no período de Agosto de 2006 a Julho de 2007 (1 ano) e informações sobre a intensidade das precipitações pluviométricas foram utilizados os dados da Estação Meteorológica de Santa Maria pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia (8º DISME) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no *Campus* da Universidade Federal de Santa Maria- UFSM (latitude:29°42' S, longitude: 53°42° W e altitude: 95m).

A quantificação e qualificação dos Resíduos Sólidos na Drenagem (RSD) é mostrada na figura 23 por meio da separação destes em sacos plásticos.



Figura 23 - Separação de alguns RSD em sacos plásticos, conforme o padrão de cores utilizado no trabalho: (a) plástico (vermelho); (b) isopor (verde B); (c) matéria orgânica (marrom B) e (c) papel e papelão (azul).

No início das coletas, em 2008, os moradores apresentavam queixas de que os cestos represavam o curso d'água e invadiam os terrenos da população ribeirinha, podendo inundar suas residências. Contudo, entre 2008 e 2009 (pois, a primeira etapa das coletas iniciou em abril e findou-se em maio de 2008 e a segunda etapa se estendeu de maio a julho de 2009) em que os resíduos tinham livre fluxo, foi constatado que obstruíram as bocas de lobo à jusante à estrutura ocasionando a mesma inundação do local, além do mau odor dos resíduos sólidos acumulados e impacto visual degradante do local. Ou seja, com o retorno das coletas em 2009, os moradores perceberam a relevância do trabalho que não permitia que estes resíduos atingissem os bueiros.

O material classificado como inorgânico era transportado até o container mais próximo (cerca de 1 km do local do arroio) da coleta urbana do município para que fosse destinado ao aterro da cidade já que Santa Maria não apresenta uma coleta seletiva freqüente de materiais. Já o material orgânico era disposto no leito do arroio

fora do local de alagamento para não retornar ao riacho e ser decomposto de forma natural.

4.4 Curva de Previsão de Resíduos Sólidos na Drenagem

A curva de previsão de Resíduos Sólidos na Drenagem – RSD proposta por esta pesquisa visa avaliar a possibilidade ou a inviabilidade de uma correlação entre o total precipitado e o acúmulo de resíduos sólidos carregados pelas águas de lavagem - RSD.

A produção de RSD deve possuir uma causa preponderante ou um conjunto de causas. O resíduo sólido carregado pela drenagem pode ser consequência de uma infra-estrutura precária de coleta de resíduos sólidos, que pode decorrer simplesmente da inexistência do serviço ou de uma operação deficiente do sistema de coleta. Outra causa pode estar associada a uma falta de processo de educação ambiental eficiente para as comunidades em cada região.

Muitas vezes pode-se ter um círculo vicioso onde a falta de infra-estrutura dificulta o processo de conscientização ambiental. Por outro lado a falta deste, pode levar a comunidade a não pressionar os gestores municipais por uma melhoria de infra-estrutura.

Neste contexto é que o presente estudo, num primeiro passo, se propõe a relacionar a quantidade de resíduos sólidos carregados com a precipitação pluviométrica - objetivando obter uma curva de produção de RSD - como instrumento de apoio à gestão por parte dos gestores municipais.

Uma vez avaliada a possibilidade efetiva desta relação, ela poderá constituir-se num valioso instrumento para analisar a efetividade de ações de gestão de uma prefeitura. Por exemplo, melhorias de trajetória do caminhão de coleta, um programa de educação ambiental, campanhas publicitárias, etc, poderão ter sua efetividade avaliada por meio da curva de previsão de RSD calculada por eventos pluviosos isolados. Se antes das ações, por exemplo, uma precipitação pluviométrica intensa de 50mm carregasse 500 Kg de resíduos na drenagem, após a implantação da ação de gestão, que diminuição de produção RSD na drenagem poderia ocorrer? Este impacto de redução de produção poderia ser significativo se a

mesma precipitação produzisse a metade de RSD. No caso hipotético, os mesmos 50 mm de precipitação produziriam 250 kg.

Esta curva foi proposta de uma forma bastante simplificada. Analogamente como se faz para sedimentos, a proposta foi avaliar a produção de RSD por eventos pluviosos isolados como fez Canali (1981) para sedimentos. Esta estratégia de se avaliar a produção por meio de eventos pluviosos isolados é aqui adaptada e proposta para ser usada para os RSD. Enquanto que a produção de sedimentos esta associada a processos inadequados de uso e manejo do solo, conforme avaliado por Canali (1981) e Silveira (1982), a produção de RSD poderá estar associada a processos inadequados de gestão de resíduos sólidos, restando saber qual o preponderante.

A curva foi construída, inicialmente, para relacionar - por eventos pluviosos isolados, o total precipitado como o volume de RSD carreado pelo escoamento superficial em uma bacia urbana.

A curva foi ajustada em planilha Excel após a organização dos dados dos eventos monitorados que associam o total de resíduos (kg) com a precipitação (mm) conforme mostrado na tabela 3.

Tabela 3 – Modelo de tabela para dados dos eventos monitorados

Data dos eventos	Total de resíduos (kg) Variável dependente (Y)	Precipitação (mm) Variável independente (X)
1
2
...
n

A análise do comportamento de um ambiente hídrico por meio de modelagem, tanto em condições atuais quanto potenciais, é uma ferramenta fundamental no planejamento de uma bacia que também atua como instrumento de auxílio nos estudos de impactos ambientais (LIMA, 1998b).

A avaliação do modelo da equação de regressão de produção de RSD considera o coeficiente de correlação r conforme a Equação 2:

$$r = \frac{n\sum x.y - (\sum x) \cdot (\sum y)}{[n\sum x^2 - (\sum x)^2] \cdot [n\sum y^2 - (\sum y)^2]} \quad (2)$$

Em que: “r” coeficiente de correlação; “x” e “y” valores aleatórios sendo aplicada no presente trabalho como precipitação e total de resíduos; “n” número de elementos.

O Coeficiente de Determinação r^2 (Equação 3) deve ser interpretado como a proporção de variação total da variável dependente que é explicada pela variação da variável independente X e é definido pela seguinte relação:

$$\Sigma (Y - Y')^2 = \frac{\Sigma (Y - Y')^2}{\Sigma (Y' - Y)^2} = r^2 = \frac{\text{Variação Explicada}}{\text{Variação Total}} \quad (3)$$

Em que: “Y” é uma variável aleatória; “Y'” valores estimados de Y, sendo a parcela de y que é explicada por x.

Com isto, se obteve a reta de regressão linear $y=f(x)$ que foi obtida em planilha excel por meio da reta de regressão linear gerada a partir dos eventos monitorados com a retenção dos RSD.

Com o uso da equação gerada, foi feita uma simulação da quantidade de RSD que supostamente atingiram a canalização do arroio Esperança em cada um dos meses e durante o período de um ano, de agosto de 2006 a julho de 2007, conforme tabela 4, sendo os dados de precipitação a variável independente X e a incógnita Y o possível RSD carreado. Os dados serão comparados com a pesquisa de Silveira et al. (2007) para o mesmo período.

Tabela 4 - Estimativa a ser calculada de RSD acumulado mensalmente e anualmente segundo a precipitação obtida no 8º DISME

Mês e Ano	Precipitação (mm)	RSD (Kg)
	X	Y
agosto-06	75,6	...
setembro-06	154,2	...
outubro-06	208,9	...
novembro-06	134,6	...
dezembro-06	84,2	...
janeiro-07	163,9	...
fevereiro-07	145,2	...
março-07	173,6	...
abril-07	122,0	...
maio-07	102,8	...
junho-07	131,6	...
julho-07	75,6	...
Total	1572,2	...

O objetivo da simulação da quantidade de resíduos acumulada durante o período é para sensibilizar a população e informar os gestores municipais acerca do problema recorrente do grande acúmulo de resíduos urbanos na bacia hidrográfica, demonstrando o impacto causado pela ação antrópica no meio ambiente.

Os resíduos retidos na canalização do arroio interferem no fluxo natural do mesmo, além de causar um aspecto visual degradante, maus odores e a proliferação de vetores causadores de doenças infecto contagiosas que a deposição incorreta do RSD causa à população ribeirinha.

Os dados meteorológicos foram obtidos nos arquivos da Estação Meteorológica de Santa Maria, pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia (8º DISME) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no *Campus* da Universidade Federal de Santa Maria- UFSM.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.2 Estrutura de monitoramento

Inicialmente, o projeto Bacia Escola Urbana, de acordo com Silveira (2007), previu a retenção para os diferentes tipos de resíduos sólidos presentes na bacia em estrutura projetada e executada em uma grade tipo “harpa” a montante da calha Parshall (Figura 24). Esta retenção de RSD possuía duas finalidades: impedir que os resíduos sólidos interferissem no monitoramento das vazões na calha, e avaliar a produção de resíduos veiculada junto ao escoamento da bacia, ou aos processos de drenagem urbana.



Figura 24 - Grade “harpa”, a montante da calha Parshall.

Após três meses de monitoramento, foi observado que esta estrutura inicial não correspondeu às finalidades propostas. Isto ocorreu em razão da dinâmica dos escoamentos e ao grande volume de resíduos retidos pela grade em seu período de operação. Durante uma precipitação intensa, os escoamentos - devido às características da bacia - apresentam o pico de cheia em poucos minutos e

ocasionam um grande arraste de RSD. Além disso, durante o início de operação da estrutura ocorreram dificuldades de ordem operacional para limpeza da grade após cada precipitação pluviométrica, sendo estes obstáculos verificados na problemática de retirar os resíduos dispostos sobre a estrutura e da organização da equipe para estar disponível a cada precipitação. Em razão destas dificuldades, houve acúmulo de resíduos de várias precipitações acarretando em obstrução da estrutura que não suportou o peso dos resíduos aliado à forte pressão da água drenada na microbacia.

Antes das coletas iniciarem com nova estrutura de cestos removíveis, foi necessário realizar limpeza no local, pois nos bueiros à jusante (onde inicia a canalização do riacho até o arroio Cadena) havia grande quantidade de resíduos que obstruía a passagem do fluxo normal da água e causava represamento nesta canalização e que interferiria nas medições dos eventos, pois, não estava em seu fluxo normal.

Foi realizado contato com a prefeitura municipal para efetuar esta limpeza e manutenção do local, todavia, nenhuma equipe foi enviada, o que motivou o Centro Universitário Franciscano – Unifra, parceira do presente estudo, a contratar diretamente uma empresa de prestação de serviços. Em um primeiro momento, a limpeza foi realizada de forma manual por dois funcionários da empresa contratada, todavia como o trabalho estava sendo demorado em função da grande quantidade de material disposto inadequadamente na canalização, foi necessária a contratação de uma retro escavadeira para agilizar este processo, que é apresentado na figura 25.



Figura 25 - Fotos retiradas do mesmo local em períodos diferentes: antes da limpeza (a), durante a limpeza manual (b), após a limpeza com retroescavadeira (c) e o serviço manual para finalização do trabalho da máquina retroescavadeira (d).

A nova estrutura implantada com cestos coletores removíveis (Figura 26) (oposto à proposta inicial de estrutura estática), foi planejada de forma a viabilizar flexibilidade para a equipe que, com acompanhamento das previsões de tempo organizava-se para monitorar eventos isolados de precipitação pluviométrica.



Figura 26 - Cesto removível à jusante (a), à montante (b) ao curso d'água, cestos sendo removidos (c) e (d).

Esta estrutura demonstrou efetividade aos objetivos delineados, pois, reteve de forma satisfatória os resíduos em cada evento de precipitação.

5.2 Monitoramento dos RSD (em 10 eventos)

Foram realizadas 10 coletas e os resultados de retenção obtidos pela armadilha são apresentados na tabela 5.

Observa-se que, em períodos de precipitações intensas, a acumulação de resíduos foi mais elevada, variando em termos de quantidade, com valores máximos de 503kg para precipitações de 53mm e valores mínimos de 26kg para precipitações de 7mm. Em termos qualitativos, porém, a variação não foi tão significativa, sendo observado em todos os eventos uma maior porcentagem de resíduos da classe orgânica marrom B (restos de vegetação) cujo percentual variou de 56,4% a 76,3%,

seguido de resíduos preto A (madeira processada), que variou de 0 a 13,2%. Com relação aos resíduos da classe inorgânica, o maior percentual observado foi de resíduos padrão vermelho (plásticos), variando de 8,7 a 17,3%, seguido de resíduos verde B (tecidos e isopor), que variou de 0 a 7,7%. A porcentagem de resíduos (outros) variou de 3,4 a 14,3%.

Tabela 5 - Quantificação dos resíduos coletados em campo

Evento	1º		2º		3º		4º		5º		6º		7º		8º		9º		10º	
Data	10/04/08		12/04/08		13/04/08		26/04 a 02/05/08		12 e 13/05/09		18/05/09		30/05/09		08/06/09		22 e 23/06/09		21/07/09	
Precipitação (mm)	7		16,2		21		71,5		33		8,3		47		4,7		53		29	
Total p/ evento (Kg)	26		120		155		386		296		167		281		61		503		227	
CLASSE INORGÂNICA	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%
Vermelho	4,0	15,4	11,0	9,2	13,5	8,7	45,0	11,7	48,6	16,4	22,0	13,2	48,5	17,3	6,0	9,9	82,0	16,3	25,0	11,0
Amarelo	0,0	0,0	0,5	0,4	1,0	0,6	6,0	1,6	1,5	0,5	0,5	0,3	1,0	0,4	0,2	0,3	1,0	0,2	1,0	0,4
Verde A	0,0	0,0	0,5	0,4	1,0	0,6	3,5	0,9	0,1	0,0	0,7	0,4	5,0	1,8	0,5	0,8	1,0	0,2	7,0	3,1
Verde B	2,0	7,7	7,5	6,3	0,5	0,3	3,0	0,8	0,1	0,0	3,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	2,0	6,0	2,6
Azul	0,0	0,0	0,5	0,4	0,0	0,0	5,0	1,3	3,6	1,2	5,0	3,0	2,0	0,7	0,0	0,0	2,0	0,4	0,0	0,0
Preto B	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	3,9	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,5	6,9	0,0	0,0
Laranja	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,1	0,0	0,0
Branca	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,5	0,0	0,0	12,0	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,4
Outros	2,0	7,7	8,0	6,7	7,5	4,9	55,0	14,3	16,0	5,4	7,5	4,5	9,5	3,4	6,0	9,9	19,0	3,8	10,0	4,4
CLASSE ORGÂNICA	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%
Marrom A	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Marrom B	15,0	57,7	82,0	68,3	106,5	68,9	224,0	58,1	226,1	76,3	94,0	56,4	202,7	72,2	45,9	75,7	338,5	67,3	170,0	74,9
Preto A	3,0	11,5	10,0	8,3	18,5	12,0	42,0	10,9	0,0	0,0	22,0	13,2	12,0	4,3	2,0	3,3	14,5	2,9	7,0	3,1
TOTAL	26	100	120	100	155	100	386	100	296	100	167	100	281	100	61	100	503	100	227	100

Na figura 27, é mostrado a classificação dos resíduos acumulados na bacia escola urbana, coletados no período de estudo.

