

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

**RESÍDUOS SÓLIDOS NO SISTEMA DE DRENAGEM
URBANA NA BACIA DO ARROIO TAMANDAÍ EM
SANTA MARIA – RS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Ígor Hofstadler Peixoto Gonçalves

Santa Maria, RS, Brasil.

2013

**RESÍDUOS SÓLIDOS NO SISTEMA DE DRENAGEM
URBANA NA BACIA DO ARROIO TAMANDAÍ EM SANTA
MARIA – RS**

Ígor Hofstadler Peixoto Gonçalves

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.**

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Delmira Beatriz Wolff
Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Maria do Carmo Cauduro Gastaldini

Santa Maria, RS, Brasil.

2013

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Gonçalves, Ígor Hofstadler Peixoto
Resíduos sólidos no sistema de drenagem urbana na bacia do Arroio Tamandaí em Santa Maria - RS / Ígor Hofstadler Peixoto Gonçalves.-2013.
131 p.; 30cm

Orientadora: Delmira Beatriz Wolff
Coorientadora: Maria do Carmo Cauduro Gastaldini
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, RS, 2013

1. Estrutura de Monitoramento 2. Impactos Ambientais
3. Resíduos Sólidos Drenados I. Wolff, Delmira Beatriz II. Gastaldini, Maria do Carmo Cauduro III. Título.

© 2013

Todos os direitos autorais reservados a Ígor Hofstadler Peixoto Gonçalves. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: ihpg88@yahoo.com.br

**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 NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA NA
BACIA DO ARROIO TAMANDAÍ EM SANTA MARIA – RS**

elaborada por
Ígor Hofstadler Peixoto Gonçalves

como requisito para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Civil

COMISSÃO EXAMINADORA:

Delmira Beatriz Wolff, Dr.^a (UFSM)
(Presidente/Orientadora)

Maria do Carmo Cauduro Gastaldini, Dr.^a (UFSM)

Rutinéia Tassi, Dr.^a (UFSM)

Joel Dias da Silva, Dr. (FURB)

Santa Maria, 29 de novembro de 2013.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meus pais, Carlos e Neila, pelos ensinamentos, educação, compreensão, respeito, amor e carinho recebidos. Pelo apoio ao estudo desde a infância na busca da qualificação profissional e melhores condições de vida.

Primeiramente, agradeço a meu pai, meu amigo, por ser a pessoa a quem sempre me espelhei e foi meu exemplo a seguir, que me ensinou todos os valores e que um dia espero ser igual a ele. Que sempre esteve ao meu lado nos momentos bons e difíceis, quando necessitei para conversas importantes e de seus conselhos.

Agradeço a minha mãe, uma mulher persistente, guerreira, batalhadora de que me orgulho muito, sempre preocupada com a minha felicidade e a dos meus irmãos.

Ao meu irmão Lucas, meu melhor amigo, pelas risadas compartilhadas e companheirismo que nunca se extinguirão.

À minha irmã Carla, por ser uma amiga, companheira e por ter me dado o apoio necessário para que eu não desista dos meus sonhos.

Agradecimento especial à minha namorada Corine, melhor amiga e companheira, que compartilhou comigo esse momento e me ajudou bastante para o desenvolvimento deste trabalho, não me deixando desanimar, me apoiando nas horas difíceis e virando madrugadas para me acompanhar nas correções. Amor, você sabe o quanto eu te amo.

À minha avó Nelly, a melhor vó do mundo, por estar sempre disposta a ajudar, que sempre gostou de mim e por possuir muita força de vontade até hoje para aproveitar a vida.

Não posso deixar de lembrar dos meus pequenos grandes amigos que não estão mais aqui, mas sempre estarão no meu coração. Amigos que deixavam o meu dia mais feliz sem pedir nada em troca além de um carinho. Com certeza deixam o céu mais azul e espero um dia reencontrar todos: Florzinha, Panky, Pitucha e Zulu.

Aos verdadeiros amigos, por compartilharem momentos de alegria e tristeza, sempre apoiando minhas decisões.

Meu agradecimento à minha orientadora, Delmira Beatriz Wolff, pelos valiosos ensinamentos na área de saneamento, pela oportunidade de trabalho e confiança durante esse período.

Meu agradecimento em especial aos colegas e amigos voluntários que participaram dessa pesquisa de forma exemplar, auxiliando nas coletas: André Adolfo Kork Adriazola, Christian Santana Cunha, Francisco dos Santos Flores Bastos, Francisco Lorenzini Neto, Jair João Daniel Júnior, Ronaldo Kanopf de Araújo e Vinícius Ferreira Dulac.

Aos colegas do mestrado, servidores e professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, bolsistas dos grupos Gerhi e GHidros pelo companheirismo, momentos de desconcentração, aprendizagem e apoio.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental: Marília Goulart, José Astério Rosa do Carmo e Alcides Sartori.

A Capes pelo apoio financeiro durante o mestrado.

A todos aqueles que fizeram diferença na minha vida e nas batalhas vencidas para a formação da pessoa em que me tornei hoje, os meus sinceros agradecimentos.

Muito obrigado!

“Agir, eis a inteligência verdadeira. Serei o que quiser. Mas tenho que querer o que for. O êxito está em ter êxito, e não em ter condições de êxito. Condições de palácio tem qualquer terra larga, mas onde estará o palácio se não o fizerem ali?”

(Fernando Pessoa)

RESUMO

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

RESÍDUOS SÓLIDOS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA NA BACIA DO ARROIO TAMANDAÍ EM SANTA MARIA – RS

AUTOR: Ígor Hofstadler Peixoto Gonçalves

ORIENTADORA: Delmira Beatriz Wolff

COORIENTADORA: Maria do Carmo Cauduro Gastaldini

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 29 de novembro de 2013.

Com o crescimento da população, e o conseqüente aumento da urbanização, o lançamento de resíduos sólidos nos corpos d'água no Brasil tem aumentado nos últimos anos, principalmente em regiões periféricas das cidades. Esses resíduos, juntamente com os resíduos do sistema de drenagem aflúente, são transportados pelo arroio, causando o assoreamento de seu leito, e frequentes transbordamentos, além da contaminação do solo e da água. Dentro desse contexto, foi montada em um arroio urbano uma estrutura para coleta de resíduos sólidos em um trecho da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí no município de Santa Maria – RS. A estrutura foi desenvolvida e adaptada às circunstâncias e ao local. Nesse trabalho foram quantificados e qualificados os resíduos sólidos presentes na drenagem urbana de Santa Maria – RS conforme a resolução do CONAMA n.º 275/2001 e relacionados com os dados de precipitação pluviométrica. Os resultados referentes à estrutura de monitoramento foram satisfatórios, pois os resíduos foram retidos na maioria dos eventos de precipitação pluviométrica de forma efetiva. Foram coletados ao todo 1153,2kg de resíduos sólidos em três meses de coletas com uma precipitação pluviométrica total para o período de 518,94mm, sendo desses 93,9% composto por matéria orgânica, a mesma constituída pelo expressivo valor de 86,0% de restos de vegetação. A matéria inorgânica encontrada é composta em sua maioria por plástico (2,5%). Madeira processada também foi expressiva, representando 7,8% do total quantificado. A Bacia Cancela – Tamandaí apresentou uma carga de resíduos sólidos igual a 17,27 kg/ha/ano ou 0,424 kg/hab./ano, diferente das bacias estudadas por Salles (2010) e Brites (2005), no entanto as diferenças encontradas estão relacionadas com as características próprias de cada bacia. A curva de previsão de resíduos sólidos drenados é um parâmetro para a tomada de decisão dos gestores municipais em relação aos resíduos sólidos gerados no âmbito da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí, pois relaciona os resíduos sólidos drenados carregados em função da precipitação pluviométrica. Os resultados obtidos demonstram o significativo impacto ambiental representado pela sociedade frente à disposição final inadequada realizada pelos mesmos. Um programa de educação ambiental associado a medidas de gerenciamento dos resíduos sólidos serviriam de base para a solução desse vasto problema urbano.

Palavras-chave: Estrutura de Monitoramento. Impactos Ambientais. Resíduos Sólidos Drenados.

ABSTRACT

Master's Dissertation
Post-Graduation Program in Civil Engineering
Universidade Federal de Santa Maria

SOLID WASTE IN THE URBAN DRAINAGE SYSTEM IN THE TAMANDAÍ STREAM WATERSHED IN SANTA MARIA-RS

AUTHOR: Ígor Hofstadler Peixoto Gonçalves

ADVISOR: Delmira Beatriz Wolff

CO-ADVISOR: Maria do Carmo Cauduro Gastaldini

Defense Place and Date: Santa Maria, November 29, 2013.

With population growth, and the resulting increase in urbanization, the disposal of solid waste in water bodies in Brazil has increased in recent years, especially in the outskirts of the cities. These residues, along with the waste drainage system tributary, are transported by the stream, causing the siltation of its bed, and frequent overflows, as well as contamination of soil and water. Within this context, it was mounted on a stream a structure for urban solid waste collection in a stretch of Cancela - Tamandaí's watershed in Santa Maria – RS. The structure was developed and adapted to the circumstances and location. In this work were quantified and qualified solid waste present in urban drainage of Santa Maria – RS according to the CONAMA Resolution n.º 275/2001 and related to data of rainfall. The results concerning the monitoring structure were satisfactory, as the waste was retained in most rainfall events effectively. Were collected in total 1153.2 kg of solid waste in three months of collection with a rainfall total for the period of 518.94 mm, 93.9% of these being composed of organic matter, the same consisting of the expressive value of 86.0% of vegetation debris. The inorganic matter found is composed mostly of plastic (2.5%). Processed wood was also significant, representing 7.8 % of total quantified. Cancela – Tamandaí's watershed presented a load of solid waste equal to 17.27 kg/ha/year or 0.424 kg/inhab./year, different from watersheds studied by Salles (2010) and Brites (2005), however the differences are related to the characteristics of each watershed. The prediction curve of drained solid waste is a parameter for decision to municipal managers in relation to solid waste generated within the Cancela - Tamandaí's watershed, because it relates the drained solid waste carted due to rainfall. The results demonstrate the significant environmental impact represented by the society against the inadequate disposal made by them. An environmental education program associated with measures for solid waste management would form the basis for the solution of this vast urban problem.

Keywords: Drained Solid Waste. Environmental Impacts. Monitoring Structure.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Participação dos principais materiais no total de resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil em 2012.	39
Tabela 2 – Quantidade de resíduos sólidos urbanos coletados por regiões e Brasil.	42
Tabela 3 – Índice per capita de coleta de resíduos sólidos urbanos.	42
Tabela 4 – Características físicas da Bacia Hidrográfica Cancela.	57
Tabela 5 – Principais características do Município de Santa Maria – RS.	58
Tabela 6 – Características físicas da bacia hidrográfica no período de monitoramento.	58
Tabela 7 – Resíduos sólidos de classe orgânica e os padrões de cores.	67
Tabela 8 – Resíduos sólidos de inorgânica e os padrões de cores.	67
Tabela 9 – Modelo de tabela para dados dos eventos monitorados.	70
Tabela 10 –Quantificação dos resíduos coletados na rede de retenção (Kg) e precipitação pluviométrica (mm) no Arroio Cancela.	75
Tabela 11 –Massa Média, Mediana e Desvio Padrão dos resíduos coletados.	76
Tabela 12 –Total de resíduos sólidos urbanos quantificados e precipitação pluviométrica por evento pluvioso.	92
Tabela 13 –Total de resíduos sólidos quantificados e as características da precipitação para cada evento monitorado na Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí.	95
Tabela 14 –Dados relativos à intensidade, precipitação pluviométrica e resíduos sólidos drenados por evento acompanhado.	97
Tabela 15 –Quantificação Comparativa entre bacias do município de Santa Maria.	109
Tabela 16 –Contribuição de resíduos sólidos em função da área e do número de habitantes das bacias hidrográfica.	110