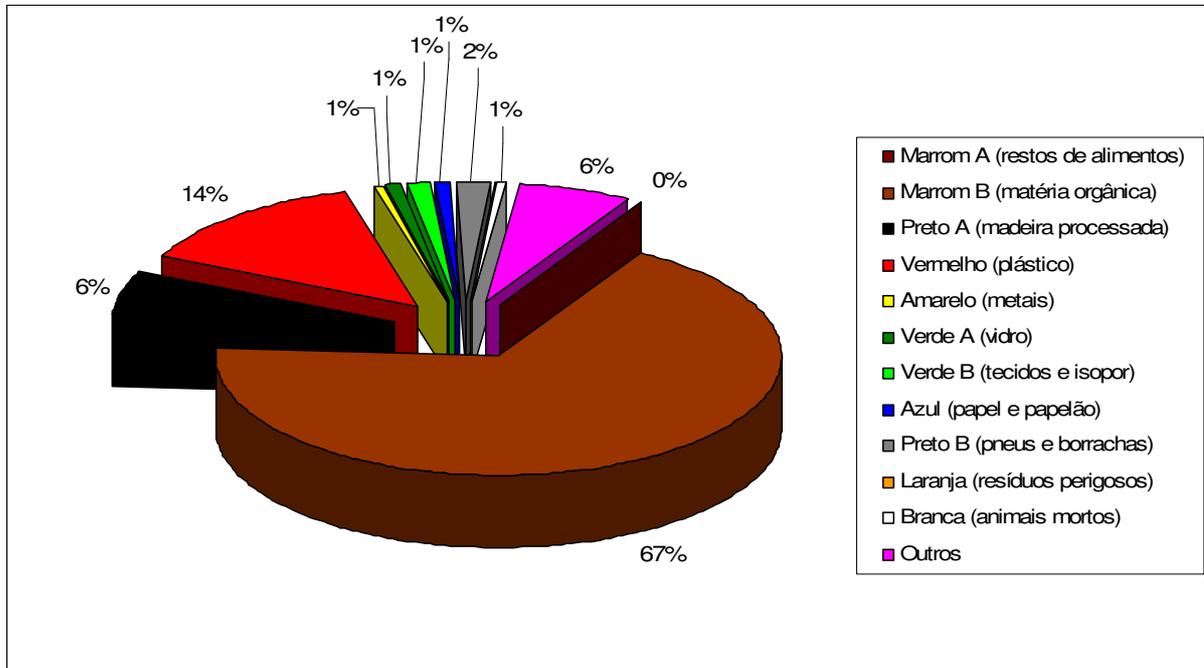


Figura 27 - Percentual de resíduos coletados conforme classificação

De acordo com os resultados da figura 27, a matéria orgânica foi o material mais abundante com 67% (marrom B) da massa total. Esse valor é justificado pela vegetação de grande porte existente em algumas partes das margens do corpo d'água, sendo composto de folhas, caules, raízes e galhos de árvores. A madeira processada (preto A) representou 6% do material coletado, fato esse que se deu devido à intensa ocupação da região do entorno do arroio. Brites (2005) encontrou resultados semelhantes em sua pesquisa de coleta de resíduos sólidos na bacia hidrográfica Cancela, na cidade de Santa Maria – RS, sendo que o material mais abundante verificado foi a matéria orgânica, com 80% devido à cobertura vegetal existente das margens do corpo d'água, enquanto que o total no arroio Esperança foi de 73% desta classificação.

O material plástico representou 14% do volume retido, sendo que os principais constituintes foram sacolas de supermercado, devido a sua elevada

utilização pela população e embalagens de doces e salgados (balas, picolés e salgadinhos). Como a micro bacia abrange o centro da cidade de Santa Maria-RS, pode ocorrer o lançamento deste tipo de resíduo na rede de drenagem pluvial, os quais podem ser arrastados até o arroio estudado. A quantidade verificada deste material é esclarecida por Schiavo (2001, p.10) que defende que o ato de jogar ou “deixar cair” coisas na via pública não é por compulsão, mas advém da cultura paternalista, de que o indivíduo não é responsável por si próprio e transfere o dever a terceiros. Neste caso, o dever de deixar a cidade limpa e zelar pela natureza passa a ser da prefeitura, da sociedade, e não do indivíduo, ou seja, é uma tentativa de diminuir a responsabilidade.

Salienta-se que, devido ao tipo de cobertura vegetal nas margens do corpo d'água, parte do material, principalmente sacolas plásticas, permaneciam retidos ao longo de seu percurso, não alcançando os cestos coletores de resíduos.

A massa de metais (Amarelo) e vidros (Verde A) encontrada foi de 1%, respectivamente. Os metais compostos por latas e chapas não apareceram em grande quantidades, devido ao seu elevado valor agregado para a reciclagem. Os resíduos constituídos por metais que foram coletados para pesagem são resíduos provavelmente gerados por oficinas mecânicas e materiais com componentes metálicos descartados pela população ribeirinha que era desmembrado na hora da classificação.

O material que apresentou quantidade significativa na micro bacia, considerando seu baixo peso e grande volume, foi o isopor seguido dos poucos tecidos encontrados, juntamente com alguns pedaços de colchões (Verde B), com 1% da massa total, devido a densidade populacional da região relacionado ao consumo de eletrodomésticos e ao descarte de roupas usadas que são jogadas no arroio.

Os papéis (Azul) não tiveram uma representação muito significativa (1%), sendo constituído principalmente por caixas de leite longa vida, os papéis em folha e de embalagens comuns foram pouco observados, provavelmente por se dissolverem em contato com a água e se misturarem com a matéria orgânica.

A classe Outros apresentou 6% da massa total quantificada, sendo os materiais na sua maioria constituídos de fraldas descartáveis, calçados, guarda-chuvas, e materiais não identificados.

Em relação aos materiais potencialmente recicláveis gerados nos domicílios e constituídos por materiais como plástico, papel, papelão, metal, vidro, trapos, borracha e madeira, obteve-se o percentual de 27%, sendo que, conforme Philippi Jr. (1999), a média brasileira é de 31,3%.

O fato do município de Santa Maria não dispor de uma política de reciclagem de materiais clara, eficiente e abrangente também contribui para um contexto de desleixo. A reciclagem de materiais apenas ocorre se o morador se desloca até a Prefeitura Municipal e solicita diante de cadastro que o município realize a coleta seletiva em seu domicílio. Muitos moradores não possuem ciência deste procedimento e acreditam não haver coleta seletiva na cidade. Outros não se dispõem a estes processos burocráticos e não realizam a separação. Caso o governo municipal direcionasse esforços para este fim, certamente haveria muitos cidadãos dispostos a contribuir com a preservação por meio da separação de resíduos inorgânicos. O município está com um projeto intitulado ecopontos (Figura 28), onde foram implantadas lixeiras seletivas em pontos estratégicos da cidade para perceber a aceitação e viabilidade desta proposta.



Figura 28 - Ecopontos: projeto piloto da Prefeitura Municipal para recebimento de materiais recicláveis.

Além deste fator implicante, a política de coleta seletiva no município por meio de containeres distribuídos nos bairros da cidade também se demonstra ineficiente. Em um primeiro momento devido ao fato de que, no local estudado, Vila Valdemar

Rodrigues – entorno do arroio Esperança – o container mais próximo está localizado a 1 km de distância do local onde fora montada a estrutura e é uma zona intensamente urbana. Isto também contribui para que os moradores, por conveniência, não se desloquem com seus resíduos ao local correto e dêem como destino a eles o arroio. Ademais, os containeres não possuem separação entre o material orgânico e reciclável. Sendo assim, a pequena parcela de pessoas que realizam a separação precisam depositar o resíduo sólido no container que é lançado para o caminhão coletor onde é todo misturado e encaminhado ao aterro sanitário. Isto apresenta a grande ineficiência do serviço na cidade, pois mesmo diante da separação de RSU, o próprio sistema municipal não apresenta alternativas para reaproveitamento e finaliza por misturar os resíduos durante o trajeto até o destino final. Conforme destaca de forma contundente Ferrara (1996, p. 75), o anonimato e a irresponsabilidade do setor público “agasalham e estimulam a ação igualmente desobrigada”.

Como constatado, na microbacia analisada, a própria população ribeirinha deposita inadequadamente seus resíduos sólidos no arroio Esperança, conforme percebido pela grande quantidade e pela qualidade dos materiais encontrados. Some-se a isto o fato de que durante as precipitações o arroio é destino de materiais dispostos em toda região central do município. Apesar desta constatação, é relevante destacar que, durante o processo de monitoramento, a população próxima manifestou-se com intuito de modificar este comportamento diante dos problemas de inundações que sofre com frequência diante das precipitações e assim, vem solicitando à população à montante do riacho para que não efetue a disposição de RSU na microbacia. Esta percepção do problema gerado pelos próprios indivíduos ao meio ambiente mostra o momento de reflexão de alguns dos moradores do local e indica que ações de educação ambiental devem ser priorizadas a fim de estimular estes cidadãos a disseminar a importância da preservação, pois, a colaboração de todos os moradores é fundamental para evitar novos danos ambientais.

Braghirolli et al (1998) afirma que a informação cognitiva, saber os conteúdos, não é o único fator que pode conduzir as pessoas a uma mudança de comportamento. É importante destacar outros fatores que realmente promovam uma mudança, destacando-se o afetivo. É preciso analisar quais condições são necessárias para garantir que a informação seja transformada em conduta. Para

tanto, parece necessário avaliar os aspectos afetivos, inserindo-os em meios de divulgação da informação.

A concepção de um RSU útil e que tem um valor surgiu com a idéia da reciclagem, sendo que o entusiasmo demonstrado com a técnica de reciclagem está diretamente relacionado com a questão econômica e, deste modo, a relevância percebida pelos sujeitos é devido ao valor de troca do material reciclável por dinheiro e isto provoca um maior incentivo e, neste contexto advêm a importância de divulgar e reverter o dinheiro conseguido com a venda dos materiais da coleta seletiva dos resíduos sólidos em melhorias para a comunidade e seus cidadãos, podendo se constituir em uma forma estratégica de conquista para que os cidadãos repensem suas atitudes (BASTOS, 1995).

5.2.1 Relações entre precipitações e RSD

Na figura 29 tem-se a relação de plástico quantificado por evento e a altura de precipitação pluviométrica.

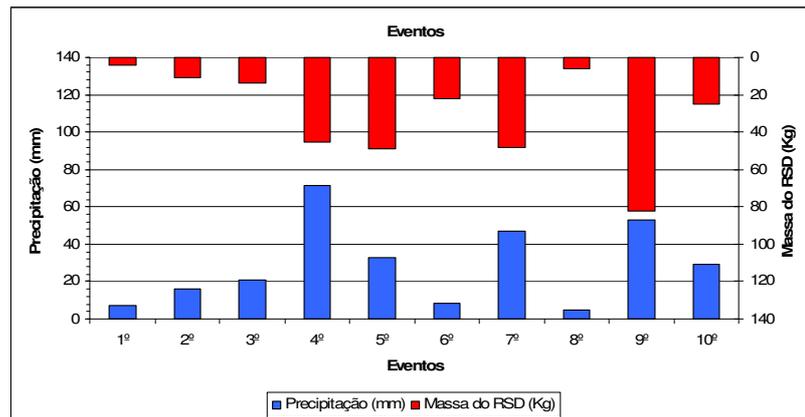


Figura 29 - Relação precipitação e classificação vermelho (plástico).

Obteve-se uma relação coerente entre a quantidade de plástico em função do aumento de precipitação na maioria dos eventos. Em virtude de o plástico ser considerado um material comum, sendo muito utilizado pela população e que tem diversas finalidades, ele é leve e facilmente drenado. No 4º e 9º eventos houve uma relação não direta. No 4º evento a precipitação detectada foi de 71,5 mm e coletado 45kg de plástico, já no 9º evento a precipitação foi de 53 mm e a quantidade de plástico de 82 kg. Uma possível justificativa é de que grande quantidade fica retida nas margens do riacho ou em outros obstáculos e não atingiram os cestos coletores. No padrão de cores vermelho que inclui os plásticos, percebeu-se que a maioria era constituída de embalagens de produtos alimentícios como salgadinhos, balas, chicletes e que chegaram por meio da drenagem urbana, especialmente a drenagem do centro da cidade que denota grande fluxo de pessoas que jogam este material nas ruas e o processo atinge o sistema de drenagem que, por meio de precipitação são veiculados até o arroio. Sacolas plásticas também foram verificadas em grande quantidade, provavelmente em razão do grande consumo destas em supermercados da região e que são usadas como saco de lixo. Segundo Neves (2004), que quantificou resíduos de varrição de alguns bairros de Porto Alegre e subdividiu sua

classificação em plástico 1 (sacolas, embalagens de salgadinhos, etc), plástico 2 (garrafas de água mineral que não sejam em PET, garrafas de aguardente que não sejam PET, potes de margarina, copos de refrigerantes, etc), e PET (garrafas de refrigerante, água mineral, etc) verificou que os resíduos que ficaram retidos no poço (destino provisório da água da drenagem da cidade que contém tela para conter os RSU antes de atingirem o mesmo) são em grande maioria plásticos, sendo que os plásticos prevaleceram com 83% do total de resíduos do poço, sendo 47,8% de plásticos 1, 20,3% de plásticos 2 e 14,9% de PET. Já na varrição da cidade, os plásticos correspondem a 40% em média, sendo 27,7% de plástico tipo 1, 9% de plástico tipo 2 e 3,3% refere-se à PET.

Na figura 30 pode-se constatar a relação entre precipitação e os resíduos Outros (classificados assim por possuírem vários tipos de materiais em sua composição), que são, em sua grande maioria, fraldas descartáveis usadas, calçados, guarda-chuvas, aparelhos eletrônicos como rádio, monitor de computador e teclado e outros componentes eletrônicos não identificados, sacos térmicos e brinquedos, estando alguns em bom estado de conservação, sendo que, possivelmente atingiam os cestos coletores devido às crianças brincarem no leito do riacho ou esquecerem no próprio terreno de suas residências que, com as precipitações, eram carregados. Provavelmente estes resíduos sólidos, principalmente em relação às fraldas, devem ser jogados usualmente pelos mesmos moradores.