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Geração de resíduos sólidos urbanos.....	37
Figura 2 – Coleta de resíduos sólidos urbanos no Brasil	37
Figura 3 – Participação das regiões do país no total de resíduos sólidos urbanos coletados.....	38
Figura 4 – Iniciativas de Coleta Seletiva nos Municípios em 2012 – Regiões e Brasil	40
Figura 5 – Destinação final dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil	41
Figura 6 – Foto das redes coletoras de resíduos na Bacia Hidrográfica Cancela: (A) primeira rede e (B) segunda rede.....	49
Figura 7 – Foto da rede coletora de resíduo na Bacia Hidrográfica Alto da Colina .	49
Figura 8 – Estrutura de retenção dos resíduos sólidos veiculados no arroio esperança em diferentes ângulos	50
Figura 9 – Melhores arranjos de estudo de estruturas autolimpantes.....	52
Figura 10 – Localização da Bacia hidrográfica do Arroio Cancela e Cancela – Tamandaí	56
Figura 11 – Localização da área de estudo com as estações de monitoramento	59
Figura 12 – Estação pluviográfica Sest Senat, em Santa Maria – RS.....	61
Figura 13 – Estrutura de retenção de resíduos sólidos instalada no Arroio Cancela	63
Figura 14 – Vegetação densa existente no local da coleta a montante da estrutura de retenção de resíduos sólidos.....	64
Figura 15 – Disposição e escoamento do excesso de umidade dos resíduos sólidos coletados.....	65
Figura 16 – Piso para disposição e escoamento do excesso de umidade dos resíduos sólidos coletados	65
Figura 17 – Lona para proteção dos resíduos sólidos.....	66
Figura 18 – Balança de precisão usada para a pesagem dos resíduos sólidos drenados	68
Figura 19 – Separação feita em sacos plásticos para posterior pesagem	69
Figura 20 – Precipitação diária na estação pluviográfica SEST/SENAT no período monitorado.	73
Figura 21 – Percentual de resíduos coletados conforme classificação em padrão de cores	77

Figura 22 – Relação entre precipitação pluviométrica e quantificação do resíduo de classificação vermelha (plástico)	80
Figura 23 – Relação entre precipitação pluviométrica e quantificação do resíduo de classificação amarelo (metal)	81
Figura 24 – Relação entre precipitação pluviométrica e quantificação do resíduo de classificação verde A (vidro)	83
Figura 25 – Relação entre precipitação pluviométrica e quantificação do resíduo de classificação verde B (tecidos e isopor).....	84
Figura 26 – Relação entre precipitação pluviométrica e quantificação do resíduo de classificação preto B (pneus e borrachas)	85
Figura 27 – Relação entre precipitação pluviométrica e quantificação do resíduo de classificação laranja (resíduos perigosos)	86
Figura 28 – Relação entre precipitação pluviométrica e quantificação do resíduo de classificação branca (resíduos ambulatoriais, de serviços de saúde e animais mortos).....	87
Figura 29 – Relação entre precipitação pluviométrica e quantificação do resíduo de classificação outros.....	88
Figura 30 – Relação entre precipitação pluviométrica e quantificação do resíduo de classificação marrom A (restos de alimentos)	89
Figura 31 – Relação entre precipitação pluviométrica e quantificação do resíduo de classificação marrom B (restos de vegetação)	90
Figura 32 – Relação entre precipitação pluviométrica e quantificação do resíduo de classificação preto A (madeira processada)	91
Figura 33 – Correlação entre massa de resíduos sólidos urbanos transportados e a precipitação pluviométrica durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí.....	93
Figura 34 – Correlação entre massa de resíduos sólidos urbanos transportados e a precipitação pluviométrica durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí.....	94
Figura 35 – Precipitação pluviométrica durante o primeiro evento de coleta de resíduos sólidos drenados.....	98
Figura 36 – Precipitação pluviométrica durante o segundo evento de coleta de resíduos sólidos drenados.....	99
Figura 37 – Precipitação pluviométrica durante o terceiro evento de coleta de resíduos sólidos drenados.....	100
Figura 38 – Precipitação pluviométrica durante o quarto evento de coleta de resíduos sólidos drenados.....	101
Figura 39 – Precipitação pluviométrica durante o quinto evento de coleta de resíduos sólidos drenados.....	102

Figura 40 – Precipitação pluviométrica durante o sexto evento de coleta de resíduos sólidos drenados.....	103
Figura 41 – Precipitação pluviométrica durante o sétimo evento de coleta de resíduos sólidos drenados.....	104
Figura 42 – Precipitação pluviométrica durante o oitavo evento de coleta de resíduos sólidos drenados.....	105
Figura 43 – Precipitação pluviométrica durante o nono evento de coleta de resíduos sólidos drenados.....	106
Figura 44 – Precipitação pluviométrica durante o décimo evento de coleta de resíduos sólidos drenados.....	107
Figura 45 – Precipitação pluviométrica durante o décimo primeiro evento de coleta de resíduos sólidos drenados	108

LISTA DE APÊNDICES

- Apêndice A – Correlação entre massa de resíduos sólidos orgânicos transportados e a precipitação pluviométrica durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí..... 125
- Apêndice B – Correlação entre massa de resíduos sólidos inorgânicos transportados e a precipitação pluviométrica durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí..... 125
- Apêndice C – Correlação entre massa de resíduos sólidos totais transportados e as máximas intensidades pluviométricas durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí..... 126
- Apêndice D – Correlação entre massa de resíduos sólidos orgânicos transportados e as máximas intensidades pluviométricas durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí 126
- Apêndice E – Correlação entre massa de resíduos sólidos inorgânicos transportados e as máximas intensidades pluviométricas durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí 127
- Apêndice F – Correlação entre quantificação do resíduo de classificação vermelha (plástico) e as máximas intensidades pluviométricas durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí ... 127
- Apêndice G – Correlação entre quantificação do resíduo de classificação amarelo (metal) e as máximas intensidades pluviométricas durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí ... 128
- Apêndice H – Correlação entre quantificação do resíduo de classificação verde A (vidro) e as máximas intensidades pluviométricas durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí 128
- Apêndice I – Correlação entre quantificação do resíduo de classificação verde B (tecidos e isopor) e as máximas intensidades pluviométricas durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí ... 129
- Apêndice J – Correlação entre quantificação do resíduo de classificação preto B (pneus e borrachas) e as máximas intensidades pluviométricas durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí ... 129
- Apêndice K – Correlação entre quantificação do resíduo de classificação “outros” e as máximas intensidades pluviométricas durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí..... 130
- Apêndice L – Correlação entre quantificação do resíduo de classificação marrom A (restos de alimentos) e as máximas intensidades pluviométricas durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí ... 130

Apêndice M – Correlação entre quantificação do resíduo de classificação marrom B (restos de vegetação) e as máximas intensidades pluviométricas durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí	131
Apêndice N – Correlação entre quantificação do resíduo de classificação preto A (madeira processada) e as máximas intensidades pluviométricas durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí...	131

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	23
JUSTIFICATIVA	25
OBJETIVOS	27
Objetivo Geral	27
Objetivos Específicos	27
1 REVISÃO DE LITERATURA	29
1.1 Saneamento Básico	29
1.2 Resíduos Sólidos	34
1.2.1 Impactos causados pelos resíduos sólidos	45
1.2.2 Classificação dos resíduos sólidos.....	46
1.3 Mecanismos de retenção dos resíduos sólidos	48
1.3.1 Redes em tela de aço.....	48
1.3.2 Armadilha metálica com estrutura basculante	49
1.3.3 Estruturas autolimpantes.....	51
1.4 Curva de Previsão de Resíduos Sólidos Drenados	52
2 MATERIAL E MÉTODOS	55
2.1 Área de estudo	55
2.2 Uso e ocupação do Solo	57
2.3 Locais e estações de monitoramento	59
2.4 Clima	60
2.5 Monitoramento pluviográfico	60
2.6 Resíduos sólidos	61
2.6.1 Estrutura de retenção dos resíduos sólidos urbanos	61
2.6.2. Monitoramento dos Resíduos Sólidos	64
2.7 Curva de Previsão de Resíduos Sólidos Drenados	69
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
3.1 Monitoramento dos resíduos sólidos urbanos	73
3.2. Relações entre precipitações pluviométricas e resíduos sólidos urbanos	80
3.2.1. Resíduos inorgânicos	80
3.2.2. Resíduos Orgânicos	88
3.3. Modelagem de previsão de resíduos sólidos urbanos	92
3.3.1. Curva de previsão de resíduos sólidos urbanos.....	92
3.4 Contribuição da intensidade de precipitação pluviométrica na produção de resíduos sólidos drenados	96
3.5. Comparação dos resultados encontrados	108
CONCLUSÃO	113
REFERÊNCIAS	115
APÊNDICES	123

INTRODUÇÃO

A água utilizada pelo homem provém de mananciais, lagos, rios e lençóis subterrâneos, correspondendo a uma pequena parcela da água disponível. Embora 70% da superfície da Terra estejam cobertas por água, apenas uma fração dela se conserva potável e, como resultado, a falta de água já alcança 1,3 bilhão de pessoas em todo o planeta. No entanto, esta riqueza natural, vem sendo mal administrada em consequência de uma visão enganosa de que poderemos contar com este patrimônio e seus benefícios para sempre. Há séculos, a água tem sido vista como um bem de consumo infinito e não como um recurso finito com usos múltiplos (SOUZA, 2004).

Países em desenvolvimento como o Brasil revelam uma situação preocupante, pois embora existam serviços de limpeza urbana, estes não são capazes de coletar toda a produção gerada. O resultado disto é o despejo de resíduos sólidos em terrenos baldios e muitas vezes próximos aos cursos d'água. Os sistemas de drenagem urbana, já comprometidos pela falta de capacidade de condução para a urbanização atual, tornam-se agentes de transporte dos resíduos sólidos que obstruem o fluxo (NEVES, 2006).

Maksimovic (2001) alerta que as bacias devem ser usadas como unidade de planejamento e gerenciamento não só da água, mas também de outros recursos e atividades econômicas e humanas, onde qualquer intervenção deve ser estudada e avaliada suas consequências e benefícios para a bacia.

O processo de urbanização acelerado do país tem levado a consequências preocupantes em relação ao uso do solo, dos recursos hídricos, bem como do bem-estar e saúde da população. Alguns dos problemas desse processo resultam da expansão irregular da periferia dessas cidades, não observando a regulamentação urbana relacionada ao Plano Diretor e a ocupação de áreas públicas por população de baixa renda, principalmente sobre mananciais de abastecimento urbano, o que pode comprometer a sustentabilidade hídrica dessas cidades.