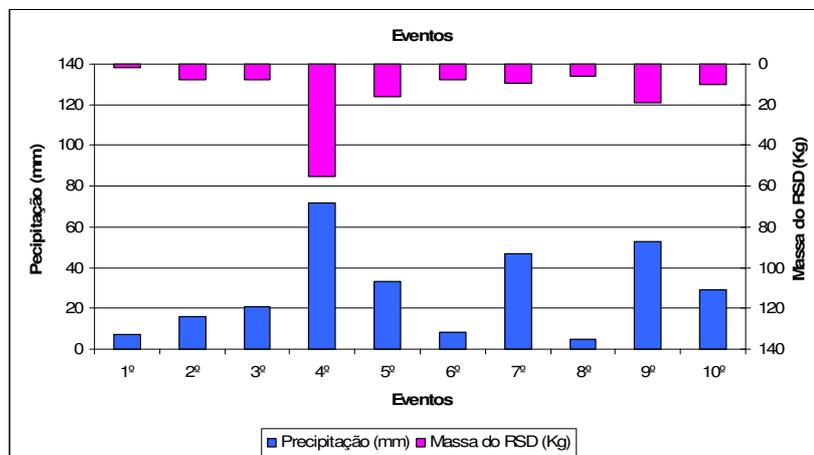


Figura 30 - Relação precipitação e classificação outros.

Na figura 31 verifica-se a relação direta entre a quantidade de precipitação pluviométrica e a matéria orgânica.

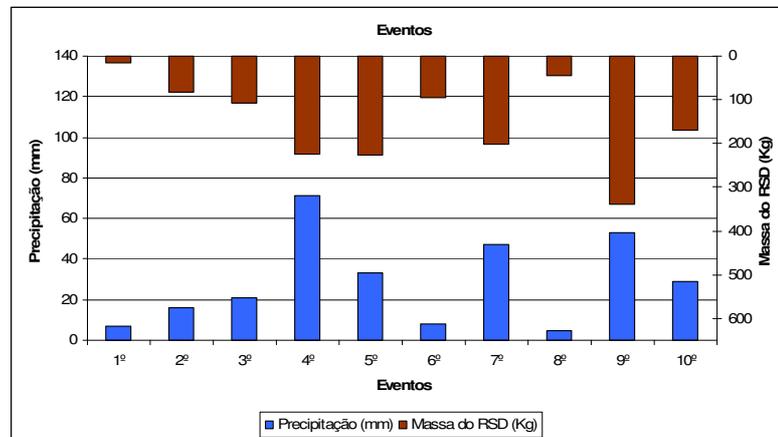


Figura 31 - Relação precipitação e classificação marrom (matéria orgânica).

A vegetação de longo porte ao longo do curso do arroio possibilita este resultado. Isto também pode ser justificado em virtude da presença de podas de árvores nos meses de maio a agosto, o que incrementa a contribuição dos resíduos orgânicos no total quantificado. No outono, também é verificado um aumento na matéria orgânica devido à época da queda das folhas e presença de frutas devido ao período de amadurecimento das frutas cítricas (laranjas). Além disto, os moradores vêm fazendo cortes indiscriminados de árvores no leito do riacho.

Na figura 32 é abordada a relação entre a quantidade de metais e a quantidade de precipitação por evento.

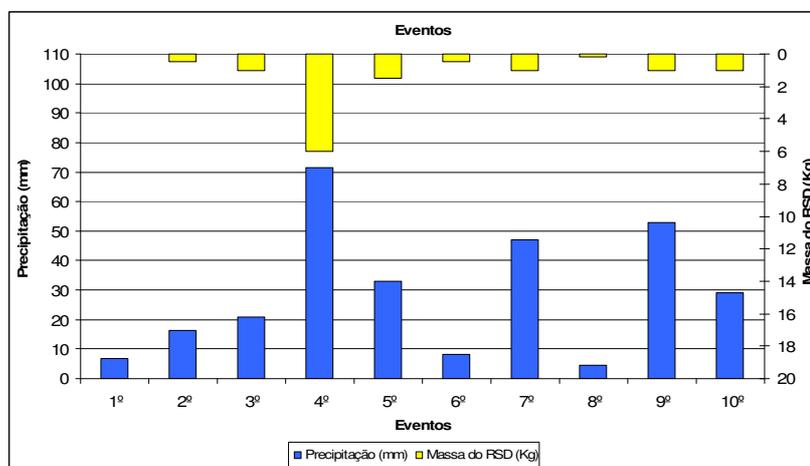


Figura 32 - Relação precipitação e classificação amarelo (metais).

Os metais são mais pesados (o que dificulta seu carregamento junto à enxurrada) e possuem valor comercial e assim, não se pode concluir que apresentam ligação direta com a precipitação, exceto o 4º evento, que registrou uma precipitação de 71,5 mm e 6kg de metais. Pode-se inferir que esta relação é devida à força de arraste da enxurrada que, com a intensa precipitação, resultou em uma quantidade maior de metais coletados. Como observado na precipitação do dia 13 de abril de 2008 (3º evento), o nível foi de 21 mm de precipitação e apenas 1kg do material, enquanto que, no dia 22 a 23 de junho de 2009 (9º evento) a precipitação foi relativamente maior (53mm) e a quantidade deste material foi também de 1kg. Em razão de seu alto valor agregado, pode-se inferir que os metais apresentam-se em menor quantidade em virtude de que os catadores da região coletam o mesmo para comercialização. Um problema detectado fora que, após a retirada deste material dos cestos coletores, o mesmo permanecia no piso para escoar a umidade, mas eram levados pela população. Como solução, os metais passaram a ser escondidos abaixo de camada de resíduos para que não fossem levados.

Demonstra-se na figura 33 a relação entre precipitação e vidros. Também não apresenta relação direta com a precipitação, conforme verificado na data 21 de julho de 2009 (10º evento) onde ocorreu a maior quantidade de massa enquanto que a maior precipitação foi observada em 26 de abril a 02 de maio de 2008 (4º evento). Isto ocorre possivelmente, em função de seu peso que impede que a drenagem o empurre, além de que o material pode ser quebrado durante seu percurso devido ao contato com pedras no leito do riacho. Os tipos de vidros mais encontrados foram os de conservas e café.

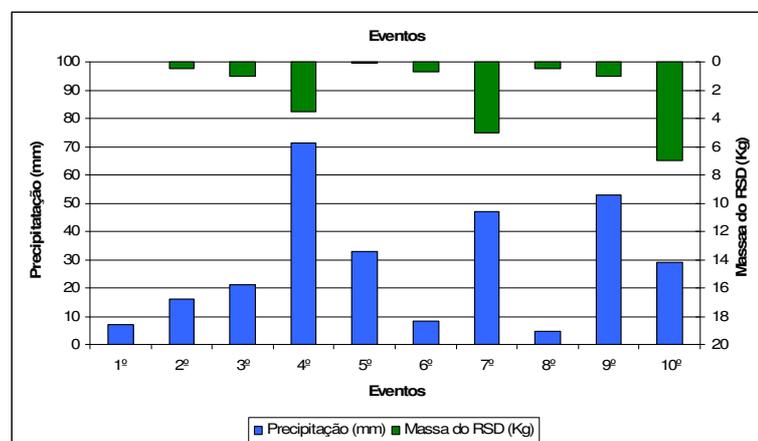


Figura 33 - Relação precipitação e classificação verde A (vidro).

Na figura 34 observa-se a relação entre tecidos e isopor e a precipitação. Foi encontrada grande quantidade de isopor, provavelmente em razão deste material ser usado para proteger equipamentos novos comprados pela população que o descarta diretamente no arroio Esperança. Todavia, apesar de sua grande quantidade, seu peso é insignificante. Nos dias 22 e 23 de junho de 2009 (9º evento) ocorreu a maior quantificação de massa deste RSD classificação Verde B em virtude de ter se classificado um colchão encontrado no riacho. Também foram encontradas peças de roupas.

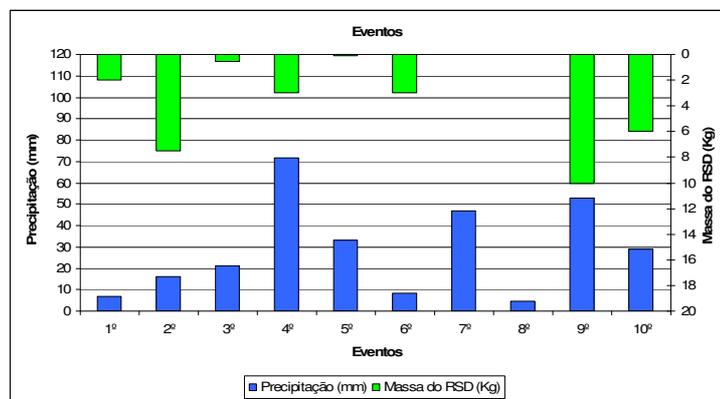


Figura 34 - Relação precipitação e classificação verde B (tecidos e isopor).

Na figura 35 tem-se a relação entre precipitação e papel, o qual não foi significativo devido ao mesmo ser destituído em contato com água, sendo que o material que fora quantificado foi o papelão devido à sua maior resistência – apesar de ser encontrado em pedaços, e caixas de leite longa vida também em função de sua maior resistência.

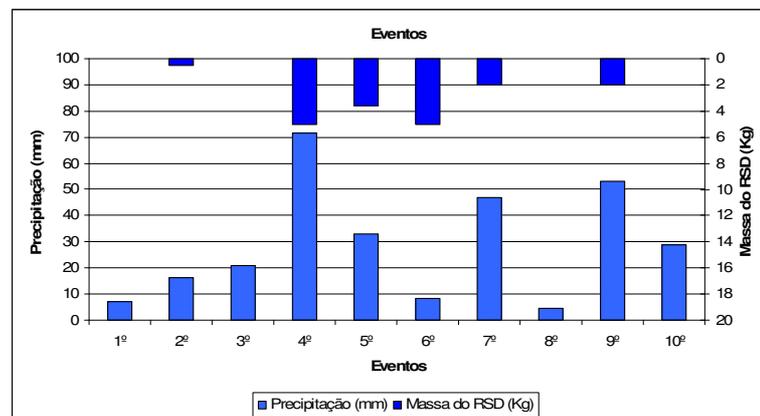


Figura 35 - Relação precipitação e classificação azul (papel e papelão).

Mostra-se na figura 36 a quantidade de massa de pneus e borrachas, relacionado às precipitações pluviométricas, que foi constatado em alguns eventos em função do provável descarte de empresas da área que trabalham à montante da armadilha, como borracharias e também moradores ribeirinhos que colocam pneus novos em seus carros, descartando assim os velhos no arroio. Porém, este material era demandado por moradores próximos e assim, provavelmente, em algumas precipitações mais intensas não foi verificado o registro do material por ter sido retirado pela população ainda durante o curso do resíduo dentro do riacho. Deste modo, se requeria cuidado especial com seu acondicionamento para que os moradores não o carregassem após sua retirada dos cestos coletores. Para evitar prejuízo à pesquisa, logo após a retirada da estrutura eram quantificados e em caso de terem sido levados, já havia ocorrida a contagem do número de pneus encontrados e assim, na medição eram adicionados. Em função de ser levados pela população e do peso do resíduo que necessitava de precipitações mais intensas para ser arrastado, fora encontrado em apenas duas precipitações.

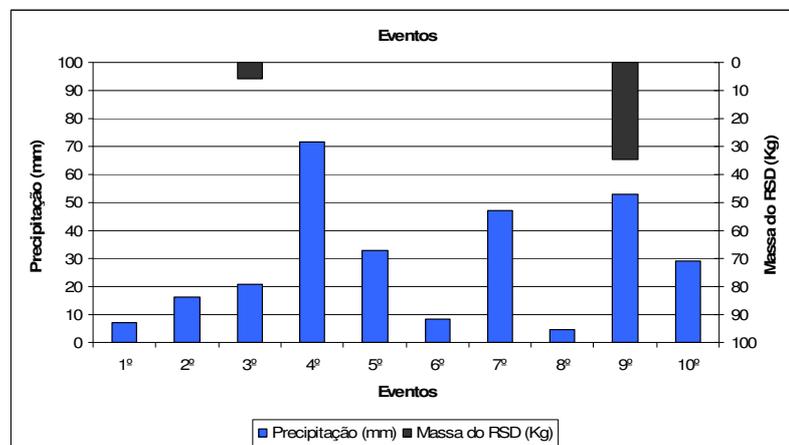


Figura 36 - Relação precipitação e classificação preto B (pneus e borrachas).

Na figura 37 é apresentada as relações entre precipitação e resíduos perigosos. Na figura 38 são abordados os resíduos ambulatoriais, serviços de saúde e animais mortos.

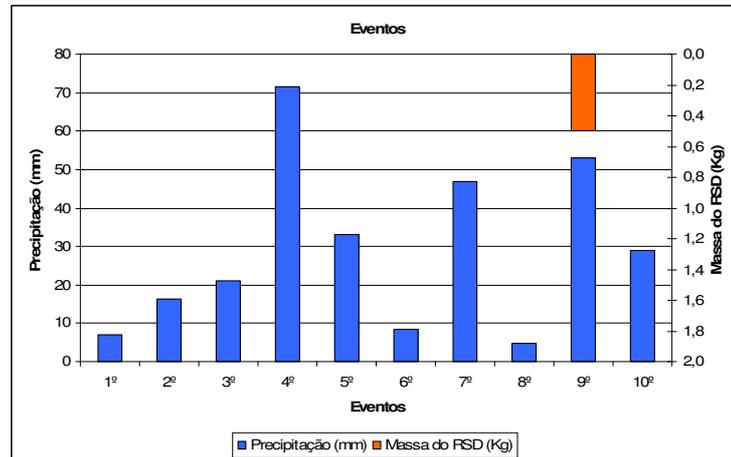


Figura 37 - Relação precipitação e classificação laranja (resíduos perigosos).