As consequências desse processo desordenado são os grandes volumes de resíduos sólidos produzidos, muitas vezes sem condições de promover-se cobertura integral de coleta e disposição adequada, lançamento de esgoto doméstico

diretamente nos mananciais hídricos por falta de rede de coleta, aumento do escoamento superficial devido à impermeabilização do solo, entre outras, culminando nas frequentes inundações e na contaminação do solo e da água (TUCCI, 2003).

Esses problemas vêm sendo tratados pelas autoridades públicas, geralmente de forma isolada e paliativa, sem um programa de gerenciamento propriamente dito. No entanto, cresce não só a nível nacional, mas mundial, a consciência de que o gerenciamento urbano deve ser feito de forma integrada, lançando mão de medidas não só estruturais como também institucionais (TUCCI, 2003).

Um dos maiores desafios com que se defronta a sociedade moderna é o equacionamento da produção excessiva e da disposição final ambientalmente segura dos resíduos sólidos. A preocupação mundial em relação aos resíduos sólidos, em especial os domiciliares, tem aumentado ante o crescimento da produção, do gerenciamento inadequado e da falta de áreas de disposição final (JACOBI et. al., 2011).

A gestão e a disposição inadequada dos resíduos sólidos causam impactos socioambientais, tais como degradação do solo, comprometimento dos corpos d'água e mananciais, intensificação de enchentes, contribuição para a poluição do ar, proliferação de vetores de importância sanitária nos centros urbanos e catação em condições insalubres nas ruas e nas áreas de disposição final (BESEN et al., 2010).

No Brasil, na maioria dos estados, ainda se verifica a insuficiência de investimentos na área de saneamento básico e, considerando o que foi exposto, torna-se relevante fazer uma pesquisa sobre resíduos sólidos domiciliares dispostos inadequadamente em cursos d'água. Assim, neste trabalho foi realizada a avaliação quantitativa e qualitativa dos resíduos sólidos arrastados no Arroio Cancela – Tamandaí, no município de Santa Maria – RS.

Este projeto está inserido na Rede de Pesquisa Manejo de Águas Pluviais, da Chamada Pública MCT/MCIDADES/FINEP/Ação Transversal Saneamento Ambiental e Habitação - 7/2009.

Nesta rede fazem parte 16 instituições (UNB, FAU/USP, UFG, EESC/USP, UFAL, UFSCar, EP/USP, UERJ, UFC, UFPE, IPH/UFRGS, UFMG, UFSM, UFRJ, UFRN, UFSC). Na UFSM, este projeto é desenvolvido pelo grupo de pesquisa GHIDROS.

JUSTIFICATIVA

É proposto o desenvolvimento de um sistema simplificado e local para monitoramento quantitativo e qualitativo de resíduos sólidos drenados em uma bacia com características urbanas, localizada na região central do município de Santa Maria – RS. O estudo visa fornecer subsídios aos gestores municipais para a avaliação do gerenciamento integrado dos resíduos sólidos drenados e à gestão das bacias hidrográficas na avaliação das fontes de poluição ambiental dos cursos de água urbanos.

Uma rede de drenagem foi implantada no Arroio Cancela, realizando-se a retenção e, posteriormente, a avaliação dos resíduos transportados pelo fluxo da água durante os dias de precipitação.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Avaliar quali-quantitativamente os resíduos sólidos urbanos drenados em um trecho do Arroio Cancela – Tamandaí no município de Santa Maria – RS.

Objetivos Específicos

- - Realizar a caracterização qualitativa e quantitativa dos resíduos sólidos drenados no Arroio Cancela – Tamandaí de acordo com os padrões de cores segundo a resolução CONAMA N.º 275/2001;
- - Relacionar a quantificação dos resíduos sólidos drenados com a precipitação pluviométrica.
- - Comparar os resultados obtidos com outros estudos realizados em Santa Maria – RS.

1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Saneamento Básico

A preocupação do homem com a conservação dos recursos naturais e com a degradação ambiental tem aumentado consideravelmente nos últimos tempos. A educação ambiental exerce um papel muito importante, pois desperta cada integrante para a ação em busca de soluções para os problemas ambientais que ocorrem no dia-a-dia (PEREIRA, 2003).

Em face da amplitude dos problemas relacionados à questão da água, tem sido identificada a necessidade de mudanças, fazendo-se urgente uma reformulação na relação entre as pessoas e esse bem. A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada na cidade do Rio de Janeiro (Rio-92), é considerada um marco no tocante à preservação desse bem, tendo fortalecido os conclaves específicos sobre hidrologia em níveis nacionais e mundiais, o que impulsionou a promoção (ou aprimoramento) de leis específicas para águas em diversos países e consolidou o mais completo documento de recomendações sobre os recursos hídricos: a denominada Agenda 21. No Brasil, várias medidas tomadas pelo Governo Federal e alguns governos estaduais na década de 1990 parecem ter-se baseado nas recomendações da Rio-92, sendo considerado o país da América Latina com maiores avanços nesta área (BERBET, 2003; FERNANDES, 2002; FUNASA, 2006).

Em 1997, a Lei n. 9433, baseada em experiências existentes no próprio país e no modelo francês, criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH) e instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH), esta última com os objetivos de assegurar a sustentabilidade do recurso hídrico para as gerações futuras e atuais, garantir a qualidade da água e propor um uso racional do recurso com vistas ao desenvolvimento sustentável. Tais medidas representam um grande avanço na legislação, visto que até a década de 70 a questão da água no Brasil era pautada apenas nas necessidades dos usuários deste recurso ou nas políticas referentes às secas e inundações. A Lei n. 9433/97 avançou também ao

consolidar a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação da PNRH e a atuação do SNGRH e estabelecer que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do poder público, dos usuários, e da comunidade (FERNANDES, 2002).