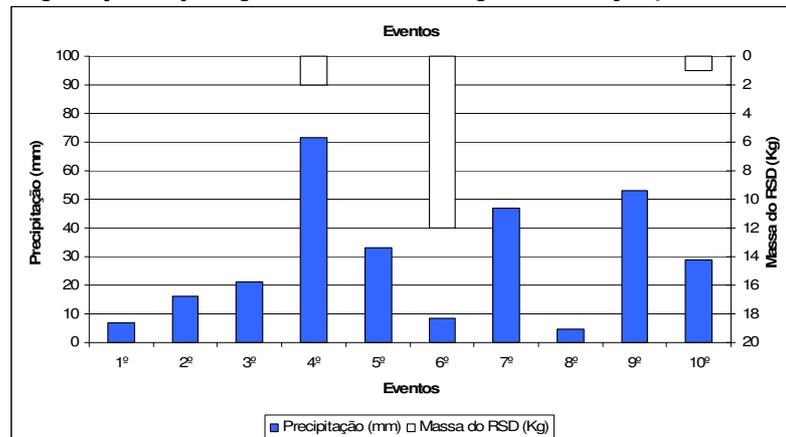


Figura 38 - Relação precipitação e classificação branca (animais mortos).

Os materiais quantificados são resíduos jogados pela população ribeirinha, sendo que fora encontrado um saco com remédios nos dias 22 e 23 de junho de 2009 (8º evento), contendo várias cartelas com comprimidos intactos e, na classificação branca foi recolhido um saco com animais mortos no dia 18 de maio de 2009 (6º evento) e nos demais eventos também houve ocorrência de animais mortos, mas em menor quantidade.

A figura 39 demonstra a relação entre precipitação e madeira processada. Esta classe de resíduo, apesar de ser considerado material orgânico, foi jogada no rio pela população, ao contrário da classe anterior que ocorreu por meio de processo natural. Por ser um material não usual, sendo utilizado de forma eventual, não há uma relação direta entre a precipitação pluviométrica e a massa deste resíduo.

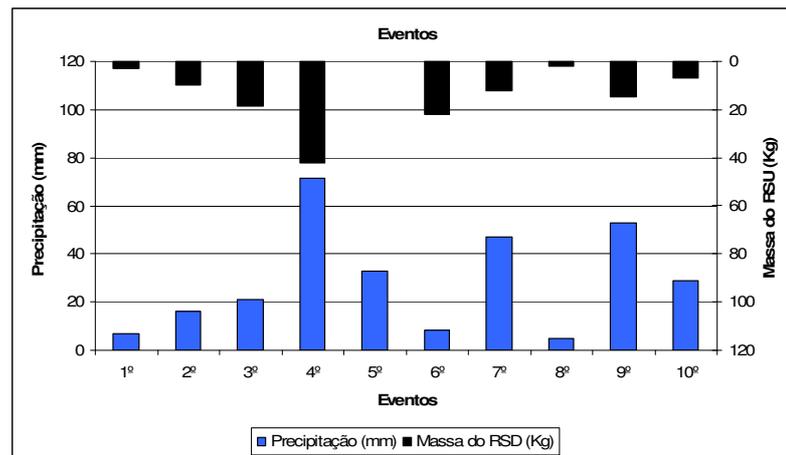


Figura 39 - Relação precipitação e classificação preto A (madeira processada).

Pode-se concluir que os resíduos sólidos urbanos mais leves são facilmente carregados pela precipitação até o arroio. Há uma relação entre quantificação e precipitação na maioria dos materiais analisados. Enquanto que, materiais pesados como pneus, foram constatados em precipitações maiores.

5.3 Modelagem de previsão de RSD

5.3.1 Curva de previsão de RSD

Na tabela 6 têm-se os dados de precipitação e RSD totais quantificados em cada um dos eventos pluviosos registrados. Este dados foram posteriormente utilizados para geração de equação econométrica com o uso de planilha Excel.

Tabela 6 - Total de RSD e precipitação por evento pluvioso

Data dos eventos	Precipitação (mm) Variável independente (X)	Total de resíduos (kg) Variável dependente (Y)
10/04/08	7	26
12/04/08	16	120
13/04/08	21	155
26/04 a 02/05/08	72	386
12 e 13/05/09	33	296
18/05/09	8	167
30/05/09	47	281
08/06/09	5	61
22 e 23/06/09	53	503
21/07/09	29	227

A figura 40 apresenta a curva da produção total de resíduos sólidos gerados em função da precipitação ocorrida, onde, a partir desta curva, resulta a função $y = 5,8978x + 50,659$ que corresponde a relação entre a precipitação e o arraste de resíduos sólidos no arroio Esperança. A interpretação da equação foi realizada da seguinte maneira: se X (precipitação) aumentar em 1 mm, Y(RSD) aumentará em 5,8978 kg e com o uso do coeficiente de correlação r^2 obtêm-se a proporção de variação total da variável dependente Y que é explicada pela variação da variável independente X, ou seja, os valores de Resíduos Sólidos Drenados – RSD são explicados em 78,64% pela variação da precipitação.

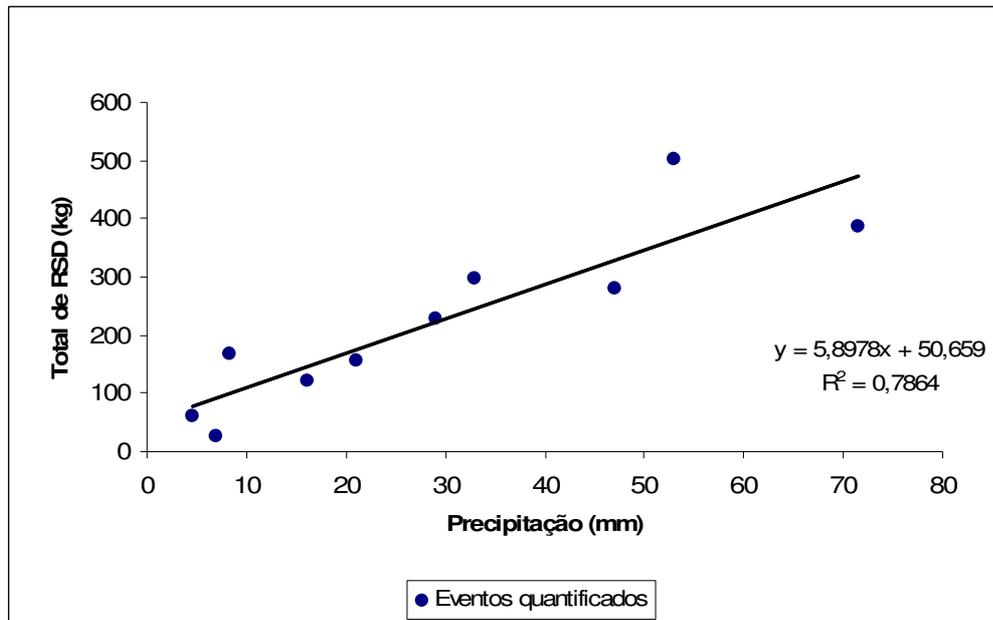


Figura 40 - Curva de resíduos sólidos carregados em função da precipitação.

Brites e Gastaldini (2005) asseguram que o transporte de resíduos sólidos denota tendência crescente com o aumento do volume do escoamento superficial, no entanto, o transporte de resíduos deve considerar também a intensidade máxima de precipitação, volume escoado e disponibilidade de resíduos sobre a superfície da bacia.

As águas das precipitações transportam para a rede de drenagem urbana os sólidos totais dispostos sob a forma de resíduos sólidos ou sedimentos. A estimativa destes sólidos depende das fontes de carga, da capacidade de transporte para o sistema de drenagem e da capacidade de armazenamento do sistema (NEVES, 2006).

5.3.2 Aplicação da curva de previsão de RSD em estimativa anual

Na tabela 7 é mostrada uma simulação da quantidade de RSD mensal durante um ano que poderá ser carregada pelas precipitações e que pode obstruir os bueiros e interferir no fluxo normal do riacho, além de causar um aspecto visual desagradável, procriação de vetores de doenças e do odor provocado com o

acúmulo de resíduos. Neste quadro tem-se o total mensal de resíduos sólidos do período de Agosto de 2006 a Julho de 2007 estimado a partir da equação resultante da curva de produção gerada com os resultados das coletas realizadas no arroio Esperança, onde o total carreado, no período de um ano, correspondeu a **9.880Kg** com uma precipitação total para o período de 1.572mm. O período estimado de resíduos sólidos acumulados fora escolhido, levando em consideração simulação realizada no mesmo local e período, porém metodologia de estimativa diferente, para posterior comparação dos resultados encontrados nas duas pesquisas.

Tabela 7 - Estimativa da quantidade de resíduos sólidos gerado no período de um ano, correspondente aos meses de Agosto de 2006 a Julho de 2007.

Mês e Ano	Precipitação (mm)		RSD (Kg)	
	X	Y	X	Y
agosto-06	75,6		496,53	
setembro-06	154,2		960,10	
outubro-06	208,9		1.282,71	
novembro-06	134,6		844,50	
dezembro-06	84,2		547,25	
janeiro-07	163,9		1017,31	
fevereiro-07	145,2		907,02	
março-07	173,6		1.074,52	
abril-07	122		770,19	
maio-07	102,8		656,95	
junho-07	131,6		826,81	
julho-07	75,6		496,53	
Total	1.572,2		9.880,43	

Na figura 41, são apresentadas imagens à jusante 100m do ponto de coleta e quantificação dos resíduos da presente pesquisa, onde pode ser observado que o riacho é canalizado, ficando esse resíduo depositado na entrada dos bueiros. A primeira imagem foi obtida após a limpeza para construção da estrutura de medição de vazão do tipo calha Parshall presente no local, pois os resíduos obstruíam a passagem da água, interferindo no fluxo do arroio, vindo a causar represamento e inundações no local. A segunda imagem mostra que, um ano após a limpeza e desobstrução dos bueiros, a situação se repete.



Figura 41 - Bueiro a jusante da estação de monitoramento, em situação antes e depois de um ano da limpeza.

Com base nas informações de Silveira et al. (2007) em relação ao total de volume de resíduos acumulados nos bueiros durante o período de agosto de 2006 a julho de 2007, elaborou uma estimativa da carga de resíduos carreados pelo arroio no bueiro a jusante da estação de monitoramento da Bacia Escola Urbana, usando como variáveis as dimensões de frente dos bueiros: $5,10 \times 2,20 \times 4,00$ (m) = 44,88 m³ que, conforme o Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos, considera que 1m³ de resíduos sólidos equivale a 250 kg/m³. Com isto, por meio da multiplicação dos dados (44,88m³ x 250Kg/m³), se obtêm a quantidade total de 11.220Kg de resíduos sólidos drenados que foram carreados até a frente dos bueiros no período de um ano.

Com isto, pode-se comparar os dados deste trabalho e de Silveira et al. (2007) e validar a curva de previsão de RSD ($y = 5,8978x + 50,659$) pois, foi encontrado um total de aproximadamente 10.000kg de resíduos sólidos drenados para o período, sendo um valor aproximado ao encontrado pelo outro autor, no total aproximado de 11.000kg. Esta diferença de cerca de 1.000kg pode ser atribuída ao motivo de que, antes da limpeza do local em 31 de junho de 2006, o arroio estava represado devido ao acúmulo nos bueiros, impedindo o fluxo natural do riacho, que represava o arroio à montante do depósito irregular do lixo. Com este represamento, os resíduos acumulados ao longo do leito do riacho não eram carreados com as precipitações. Após a limpeza, a primeira precipitação possivelmente carrou os resíduos até os bueiros e resultou em um acréscimo de RSD. Deste modo, a

metodologia deste trabalho se difere porque considera a quantidade de resíduos em função da precipitação, ao contrário de Silveira et al. (2007), que considerou apenas o volume de RSD depositado em frente aos bueiros, não considerando os resíduos depositados ao longo do leito de drenagem do riacho.

Conforme Tucci (2007), o material sólido reduz a capacidade de escoamento, obstrui as detenções urbanas e cria problemas ambientais, a falta de limpeza no sistema de drenagem e projetos inadequados causam problemas de escoamento.

5.4 Contribuição da intensidade de precipitação na produção de RSD

Por meio do monitoramento realizado em microbacia urbana de Santa Maria levantou-se dados da intensidade e freqüência de precipitações entre 2008 a 2009 (Tabela 8) e elaborou-se uma comparação com os resíduos sólidos carregados até o local.

Tabela 8 - Dados relativos à intensidade, precipitação e RSD por evento.

Eventos	Precipitação		Picos de chuva	Duração do evento (Hrs)	RSD (kg)
	(mm)	Intensidades máximas (mm/h)			
1º	7	2	1	10	26
2º	16	10,8	1	4	120
3º	21	13,4	1	14	154,5
4º	71,5	14,2 / 7,4 / 7,4 / 8,4	4	120 (5 dias)	385,5
5º	33	11,2 / 9,2	2	43	296,2
6º	8,3	6,6	1	3	166,7
7º	47	5,8 / 4,5 / 2,4 / 3,8 / 4,4 / 7,4 / 2,8	7	19	280,7
8º	4,7	3	1	4	60,6
9º	53	7 / 8,4 / 10	3	30	503
10º	29	12,2	1	5	227

A primeira coleta foi realizada no dia 10 de abril de 2008, após uma precipitação de 7mm, que arrastou pouco RSD, apenas os que permaneciam no leito do curso normal do riacho devido ao pequeno aumento da vazão e em razão da intensidade de apenas 2mm durante 25 minutos de precipitação. O evento ocorreu em 10 horas arrastando um total de 26Kg de RSD (Figura 42).

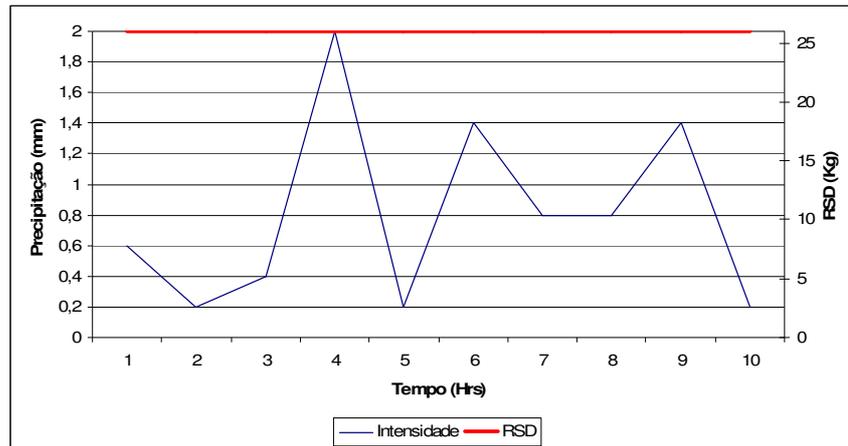


Figura 42 - Intensidade precipitada por evento pluviométrico e total de RSD.

A segunda coleta ocorreu dia 12 de abril de 2008 após uma precipitação total de 16mm em 4 horas, sendo que destes, 10,8mm ocorreu em 1 hora, apresentando um maior arraste de RSD, 120 Kg devido ao pico de precipitação ocorrido (Figura 43).

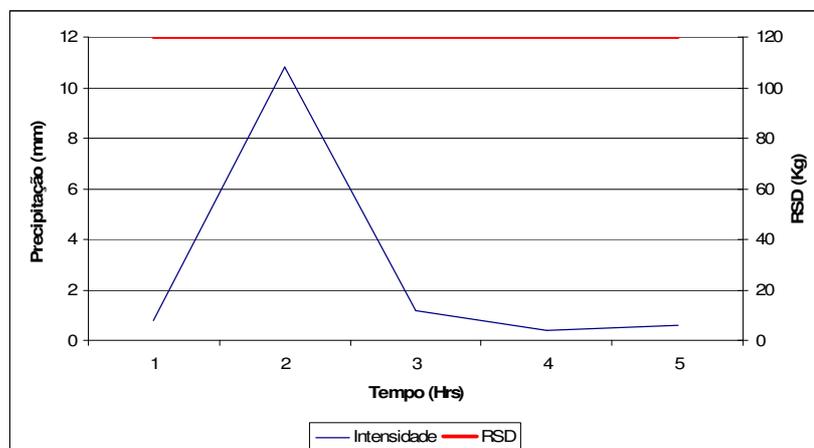


Figura 43 - Intensidade precipitada por evento pluviométrico e total de RSD.

Na terceira coleta, no dia 13 de abril de 2008, apresentou precipitação total de 21mm em 14 horas, sendo que cerca de 64% desta precipitação ocorreu em 3 horas, atingindo uma intensidade de 13,4mm/h, arrastando 154,5 Kg de RSD, dentre estes 6 Kg de pneus (preto B), que necessitam de uma velocidade e vazão maiores para serem veiculados (Figura 44).

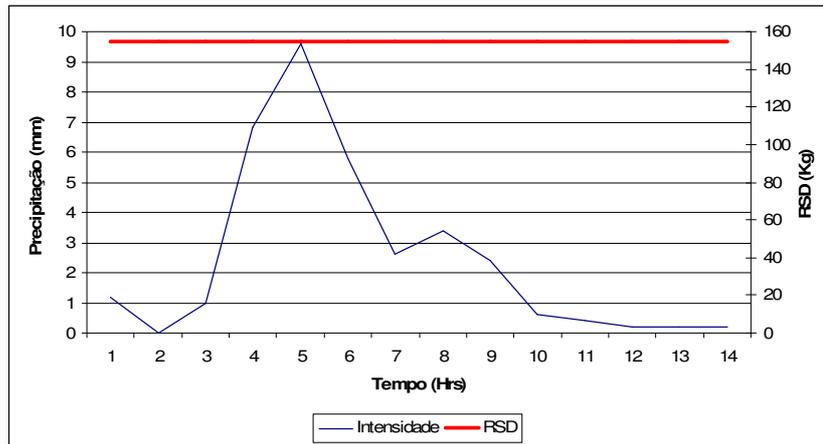


Figura 44 - Intensidade precipitada por evento pluviométrico e total de RSD.

A primeira, segunda e terceira amostragens anteriormente descritas foram coletados e quantificados separadamente, porém elas representam um único evento de precipitação (Figura 45).

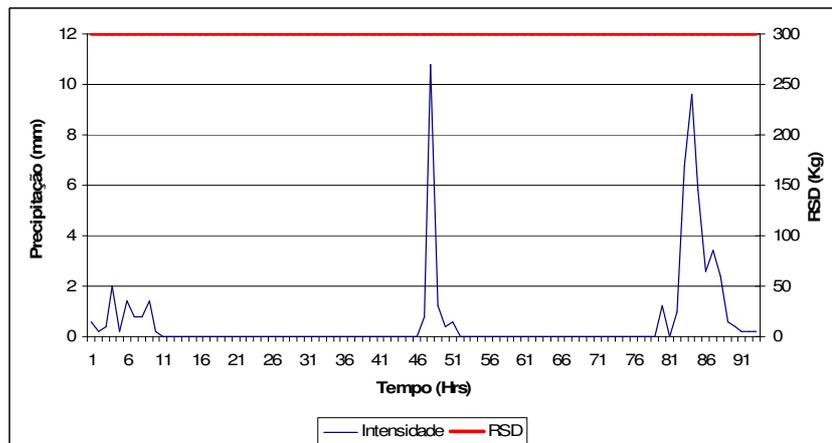


Figura 45 - Intensidade precipitada por evento pluviométrico e total de RSD quantificados para a 1ª, 2ª e 3ª coletas.

Pode-se observar que, na primeira coleta obteve-se pouca precipitação e pouco arraste de RSD. Já na segunda coleta houve uma precipitação que apresentou uma intensidade máxima de 10,8mm/h e um arraste considerável de RSD. Na terceira coleta verificou-se três picos de precipitação pluviométrica, sendo a maior intensidade 9,6mm/h ocorrendo um grande arraste de RSD.

Ao analisar as três coletas em conjunto tem-se um total de 300 Kg de RSD para uma precipitação de 44mm. Portanto, as coletas são mecanismos de comparação de eficiência dos resultados encontrados para a quantificação por eventos pluviosos isolados, como é discutido na seqüência (4^a, 5^a, 6^a, 7^a, 8^a, 9^a e 10^a campanhas), onde se tem um arraste no início do evento de materiais mais leves, aumentando a massa desses materiais conforme aumenta a duração do evento e intensidade da precipitação.

No 4^o evento (Figura 46), ocorrido nos dias 26 de abril a 2 de maio de 2008, houve precipitação total de 71,5mm em 5 dias. O início do evento apresentou um pico de precipitação com intensidade de 14,2 mm/h e outros 3 picos em seqüência dois dias depois com 7,4 mm/h, 7,4mm/h e 8,4 mm/h, respectivamente perfazendo um total de 4 picos de precipitação para 385,5Kg de RSD quantificados.

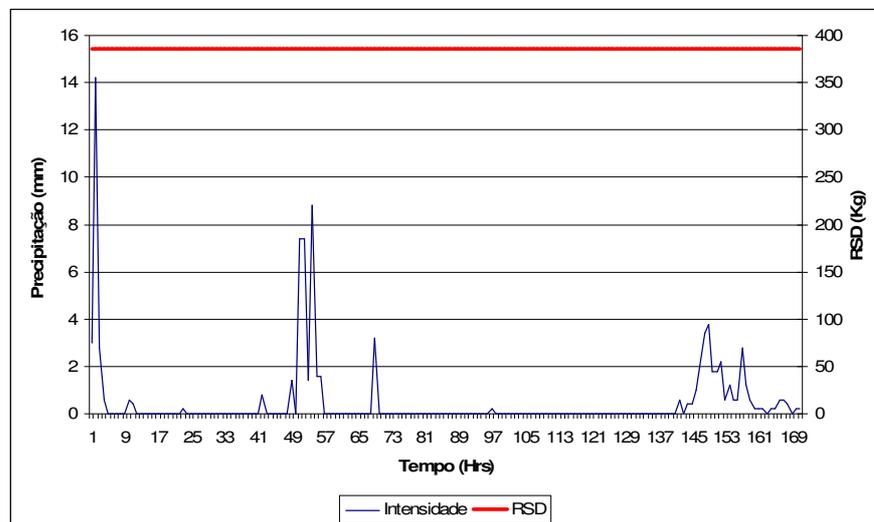


Figura 46 - Intensidade precipitada por evento pluviométrico e total de RSD.

O quinto evento (Figura 47), ocorrido nos dias 12 e 13 de maio de 2009, registrou precipitação total de 33mm, apresentando no início precipitações fracas e no final do evento 2 picos de precipitação com intensidade de 11,2 e 9,2 mm/h, sendo arrastado um total de 296,2Kg de RSD.

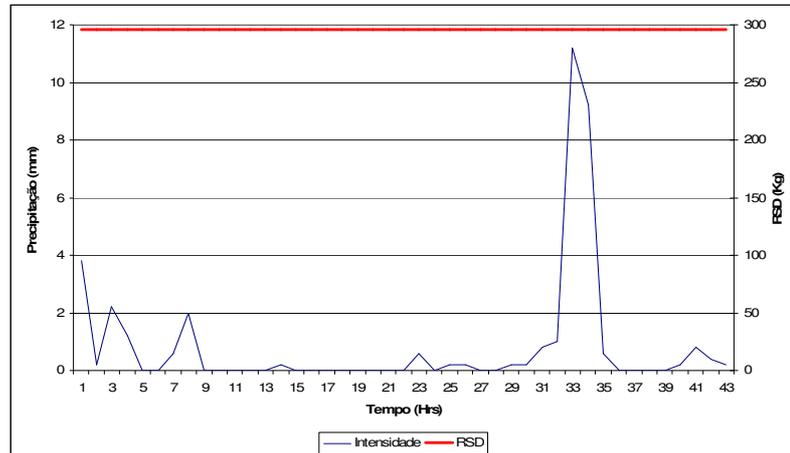


Figura 47 - Intensidade precipitada por evento pluviométrico e total de RSD.

No 6º evento (Figura 48), ocorrido no dia 18 de maio de 2009, a precipitação total foi de 8,3mm, sendo que destes 6,6mm precipitou em 2 horas, arrastando um total de 166,7Kg de RSD. Esta quantificação está relacionada ao evento anterior, em que a precipitação de maior intensidade ocorreu no final do evento, fazendo com que alguns RSD não alcançassem a armadilha coletora, ficando nas margens e no próprio leito à montante ao riacho. Então, a precipitação deste evento concluiu o possível carregamento dos RSD depositados pelas águas do 5º evento pluviométrico.

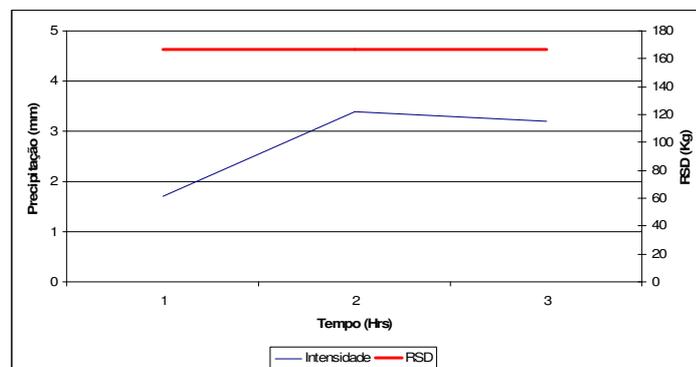


Figura 48 - Intensidade precipitada por evento pluviométrico e total de RSD.

No sétimo evento (Figura 49), ocorrido no dia 30 de maio de 2009, tem-se uma precipitação total de 47mm, com duração de 19 horas, sendo que foram mais relevantes 7 horas consecutivas de precipitação entre 2,4 e 7,4mm, onde este último precipitou em uma hora, ocasionando um pico de precipitação com intensidade de 7,4mm/h, justificando assim os 280,7Kg de RSD quantificados.

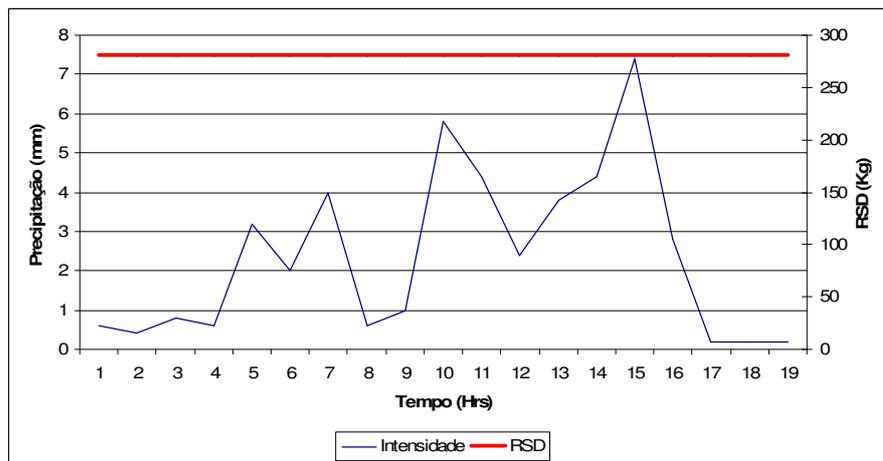


Figura 49 - Intensidade precipitada por evento pluviométrico e total de RSD.

No 8º evento (Figura 50), realizado no dia 9 de junho de 2009, ocorreu precipitação total de 4,7mm e seguiu a lógica do 6º evento, com quantificação total de 60,6Kg de RSD.

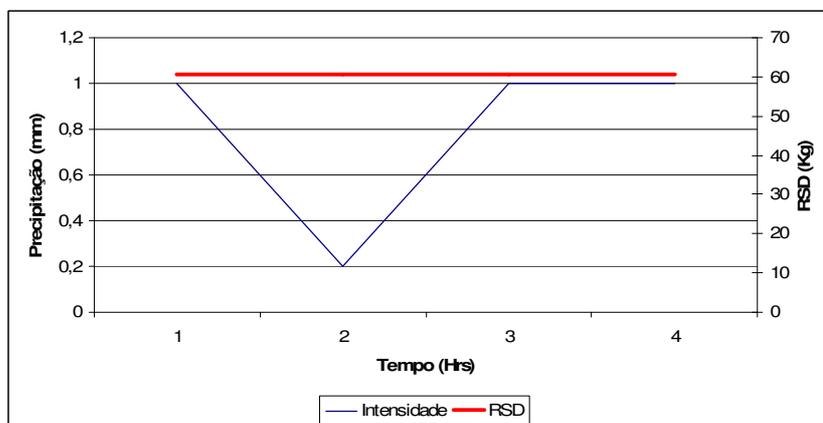


Figura 50 - Intensidade precipitada por evento pluviométrico e total de RSD.

No 9º evento (Figura 51), ocorrido nos dias 22 e 23 de junho de 2009, ocorreu um total de precipitação de 53mm, distribuídos durante 2 dias, apresentando 3 picos de precipitação com intensidade de 7,0 , 8,4 e 10 mm/h, sendo que as duas últimas intensidades foram registradas em seqüência.