A escassez de água é um problema mundial que poderá afetar gerações futuras, caso não haja profunda conscientização da necessidade da conservação desse insumo. A quantidade de água existente em uma região é constante, mas os seus consumidores não. Portanto, a disponibilidade reduz à medida que a população e/ou atividades industriais aumentam. Nos últimos 50 anos a demanda de água aumentou seis vezes. Em contrapartida, a população mundial cresceu apenas três vezes (KELMAN, 2003). Esse problema pode ser agravado com a poluição dos corpos d'água (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

A intensa urbanização vem aumentando a demanda pela água, ampliando a descarga de recursos hídricos contaminados e com grandes demandas para abastecimento e desenvolvimento econômico e social (TUCCI, 2008).

A economia mundial atingiu uma escala suficientemente elevada para fazer com que o ritmo de extração de recursos naturais e o de emissão de emanações e dejetos tenham se transformado em fonte de crescente preocupação. Esta realidade já foi ressaltada por Mueller (1998) há mais de uma década. Entre tais emissões, a produção de resíduos sólidos – domiciliares, de serviços de saúde, industriais ou agrícolas –, juntamente com a sua coleta e a sua disposição, compõem um dos principais problemas ambientais enfrentados pelas sociedades contemporâneas. Não restam dúvidas que entre os fatores de agravamento do quadro ambiental, principalmente em áreas urbanas, destaca-se a grande produção de resíduos sólidos e as consequências de seu trato inadequado, tanto sob o ponto de vista ambiental como econômico e social (OLIVEIRA, 2002).

O desenvolvimento econômico, o crescimento populacional, a urbanização e a revolução tecnológica vêm sendo acompanhados por alterações no estilo de vida e nos modos de produção e consumo da população. Como decorrência direta desses processos, vem ocorrendo um aumento na produção de resíduos sólidos, tanto em quantidade como em diversidade, principalmente nos grandes centros urbanos. Além do acréscimo na quantidade, os resíduos produzidos atualmente passaram a abrigar em sua composição elementos sintéticos e perigosos aos ecossistemas e à

saúde humana, em virtude das novas tecnologias incorporadas ao cotidiano (FERREIRA & ANJOS 2001; VELLOSO, 1995). 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.

Conforme a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB, 2008), entre 2000 e 2008, o manejo dos resíduos sólidos (que inclui coleta e destinação final dos resíduos sólidos e limpeza pública) passou a existir em todos os municípios em 2008, frente a 99,4% deles em 2000.

O reconhecimento da importância do saneamento e de suas relações com a saúde do ser humano remonta às mais antigas civilizações humanas. Egípcios, gregos e romanos cuidavam de suas águas e dejetos. Ruínas de uma civilização que se desenvolveu ao Norte da Índia há aproximadamente 4.000 anos evidenciam indícios de hábitos sanitários, incluindo a presença de banheiros e esgotamento sanitário nas construções civis, além de drenagem nas ruas. O próprio Velho Testamento apresenta diversas abordagens vinculadas a práticas sanitárias em relação ao povo judeu, como por exemplo, limpeza e vedação de poços para evitar possível contaminação (ROQUE, 1998).

De acordo com a Lei 11.445/07, “saneamento básico é o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas”. Esta definição é reforçada pela FUNASA (2006), como “o conjunto de ações socioeconômicas que têm por objetivo alcançar salubridade ambiental, por meio de abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, promoção da disciplina sanitária de uso do solo, drenagem urbana, controle de doenças

transmissíveis e demais serviços e obras especializadas, com a finalidade de proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural”.

Além do caráter ambiental a questão do saneamento básico tem se tornado motivo de abordagens sociais, pois a maior parte das cidades brasileiras não tem um sistema de coleta e tratamento do esgoto, havendo em alguns casos apenas a coleta e não o tratamento do efluente, que acaba tendo como destino final os rios, baías, lagos, lagoas ou o mar (AOKI, 2006).

Este fato denota uma ação contraditória quanto às diretrizes descritas no artigo 3 da Resolução CONAMA nº. 430/2011 afirmando que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.

Hoje em dia é reconhecida a importância do saneamento para a construção de um ambiente saudável e seus impactos na saúde da população. O acesso aos serviços de saneamento básico é uma condição fundamental para a sobrevivência e dignidade humana. O déficit em saneamento básico traz graves consequências em termos de saúde pública, meio ambiente e cidadania.

Na contemporaneidade o direito ao saneamento se confunde, cada vez mais, com o próprio direito ao meio ambiente e à qualidade de vida, tornando-se um dos indicadores mais sensíveis do grau de organização da sociedade civil em busca do acesso à cidadania e da própria diminuição das desigualdades existentes na sociedade brasileira (IBGE, 2011). Além disso, a ampliação dos sistemas de distribuição de água potável desencadeou novas preocupações em relação ao esgoto doméstico (CARRERA-FERNANDEZ & GARRIDO, 2002).

O World Resources Institute (1998) estimou que menos de 5% de todos os efluentes em países em desenvolvimento passam por algum tratamento antes do lançamento no ambiente. Segundo a Funasa (2008), em relação ao aspecto sanitário, o destino adequado dos dejetos humanos, visa, fundamentalmente, aos seguintes objetivos: evitar a poluição do solo e dos mananciais de abastecimento de água; evitar o contato de vetores com as fezes; propiciar a promoção de novos hábitos higiênicos na população; promover o conforto e atender ao senso estético.

Apesar da universalização do saneamento básico ser considerado um dos compromissos mais urgentes no Brasil, a geografia dos principais serviços de

saneamento revela que em 2008 embora apenas 33 municípios ainda permanecessem sem atendimento de serviço de abastecimento de água, a rede coletora de esgoto estava ausente em 495 municípios (44,8% dos municípios brasileiros), apesar do acréscimo de 192 cidades ofertando esse serviço no final desse período (IBGE, 2011).