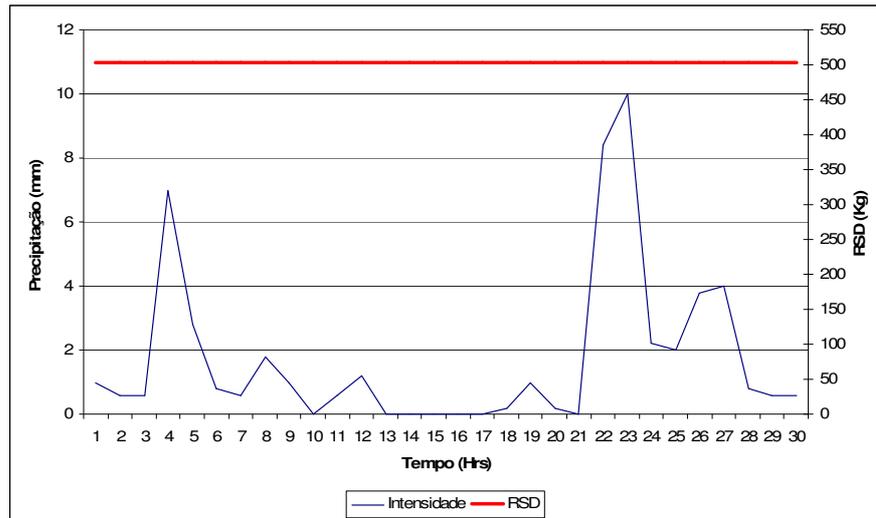


Figura 51 - Intensidade precipitada por evento pluviométrico e total de RSD.

Dos 53mm precipitados no evento 25,4mm, ou seja, metade da precipitação ocorreu em 3 horas, ocasionando um arraste de 503Kg de RSU. Esta quantidade de resíduo ficou um pouco afastado da linha de tendência do gráfico, porém pode ser justificado pela intensidade da precipitação em que registrou um dos picos (7mm/h) no primeiro dia de precipitação e outros 2 picos (8,4 e 10mm/h) em duas horas no dia seguinte, fazendo o arraste de materiais pesados como os 34,5Kg de pneus (preto B) e uma maior quantidade de materiais leves, como os 82Kg de plástico (vermelho). Também deve ser considerada a época antecedente ao inverno, em que a vegetação caducifólia perde as folhas, aumentando a quantidade de matéria orgânica na classe orgânica (marrom B), em um total de 338,5Kg de RSD quantificados.

O 10º e último evento analisado (Figura 52), que foi obtido no dia 22 de julho de 2009, foi realizado para confirmação das interferências naturais no evento anterior (9º evento). Em uma precipitação total de 29mm ocorrida em 5 horas, registrou um pico de precipitação com intensidade de 12,2mm/h e um total de 227Kg de RSD quantificados.

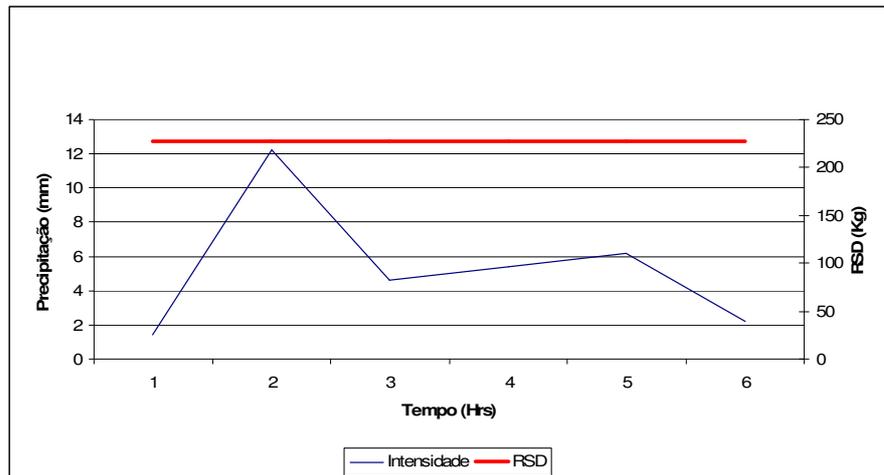


Figura 52 - Intensidade precipitada por evento pluviométrico e total de RSD.

Pelos resultados analisados, pode-se inferir que a quantidade de resíduos que foram drenados no arroio Esperança tem relação direta com a intensidade das precipitações e o tempo de duração de cada evento pluviométrico.

6 CONCLUSÕES

Em relação à estrutura de monitoramento:

Em relação à estrutura de coleta dos RSD, esta se mostrou satisfatória às necessidades do projeto, porém, foi constatado ser necessário quatro operadores para a remoção das gaiolas até a área de secagem dos resíduos sólidos.

Também foi verificado que durante intensa precipitação grande quantidade de resíduos sólidos foram prensados nos cestos coletores e nas telas laterais, o que impedia o fluxo d'água e causava inundação dos terrenos próximos à estrutura montada. Isto requereu atenção constante da equipe durante intensas precipitações e confirmou a hipótese testada de que a intensidade de precipitações possui relação direta com a concentração total de RSD.

Em relação ao monitoramento:

A importância da qualificação e quantificação dos resíduos sólidos nas redes de drenagem está relacionada ao elevado risco que eles contemplam ao causar danos ambientais devido a apresentar elevadas concentrações de poluentes. Assim, trabalhos desta natureza são desenvolvidos para gerar informações de apoio à proposição de medidas de controle adequadas para evitar estes danos – em uma etapa posterior do processo de gestão.

Em relação ao monitoramento, concluiu-se que a presença de plástico no arroio Esperança é um grande obstáculo para os gestores municipais devido ao grande consumo deste pela população, pois, devido à sua impermeabilidade, este obstrui as estruturas de drenagem, além de apresentar um aspecto degradante ao local e do material demorar um longo período para decomposição natural.

O material isopor foi verificado em grande quantidade em alguns eventos, apesar da pouca massa quantificada por ser um material leve.

A matéria orgânica em grande quantidade é devido às intempéries naturais da microbacia, a qual possui vegetação de grande porte ao longo de seu percurso, ao

corte indiscriminado da vegetação ao longo do arroio pela população ribeirinha e também se deve às estações do ano. A madeira processada obteve o percentual de 6% e isto é devido ao descarte do material pela população urbana do local. Já metais e vidros obtiveram um baixo percentual, assim como os papéis. A classe “outros” apresentou um percentual de 6% diante de curiosidades como calçados, fraldas descartáveis e guarda-chuvas. Ademais, considerável quantidade de animais mortos foi detectada.

É importante salientar a parcela total de materiais potencialmente recicláveis, 27%, que foram descartados no leito do riacho. Isto denota significativa ausência de consciência ambiental. Apesar da disseminação de informações acerca da reciclagem de materiais, ainda há uma grande falta de comprometimento e hábitos pela população.

Em relação à curva de previsão de RSD:

A modelagem abordada no trabalho tem como objetivo propor aos gestores municipais um parâmetro para tomada de decisão verificando se suas ações são eficientes diante do destino de RSU que a população vem efetuando.

Em relação à aplicação da curva de previsão de RSD em estimativa anual:

A simulação demonstrou que, caso não haja nenhuma ação para impedir o acúmulo de resíduos no arroio por evento pluvioso, cada ano será carreado um total de aproximadamente 10.000kg de resíduos na bacia urbana analisada.

Em relação a aspectos gerais:

Por fim, a infra-estrutura precária na coleta de resíduos sólidos urbanos, assim como no seu acondicionamento e destino final associados à falta de um efetivo programa de educação ambiental refletem nos resultados auferidos a grande quantidade de RSD disposto em microbacia urbana do município.

Estes resultados obtidos servem como apoio para tomada de decisão de gestores municipais que devem reestruturar sua política ambiental de forma integrada e priorizar a educação e mudança de valores e comportamento da população. Deste modo, deve-se dar continuidade ao trabalho desenvolvido aproveitando o engajamento da população que percebeu a importância deste e iniciar atividades pela própria Prefeitura Municipal de Santa Maria que deve introduzir em sua gestão a relevância da conservação ambiental e, disseminar esta importância para seus cidadãos promovendo a educação ambiental.

7 RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se que:

- O transbordo (Figura 53) deve ter um rebaixamento de aproximadamente 15 cm, o que possibilitará evitar o represamento da água à montante pela obstrução provocada pelos resíduos coletados.



Figura 53 - Local onde deve haver o rebaixamento da tela.

- Deve haver uma legislação adequada para prever a devolução do material isopor presente de forma significativa na microbacia em decorrência do consumo de equipamentos novos que usualmente são embalados e envoltos por este material. As empresas que vendem os materiais embalados e protegidos por isopor deveriam receber este resíduo no ato da entrega do produto ao consumidor, removendo-o da embalagem e retornando-o para o produtor primário que deve ser incumbido de oferecer um destino adequado ou sua reutilização em outros produtos.
- Os gestores municipais devem prosseguir este trabalho, pois, a população das margens do arroio Esperança observou que, por meio do trabalho

realizado, ocorriam menos danos à região, sendo que, quando não havia a estrutura de monitoramento, constantemente durante as precipitações ocorriam inundações no local devido ao entupimento da canalização localizada jusante à estrutura de monitoramento. Já com a retenção dos resíduos para quantificação e qualificação que foi elaborada pelo trabalho, estes problemas foram minimizados e apesar de no início o RSD ser represado na grade e inundar seus terrenos, os efeitos eram menores que em curso normal da água. Também é importante ressaltar que isto fora corrigido durante o projeto e não ocorreram novas inundações motivadas pela estrutura. Assim, a população se conscientizou da importância deste projeto e informou que solicitava constantemente à população à montante do riacho para não dispor seus resíduos sólidos de forma inadequada na microbacia pois, a mesma verificou que sacolas de lixo inteiras eram jogadas na bacia. É importante manter a constância do trabalho para evitar problemas mais graves e mudanças de políticas e prioridades devem ocorrer primeiramente na gestão municipal que deve promover significativas melhorias pois, Santa Maria não dispõe de uma coleta, transporte e disposição de resíduos eficiente, o que resulta no acúmulo de RSD observado. E em seguida, deve-se trabalhar a educação ambiental junto à população.

- Explorar mais detalhadamente em projetos futuros as relações entre os dados de Contribuição da intensidade de precipitação na produção de RSD, através de monitoramentos e ajuste da curva de previsão de RSD para que considere a intensidade de chuva de cada evento pluviométrico.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENDA 21. **Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUD)**. São Paulo, SP, 1997.

ALLISON, R.A. et al. **From roads to rivers** - Gross pollutant removal from urban waterways, Research Report for the Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, Australia, 1998. 98 f.

ARMITAGE, N.; ROOSEBOOM, A.. The removal of litter from stormwater conduits in the developing world. In: BUTER, D.; MAKSIMOVIC, C. 1998. **Developments in urban drainage modelling (UDM'98)**. London: Pre-prints of fourth international conference, 1998.

_____. **The removal of urban litter from stormwater conduits and streams:** paper 1 – The quantities involved and catchment litter management options. Water SA Vol. 26, No. 2 April, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 1004**: resíduos sólidos. 2.ed. : [S.1. : s.n.], 2004. 71 f.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2005.

BARROS, A. V.; PINHEIRO, S. **Análise da adesão da população para implantação da pré-coleta nos sistemas de coleta seletiva de resíduos sólidos domiciliares da cidade de João Pessoa – PB**. Dissertação. (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental). Universidade Federal da Paraíba. Paraíba, 2005.

BASTOS, R.C. **Lixo sujo e Lixo limpo**: O discurso social sobre o lixo.. Dissertação (Mestrado em Psicossociologia de Comunidades e Ecologia Social) Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1995. 79 f.

BEECHAM, S. C.; SABLATNIG, S. J. **Hydraulic modelling of stormwater trashracks**. Hydraulics in Civil Engineering Conference, University of Queensland, Brisbane, 1994.

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos**. São Carlos: EESS/USP, 1999. 120 f.

BOCK, A. E.; CORRÊA, J. M.; LIMA, P. A. **A questão dos resíduos sólidos urbanos no direito brasileiro, sob o aspecto da Constituição Federal de 1988 e das demais leis em vigor até Junho de 2001**. Centro de Ensino Superior de Catalão CESUC, v. 07, 2001. p. 126-140.

BRAGHIROLI, E.M.; PEREIRA, S.; RIZZON, L.A. **Temas de Psicologia Social**. 3. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 1999. 180 f.

BRAGHIROLI, E.M. et al, **A psicologia e a preservação ambiental**. Coletânea — Cultura e saber. Caxias do Sul. v.2, n. 2, nov. 1998.

BRANCO, S. M. A água e o homem. In: PORTO, R. L. L. (Org.) **Hidrologia Ambiental**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v.3), 1991. p. 3-26.

BRASIL, **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Art. 225. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constitui%C3%A7ao.htm Acesso em 22 de dezembro de 2009.

_____. **Resolução do CONAMA n.º 275 de 25 de abril de 2001**. Dispõe sobre os códigos de cores para diferentes tipos de resíduos. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=273> Acesso em junho de 2009.

_____. **Lei 9.795 de 27 de abril de 1999**. Política Nacional de Educação Ambiental. Disponível em: <http://pga.pgr.mpf.gov.br/boletins/arquivos-de-boletins-2009/politica-nacional-de-educacao-ambiental/?searchterm=cfm> Acesso em 10 de agosto de 2009.

_____. **Lei n.º 2.312 de 03 de setembro de 1954**. Dispõe sobre normas gerais, sobre defesa e proteção à saúde. Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/125738/decreto-lei-2312-86> Acesso em 15 de novembro de 2009.

_____. **Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e da outras providencias. Disponível

em:http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm Acesso em 10 de agosto de 2009.

_____. **Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998.** Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm Acesso em 05 de setembro de 2009.

_____. **Projeto de lei.** Política Nacional de Resíduos Sólidos. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/sileg/integras/501911.pdf> Acesso em 3 de maio de 2009.

_____. MINSTÉRIO DAS CIDADES. **Dados do Brasil para a 1ª Avaliação Regional 2002 dos Serviços de Manejo de Resíduos Sólidos Municipais nos Países da América Latina e Caribe.** Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/secretarias-nacionais/saneamento-ambiental/biblioteca/1a-avaliacao-2002-mcid-opas/Apresent.doc>, acesso em 10 de julho de 2009.

BRITES, A. P. Z.; GASTALDINI, M. C. C. Estudo comparativo do lançamento de resíduos sólidos na drenagem urbana em duas bacias hidrográficas. 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, **Anais**. ABES: Associação Brasileira de Engenharia Ambiental, 2005.

BRITES, A. P. Z. **Avaliação da qualidade da água e dos resíduos sólidos no sistema de drenagem urbana.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005. 177 f.

BURGOS, H. A; ROSA, M. S. **O lixo pode ser um tesouro** — texto técnico-científico. Rio de Janeiro: Centro Cultura Rio Cine, 1994.

BUTLER, D.; PARKINSON, J. **Towards sustainable urban drainage.** Water Science and Technology, 1997.