O ano de 2008 foi declarado pela Organização das Nações Unidas (ONU) como o Ano Internacional do Saneamento Básico com o objetivo de aumentar os investimentos neste serviço. A meta traçada é que até 2015 seja diminuída pela metade a atual parcela da população mundial (2,6 bilhões de pessoas) que não tem acesso a saneamento básico.

No Brasil 99,4% dos municípios possuem rede geral de abastecimento de água. Porém, a coleta de esgoto por rede geral é a principal ausência nos serviços de saneamento, pois atinge 55,2% dos municípios brasileiros de acordo com dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010).

Apesar de ainda persistirem diferenças regionais marcantes na abrangência municipal dos serviços de esgotamento sanitário, de abastecimento de água, de manejo de águas pluviais e de resíduos sólidos, entre 2000 e 2008 houve um avanço no número de municípios cobertos pelo saneamento básico em todas as regiões do Brasil. A parcela domicílios com acesso à rede de esgoto que passaram de 33,5%, em 2000, para 45,7%, em 2008. No entanto, apenas na Região Sudeste mais da metade dos domicílios (69,8%) tinham acesso à rede geral. A segunda região em cobertura do serviço foi a Centro-Oeste (33,7%), com resultado próximo ao da Região Sul (30,2%). Seguem-se as Regiões Nordeste (29,1%) e Norte (3,5%) (IBGE, 2010).

O desenvolvimento urbano envolve a implementação de infraestrutura de abastecimento de água, coleta e tratamento do esgoto, drenagem urbana, coleta e disposição de resíduos sólidos e limpeza pública. A sua gestão inadequada é uma das causas da perda de qualidade de vida e dos impactos ambientais crescentes nas cidades, sobretudo nos países em desenvolvimento.

Os componentes citados possuem uma forte interface entre si, impelindo o desenvolvimento urbano com base na gestão integrada. Os problemas são integrados, apesar do mesmo não ocorrer com a gestão, pois grande parte dos problemas está relacionada com a forma setorial como a mesma é realizada

(TUCCI, 2002). Como afirma Pompêo (2000), o planejamento de atividades urbanas relacionadas à água deve estar vinculado ao próprio planejamento urbano, integrando a gestão de recursos hídricos e o saneamento ambiental. Isto se torna mais difícil nos países em desenvolvimento porque o desenvolvimento urbano acontece sob condições socioeconômicas, tecnológicas e climáticas mais difíceis (SILVEIRA, 2001). Esses países experimentam uma urbanização acelerada, mais em suas periferias do que em suas regiões centrais (TUCCI, 2002). Somam-se a isto, problemas de arranjo institucional e de financiamento do sistema (BAPTISTA e NASCIMENTO, 2002).

Nesse contexto, os resíduos sólidos compõe o segundo estágio de produção de sólidos totais em uma bacia hidrográfica urbana, ocorrendo em áreas de ocupação consolidada (TUCCI, 2002). O efeito deste poluente na drenagem urbana é citado em diversos trabalhos de forma secundária desde a década de 1970 (SCHUELER, 1987), sendo poucos os trabalhos de quantificação direta nos cursos d'água urbanos. Na década de 1990, vários trabalhos apareceram, sobretudo em países em desenvolvimento. No Brasil, há recentemente uma busca mais acentuada por parâmetros que caracterizem e quantifiquem os resíduos sólidos na drenagem urbana (ARMELIN, 2005; BRITES, 2005; JAWOROWSKI et al., 2005; NEVES, 2006; JAWOROWSKI, 2008).

1.2 Resíduos Sólidos

O crescimento populacional produz uma acelerada e crescente urbanização. A população vem se concentrando cada vez mais nas áreas urbanas em busca de melhores oportunidades de emprego, qualidade de vida, entre outros.

Este processo de urbanização está aliado 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 não seria prejudicial para o ambiente se não houvesse tanta deficiência nos serviços de saneamento e falta de conscientização da população (NEVES & TUCCI, 2003).

A conceituação de resíduo sólido ainda é polêmica, apesar de estar definida oficialmente pela NBR nº 10.004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004), em que os resíduos sólidos são encontrados nos estados sólidos e semissólidos 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. Ficam também incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis, em face da melhor tecnologia disponível”.

Tal definição é bastante ampla, incluindo resíduos provenientes das mais diversas atividades e ainda, incluindo determinados líquidos, o que para alguns autores é um equívoco, como para Teixeira et al. (1997), que não concordam em defini-los como resíduos sólidos, mas apenas em incluí-los a esses para efeito de tratamento e disposição.

Conforme a NBR nº 10.004 (ABNT, 2004), a classificação de resíduos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem e de seus constituintes e características e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido.

A identificação dos constituintes a serem avaliados na caracterização do resíduo deve ser criteriosa e estabelecida de acordo com as matérias-primas, os insumos e o processo que lhe deu origem (ABNT, 2004).

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.

Considerando-se o valor agregado ao material, pode-se atribuir o termo resíduo sólido ou, mais popularmente, lixo, àqueles materiais que não têm mais valor ou utilidade. No entanto, essa valoração é intrínseca à determinada pessoa, lugar e tempo. O material que é considerado resíduo pode não o ser para outra pessoa, em outro lugar ou em outra época. O valor de utilidade de um determinado

objeto pode ser nulo para um e, no entanto corresponder a um valor positivo para outro (BIDONE, 2001). Portanto, o conceito de resíduo sólido pode variar e, em geral, é definido de acordo com a preferência, a situação e a conveniência.

Zanta e Ferreira (2003) definem resíduos sólidos urbanos como sendo os materiais resultantes das inúmeras atividades desenvolvidas em áreas com aglomerações humanas, abrangendo resíduos de várias origens, como residencial, comercial, de estabelecimentos de saúde, industriais, da limpeza pública (varrição, capina, poda e outros), da construção civil e, finalmente, os agrícolas. Outros autores consideram que os resíduos sólidos urbanos compreendem, estritamente, os resíduos de origem residencial, comercial, de serviços de varrição, de feiras livres, de capinação e poda (BIDONE & POVINELLI, 1999; SCHALCH, 1992).