CAMPOS, A. C. A. **Resíduos sólidos urbanos:** educação ambiental e análise de comportamento de estudantes de Feira de Santana – BA. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

CANALI, G.E. **Produção de sedimentos em pequenas bacias hidrográficas rurais**. Efeito das características das chuvas, da declividade das vertentes e do uso do solo. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Porto Alegre: IPH-UFRGS, 1981. 239 f.

CERQUEIRA, L. **Ecologia e Saúde Pública** Entrevista a Oswaldo Paulo Forattini Revista Saneamento Ambiental. N. 163, mar. 2000.

CHIEW, F.H.S.; McMAHON, T.A. **Modelling Runoff and Diffuse Pollution Loads in Urban Areas**. Water Science and Technology, v. 39, n. 12, p. 241-248, 1999.

CHOE, J.S.; BANG, K.W.; LEE, J.H. **Characterization of Surface Runof in Urban Areas**. Water Science and Technology, v. 45, n. 9. 2002. p. 249-254.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD). **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991. 430 f.

CONSELHO ESTADUAL DE SANEAMENTO - CONESAN DE SÃO PAULO. Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras (SERHSO). **Indicador de Salubridade Ambiental**. São Paulo. 1999. 101 f.

D'ALMEIDA, M.L.O.; LAJOLO, R.D.; VILHENA, A. **Lixo municipal**: manual de gerenciamento integrado. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.

DAYAL, G. et al. **Impact of climatic conditions and socio-economic status on solid waste characteristics**: a case study. The science of the total environment 136, 1993.

DEC — Department of Environmental Conservation. New York State. **Stormwater Management Design Manual**. New York, E.U.A., 2003. 416p. Disponível em: < [http://www.dec.state.ny.us/web site/dow/toolbox/swmanual/](http://www.dec.state.ny.us/web%20site/dow/toolbox/swmanual/)> Acesso em: 23 de agosto de 2009.

DEL RIO, V.; Cidade da Mente, Cidade Real — Percepção Ambiental e Revitalização na área portuária do Rio de Janeiro. In: DEL RIO, V.; OLIVEIRA, L. **Percepção ambiental**: a experiência brasileira. São Paulo: Studio Nobel; Cap.4. 1996. p. 4-22.

DELETIC, A. **The first flush load of urban urface runoff**. Water Resource. V. 32, n. 8, p. 2462-2470, 1998.

DOMENÉCH, X. **Química ambiental – el impacto ambiental de los residuos**. 2ª. ed. Madrid: Miraguano Ediciones, 1993.

DOYLE, Y. et al. **Healthy cities indicators: analysis of data from cities across Europe**. Copenhagen: Organização Mundial da Saúde, 1997. 67 f.

DUARTE, M. C. S. **Meio Ambiente Sadio** — Direito Fundamental. Editora Juruá, Curitiba, 2003.

FERRARA, L D'Alessio. As Cidades Ilegíveis: Percepção ambiental e cidadania. In: Vicente Del Rio; Lívia de Oliveira. **Percepção ambiental: a experiência brasileira**. São Paulo: Studio Nobel. Cap.4, 1996. p. 61-80.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA. **Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo**. Disponível em: <http://www.fcth.br/public/cursos/canaismares/md.pdf> Acesso em 01 de agosto de 2009.

FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA – FEE. **Resumo estatístico de Santa Maria**. 2008. Disponível em: http://www.fee.tche.br/sitefee/pt/content/resumo/pop_estado_mapa2_municipio.php?municipio=Santa+Maria&id=333 Acesso em 11 de agosto de 2009.

GOLDENFUM, J. A. Pequenas Bacias Hidrológicas: Conceitos Básicos. In: PAIVA, J. B. D. de; PAIVA, E. M. C. D. de (Orgs.) **Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH cap.1, 2001. p. 3-13.

GONÇALVES, F. B. Gerenciamento de sistemas de limpeza urbana: conflitos e sustentabilidade. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE DESTINAÇÃO DO LIXO, Salvador. **Anais...** Salvador: CONDER, 1994.

GUPTA, K.; SAUL, A.J. **Suspended solids in combined sewer flows**. Water Science and Technology, v. 33, n. 9, p. 93-99, 1996.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL – IBAM. **Manual de gerenciamento integrado dos resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL – IBAM e MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Gestão integrada de resíduos sólidos na Amazônia**: a metodologia e os resultados de sua aplicação. Brasília, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa nacional de saneamento básico**: 2000. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

_____. **Contagem populacional 2007**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Lixo municipal**: manual de gerenciamento integrado. 2 ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.

INSTITUTO NACIONAL DE ENERGIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO – INETI. **Água subterrânea**: conhecer para proteger e preservar. Disponível em: http://e-geo.ineti.pt/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/poluicao.htm Acesso em 18 de novembro de 2009.

ISAIA, E. B. I.; ISAIA, T.; ROTH, B. W. Destinação final dos resíduos sólidos urbanos. **Ciência e Ambiente**. V. 1, n. 18. 1999. p. 25-40.

JACOBI, P. Meio ambiente urbano e sustentabilidade: alguns elementos para a reflexão. In: Cavalcanti, C. (Org.). **Meio Ambiente, Desenvolvimento Sustentável e Políticas Públicas**. 4 ed., Fundação Joaquim Nabuco, Cortez, São Paulo, 2002, p. 384-390.

KAPAZ, Emerson. Relatório preliminar da política nacional de resíduos sólidos. (institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelece diretrizes e normas para o gerenciamento dos diferentes tipos de resíduos sólidos, acrescenta artigo à lei n 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências). [**Trabalho apresentado** na Câmara dos Deputados. Brasília]. 9 ago. 2001.

KOBIYAMA, M et. al. Forest hydrology project (UFSC–MOBASA) for water resources management in Rio Negrinho City, Santa Catarina, Brazil. In: VAN de GIESEN, XIA, J.; ROSBJERG, D.; FUKUSHIMA, Y. (eds.) **Changes in Water Resources Systems**: Methodologies to Maintain Water Security and Ensure Integrated Management, Wellington: IAHS, 2007c. p.250-257. (IAHS Publication 315).

KOBIYAMA, M.; MOTA, A.A. Recursos hídricos e saneamento. In: Seminário Saneamento Ambiental (2008: Rio Negrinho), Rio Negrinho: ACIRNE, **Anais**, 2008. CD-rom. 33 f.

LAFAY, J. M. S. **Metodologia para implantação da coleta segregativa do lixo domiciliar para cidades de pequeno e médio porte visando o uso racional de energia**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1997, 68 f.

LAYRARGUES, P. P. Como desenvolver uma consciência ecológica? **Revista do mestrado em educação ambiental**. Disponível em: http://material.nerea-investiga.org/publicacoes/user_35/FICH_ES_40.pdf Acesso em 15 de agosto de 2009.

LIMA, J. D. **Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil**. Campina Grande: ABES: Associação Brasileira de Engenharia Ambiental, 1998a.

LIMA, L. C. T. M. **Simulação da Qualidade da Água em uma Bacia Hidrográfica: Aplicado à Bacia do Rio Curu – CE**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998b.

LOPES, A. A. **Estudo da gestão e do gerenciamento integrado dos resíduos sólidos urbanos no município de São Carlos(SP)**. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental). Universidade de São Paulo. São Carlos, 2003.

MACHADO, P. A. L. **Direito Ambiental Brasileiro**. 7^a ed, São Paulo: Malheiros, 1999.

_____. **Direito Ambiental Brasileiro**. 11^ª edição. Editora Malheiros. São Paulo. 2003.

MAKSIMOVIC, C. General overview of urban drainage principles and practice. In: **Urban drainage in Specific climates**. Volume 1: urban drainage in humid tropics. Unesco: Paris, 2001. 227 f.

MANDELLI, S.M.C. **Variáveis que interferem no comportamento da população urbana no manejo de resíduos sólidos domésticos no âmbito das residências**. Tese (Doutorado em Educação — Area de Metodologia do Ensino) — Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 1997.

MARAIS, M.; ARMITAGE, N. **The mensurament and reduction of urban litter entering stormwater drainage systems**: paper 2 – Strategies for reducing the litter in the stormwater drainage systems. Water SA. No. 4. Vol. 30. 2004.

MARQUES, C. E. B. **Proposta de método para a formulação de planos diretores de drenagem urbana**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos). Universidade de Brasília, 2006.

MILANEZ, B. **Resíduos sólidos e sustentabilidade**: princípios, indicadores e instrumentos de ação. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana). Universidade Federal de São Carlos, 2002.

MILARÉ, E. **Direito do Ambiente: Doutrina, prática, jurisprudência, glossário**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2000.

MINISTÉRIO DA SAÚDE **Manual de Saneamento**. Brasília, DF: Fundação Nacional de Saúde, 1999.

_____. **Manual de Saneamento**. 3. ed. rev. Fundação Nacional de Saúde, 2004.

MORAES, L. R. **Gestão integrada e sustentável de resíduos sólidos urbanos**: um desafio para os municípios e para a sociedade. Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André – SEMASA, 2003. Disponível em: www.semasa.sp.gov.br . Acesso em 20 de maio de 2009.

MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 1.ed. Porto Alegre: ABES (Associação Brasileira de Engenharia Ambiental), 1997.

NEVES, M. G. F. P. **Quantificação de resíduos sólidos na drenagem urbana**. Tese (Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). IPH. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

NEVES, M. G. F. P.; TUCCI, C. E. M. G., Gerenciamento Integrado em Drenagem Urbana: Quantificação e Controle de Resíduos Sólidos. In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos / ABRH, **Anais**. Curitiba, 2003.

NOVOTNY, V. **Diffusive Pollution From Agriculture** – A Worldwide Outlook. *Water Science and Technology*, v. 39, n. 3, p. 1-13, 1999.

NUNESMAIA, M. E. **A gestão de resíduos urbanos e suas limitações**. *TECBAHIA Revista Baiana de Tecnologia*. vol. 17, n 1, Camaçari. Jan/Abr. 2002. p.120-129.

OLIVEIRA, S. **Gestão dos resíduos sólidos urbanos na Microrregião homogênea Serra de Botucatu Caracterização Física dos resíduos sólidos domésticos na cidade de Botucatu SP**. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 1997, 101 f.

PHILIPPI JUNIOR, A. Agenda 21 e resíduos sólidos. *Resid'99: Seminário Sobre Resíduos Sólidos*. **Anais**, São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1999. p. 15-22.

POLAZ, C. N. M.; TEIXEIRA, B. A. do N. Avaliação de Indicadores de Sustentabilidade para a Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos. In: *WIPIS 2008 - Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade*, 2008, São Carlos/SP. **Governança Ambiental e Indicadores de Sustentabilidade: resultados do II Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade**, 2008.v. Disponível em: http://hygeia.fsp.usp.br/siades/documentos/Publicacoes/artigo_6f.pdf, acesso em agosto de 2009.

PORTO, M.F.A. Aspectos Qualitativos do Escoamento Superficial em Áreas Urbanas. In: TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L.L.; BARROS, M.T. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1995, V. 5, p. 387-414.

POVINELLI, J.; BIDONE, F. R. A. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos: EESC/USP, 1999.

REETZ, E. F. **Avaliação Quali-quantitativa dos recursos hídricos superficiais na bacia hidrográfica do Campus da Universidade Federal de Santa Maria**. 2002. 121f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

REICHERT, G. A. Gerenciamento Integrado de resíduos Sólidos – uma proposta inovadora. **Ciência e Ambiente**. Lixo Urbano. vol. 1, n.18. Santa Maria: UFSM, 1999.

ROCCO, R. **Legislação Brasileira do Meio Ambiente**. Editora DP&A. Rio de Janeiro. 2002.

SALEK, J. M. **Um estudo da legislação ambiental brasileira sobre resíduos sólidos urbanos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Ceará. Ceará, 2006.

SALLES, A. et al. Resíduo Sólido na Drenagem: curva de produção em função da precipitação em sub-bacia totalmente urbana. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, **Anais**. Campo Grande, MS, 2009.

SÁNCHEZ, L.E. As etapas iniciais do processo de Avaliação de Impacto Ambiental. In: **Avaliação de Impacto Ambiental**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente. 1998. p. 35-55.

SANTOS, E. C. R. **Grau de conhecimento da população do município de Santa Maria sobre separação, acondicionamento, coleta e destinação final de resíduos sólidos urbanos domésticos**. Monografia (Pós-Graduação em Biologia) Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2002.

SHIAVO, S. **Irresponsável ato de sujar o ambiente**. Pioneiro. Caxias do Sul, jan. 2001.

SILVA, B.J.; PEREIRA, O. S.; MORAES, L. R. S. O componente drenagem urbana no plano municipal de saneamento ambiental de Alagoinhas, Bahia. **Anais** da 35ª Assembléia Nacional da Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento. Belo Horizonte, 2005.

SILVEIRA, A. L. L.; OLIVEIRA, A. L.; SCHETTINI, E. Estrutura para coleta de resíduos sólidos em arroio urbano. In: I Simpósio de Recursos Hídricos do Sul - RS/PR/SC, 2005, Santa Maria/RS. **Anais** do I Simpósio de Recursos Hídricos do Sul - RS/PR/SC. Santa Maria : ABRH, 2005. v. 1. p. 1-10.

SILVEIRA, G. L. **Avaliação da Erosão na região da Encosta da Serra no Rio Grande do Sul: Influência do uso do solo e da declividade da vertentes na Produção de Sedimentos em Pequenas Bacias Hidrográfica Rurais**. Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1982.

_____. **Quantificação de vazão em pequenas bacias carentes de dados.** Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1997.

SILVEIRA, G. L. Coord. **Projeto Bacia Escola Urbana. CNPq Processo: n°478768/2004-4**, celebrado entre o CNPq, UNIFRA e a UFSM não publicado. Grupo de Pesquisa Gestão de Recursos Hídricos, Universidade Federal de Santa Maria e do curso de Engenharia Ambiental, UNIFRA, 2005.

SILVEIRA, G. L. da. Coord. **Relatório do Projeto Bacia Escola Urbana. Relatório Técnico CNPq Processo Filho: n° 133536/2007-6**, não publicado. Grupo de Pesquisa Gestão de Recursos Hídricos, Universidade Federal de Santa Maria e do curso de Engenharia Ambiental, UNIFRA, nov/2007. 115 f.

SILVEIRA, G. L. da; TUCCI, C. E. M. **Monitoramento em pequenas bacias para a estimativa de disponibilidade hídrica.** In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.3, n.3. 1998. p. 97-110.

TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S. **Integrated solid waste management: engineering principles and management issues.** McGrall-Hill, Inc: New York, 1993.

TUCCI, C. E. M. Modelos Determinísticos. In: BARTH et al. (Orgs.). **Modelos para Gerenciamento de Recursos Hídricos.** São Paulo: Editora Nobel / Associação Brasileira de Recursos Hídricos, (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v.1) 1987, p. 211-324.

_____. **Plano diretor de drenagem urbana.** Princípios e concepção. Ed. SBRH, Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v.2,n.2, 1997, p. 5-12.

_____. **Gerenciamento da Drenagem Urbana.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 7, n. 1. ABRH. Jan/Mar 2002.

_____. **Gerenciamento Integrado das Inundações Urbanas no Brasil.** Revista de Gestão de Água da América Latina/ REGA/ v. 1, n. 1, p. 59-73, 2004.

TUCCI, C. e COLLISCHONN, W. Drenagem urbana e Controle de Erosão. VI SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DA EROSÃO. Presidente Prudente, São Paulo, **Anais**, 1998.

VALENTE, J.P.S.; GROSSI, M.G.L., **Educação Ambiental**: “Lixo Domiciliar” Ministério do Trabalho. Fundacentro e Unesp, 1999.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed., Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243 f.

9 APÊNDICES



APÊNDICE 1 - Planilhas de monitoramento realizado a campo

DATA DA PRECIPITAÇÃO 10/4/2008	Classe Inorgânica									Classe Orgânica		
	Vermelho	Amarelo	Verde A	Verde B	Azul	Preto B	Laranja	Branca	Outros	Marron A	Marron B	Preto A
	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)
	4,00			2,00					2,00		15,00	3,00
Total (Kg)	4,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	15,00	3,00
Percentagem (%)	15,38	0,00	0,00	7,69	0,00	0,00	0,00	0,00	7,69	0,00	57,69	11,54
Total por vento (Kg)	26,00											
Precipitação (mm)	7											
Retirada	11/04 à Tarde											
Separação	16/04 à Tarde											

DATA DA PRECIPITAÇÃO 12/4/2008	Classe Inorgânica									Classe Orgânica		
	Vermelho	Amarelo	Verde A	Verde B	Azul	Preto B	Laranja	Branca	Outros	Marron A	Marron B	Preto A
	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)
	11,00	0,50	0,50	7,50	0,50				8,00		29,50	10,00
											15,00	
											22,50	
											15,00	
Total (Kg)	11,00	0,50	0,50	7,50	0,50	0,00	0,00	0,00	8,00	0,00	82,00	10,00
Percentagem (%)	9,17	0,42	0,42	6,25	0,42	0,00	0,00	0,00	6,67	0,00	68,33	8,33
Total por vento (Kg)	120,00	Obs.										
Precipitação (mm)	16											
Retirada	12/04 à Tarde											
Separação	16/04 à Tarde											

DATA DA PRECIPITAÇÃO 13/4/2008	Classe Inorgânica									Classe Orgânica		
	Vermelho	Amarelo	Verde A	Verde B	Azul	Preto B	Laranja	Branca	Outros	Marron A	Marron B	Preto A
	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)
	13,50	1,00	1,00	0,50		6,00			7,50		26,00	18,50
											22,00	
											40,50	
											18,00	
Total (Kg)	13,50	1,00	1,00	0,50	0,00	6,00	0,00	0,00	7,50	0,00	106,50	18,50
Percentagem (%)	8,74	0,65	0,65	0,32	0,00	3,88	0,00	0,00	4,85	0,00	68,93	11,97
Total por vento (Kg)	154,50	Obs.										
Precipitação (mm)	21											
Retirada	14/04 à Tarde											
Separação	16/04 à Tarde											

DATA DA PRECIPITAÇÃO 26/4 a 02/5/2008	Classe Inorgânica									Classe Orgânica		
	Vermelho	Amarelo	Verde A	Verde B	Azul	Preto B	Laranja	Branca	Outros	Marrom A	Marrom B	Preto A
	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)
	19,00	6,00	3,50	3,00	5,00			2,00	20,50		34,50	42,00
	18,50								21,50		23,50	
	2,50								13,00		22,00	
	5,00										14,00	
											22,00	
											25,50	
											27,00	
											15,50	
											40,00	
Total (Kg)	45,00	6,00	3,50	3,00	5,00	0,00	0,00	2,00	55,00	0,00	224,00	42,00
Porcentagem (%)	11,67	1,56	0,91	0,78	1,30	0,00	0,00	0,52	14,27	0,00	58,11	10,89
Total por vento (Kg)	385,50	Obs: capturado um monitor e um teclado de computador e um aparelho televisor totalizando 20Kg que foram classificados em OUTROS, além de guarda-chuvas, calçados e enorme quantidade de fraldas descartáveis.										
Precipitação (mm)	72											
Retirada	05/05 à Tarde											
Separação	8 e 9/05 M/T											

DATA DA PRECIPITAÇÃO 12 e 13/5/2009	Classe Inorgânica									Classe Orgânica		
	Vermelho	Amarelo	Verde A	Verde B	Azul	Preto B	Laranja	Branca	Outros	Marron A	Marron B	Preto A
	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)
	15,00	1,50	0,10	0,10	2,10	0,20			7,50		42,50	
	4,40				1,50				8,50		38,50	
	29,20										34,90	
											29,90	
											26,90	
											29,50	
											23,90	
Total (Kg)	48,60	1,50	0,10	0,10	3,60	0,20			16,00		226,10	
Percentagem (%)	16,40	0,50	0,03	0,03	1,20	0,07			5,40		76,40	
Total por vento (Kg)	296,20	OBS: Do total de 16 Kg na classificação outros 8,5 Kg eram fraldas descartáveis.										
Precipitação (mm)	33											
Retirada	14/05 à Tarde											
Separação	18/05 Manhã											

DATA DA PRECIPITAÇÃO 18 e 19/5/2009	Classe Inorgânica									Classe Orgânica		
	Vermelho	Amarelo	Verde A	Verde B	Azul	Preto B	Laranja	Branca	Outros	Marron A	Marron B	Preto A
	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)
	5,0	0,5	0,7	3,0	5,0			12,0	5,5		15,0	15,0
	3,0								2,0		7,0	7,0
	5,0										21,0	
	8,0										15,5	
	1,0										18,0	
											17,5	
Total (Kg)	22,0	0,5	0,7	3,0	5,0			12,0	7,5		94,0	22,0
Percentagem (%)	13,2	0,3	0,4	1,8	3,0			7,2	4,5		56,4	13,2
Total por vento (Kg)	166,7	OBS: Do total de 7,5 Kg na classificação outros, 2 Kg eram de fraldas descartáveis.										
Precipitação (mm)	8											
Retirada	19/05 à Tarde											
Separação	20/05 à Tarde											

DATA DA PRECIPITAÇÃO 29 e 30/5/2009	Classe Inorgânica									Classe Orgânica		
	Vermelho	Amarelo	Verde A	Verde B	Azul	Preto B	Laranja	Branca	Outros	Marron A	Marron B	Preto A
	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)
	4,0	1,0	5,0		2,0				9,0		28,5	12,0
	7,5								0,5		34,5	
	5,5										26,5	
	13,5										27,5	
	5,5										23,0	
	8,5										30,5	
	4,0										32,5	
Total (Kg)	48,5	1,0	5,0		2,0				9,5		203,0	12,0
Percentagem (%)	17,2	0,4	2,0		0,8				3,4		72,0	4,4
Total por vento (Kg)	281,0											
Precipitação (mm)	47											
Retirada	01/06 Manhã											
Separação	03/05 Manhã											

DATA DA PRECIPITAÇÃO 8/6/2009	Classe Inorgânica									Classe Orgânica		
	Vermelho	Amarelo	Verde A	Verde B	Azul	Preto B	Laranja	Branca	Outros	Marron A	Marron B	Preto A
	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)
	6,00	0,20	0,50						6,00		14,50	2,00
											15,20	
											6,20	
											10,00	
Total (Kg)	6,00	0,20	0,50						6,00		45,90	2,00
Percentagem (%)	10,00	0,30	0,80						10,00		76,00	3,30
Total por vento (Kg)	60,60											
Precipitação (mm)	4,6											
Retirada	09/06 à Tarde											
Separação	10/06 à Tarde											

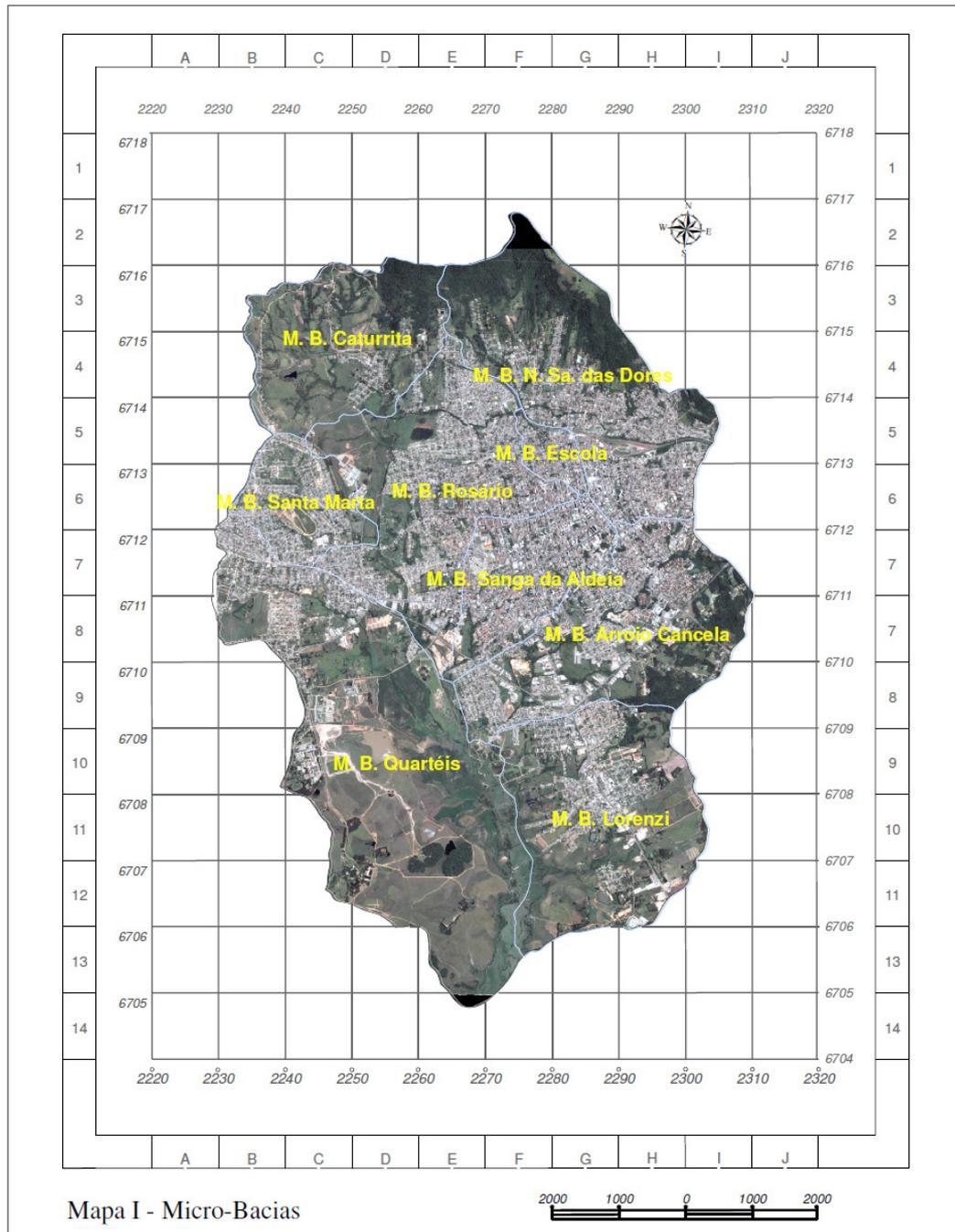
DATA DA PRECIPITAÇÃO 22 e 23/6/2009	Classe Inorgânica									Classe Orgânica		
	Vermelho	Amarelo	Verde A	Verde B	Azul	Preto B	Laranja	Branca	Outros	Marron A	Marron B	Preto A
	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)
	18,5	0,5	1,0	6,0	1,0	30,0	0,5		9,0		21,0	14,5
	15,0	0,5		2,0	1,0	4,5			10,0		16,0	
	16,0			2,0							28,5	
	20,5										17,0	
	12,0										170,0	
											66,0	
											20,0	
Total (Kg)	82,0	1,0	1,0	10,0	2,0	34,5	0,5		19,0		338,5	14,5
Percentagem (%)	16,3	0,2	0,2	2,0	0,4	6,9	0,1		3,8		67,3	2,9
Total por vento (Kg)	503,0											
Precipitação (mm)	53											
Retirada	25/06 à tarde											
Separação	29/06 manhã											

DATA DA PRECIPITAÇÃO 21/7/2009	Classe Inorgânica									Classe Orgânica		
	Vermelho	Amarelo	Verde A	Verde B	Azul	Preto B	Laranja	Branca	Outros	Marrom A	Marrom B	Preto A
	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)
	25,0	1,0	7,0	5,0				1,0	10,0		21,0	7,0
				1,0							27,5	
											26,0	
											23,5	
											24,0	
											26,0	
											30,0	
Total (Kg)	25,0	1,0	7,0	6,0				1,0	10,0		170,0	7,0
Percentagem (%)	11,0	0,4	3,0	2,6				0,4	4,4		75,0	3,0
Total por vento (Kg)	227,0											
Precipitação (mm)	24											
Retirada	24/07 à tarde											
Separação	27/07 à tarde											

10 ANEXOS



ANEXO 1 - Sub-bacias e micro-bacias do arroio Cadena – Santa Maria – RS



Áreas:
 Área da Sub-bacia: 6.408,50 km²

- Micro-bacia Sanga da Aldeia3,80 km²
- Micro-bacia Arroio Cancela.....8,14 km²
- Micro-bacia Caturrita.....5,98 km²
- Micro-bacia Escola.....0,75 km²
- Micro-bacia Lorenzi.....8,73 km²
- Micro-bacia N.Sa. das Dores.....9,17 km²
- Micro-bacia Quartéis.....16,04 km²
- Micro-bacia N.Sa. Rosario8,76 km²
- Micro-bacia Santa Marta.....2,67 km²

Georreferência:

Sistema de Projeção: UTM
 Sistema de referência Sirgas 2000
 Fuso:22S

Escala original: 1:20.000

Legenda:

—— Perímetro das Micro-Bacias



ANEXO 2 - Dados meteorológicos de intensidade horária de precipitação pluviométrica da estação automática do 8º DISME de Santa Maria-RS, fornecido pelo INMET