A produção de resíduos sólidos urbanos no Brasil cresceu 1,3%, de 2011 para 2012, índice que é superior à taxa de crescimento populacional urbano no país no período, que foi de 0,9%. Os dados registrados para a geração total e per capita são apresentados na Figura 1 e conforme já observado em anos anteriores, apesar de superar o índice de crescimento populacional, tiveram um declínio na sua intensidade.

A comparação da quantidade total gerada e o total de resíduos sólidos urbanos coletados, indicado na Figura 1, mostra que 6,2 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos deixaram de ser coletados no ano de 2012 e, por consequência, tiveram destino impróprio. Esta quantidade é cerca de 3% menor do que a constatada em 2011.

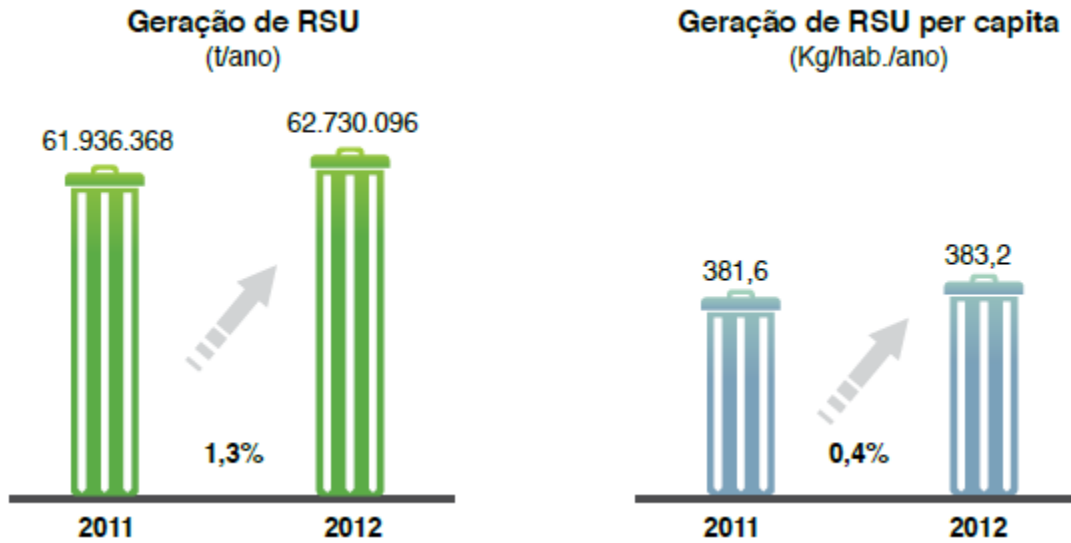


Figura 1 – Geração de resíduos sólidos urbanos

Fontes: Pesquisa ABRELPE e IBGE (2012).

A Figura 2 mostra que houve um aumento de 1,9% na quantidade de resíduos sólidos urbanos coletados em 2012 relativamente a 2011. A comparação deste índice com o crescimento da geração de resíduos sólidos urbanos mostra uma discreta evolução na cobertura dos serviços de coleta de resíduos sólidos urbanos, chegando a 90,17%, o que indica que o país caminha, ao menos, para universalizar esses serviços.

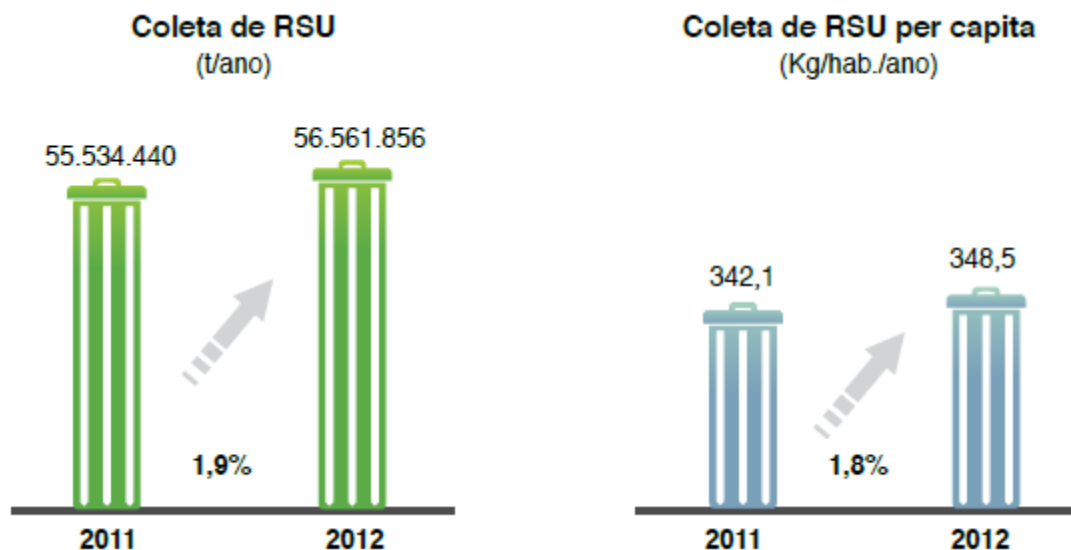


Figura 2 – Coleta de resíduos sólidos urbanos no Brasil

Fontes: Pesquisa ABRELPE e IBGE (2012).

A participação percentual das diversas regiões brasileiras no total de resíduos sólidos urbanos coletados no país em 2012 é apresentada na Figura 3 e se comparada com a situação do ano anterior, constata-se que esse quadro praticamente não se alterou.

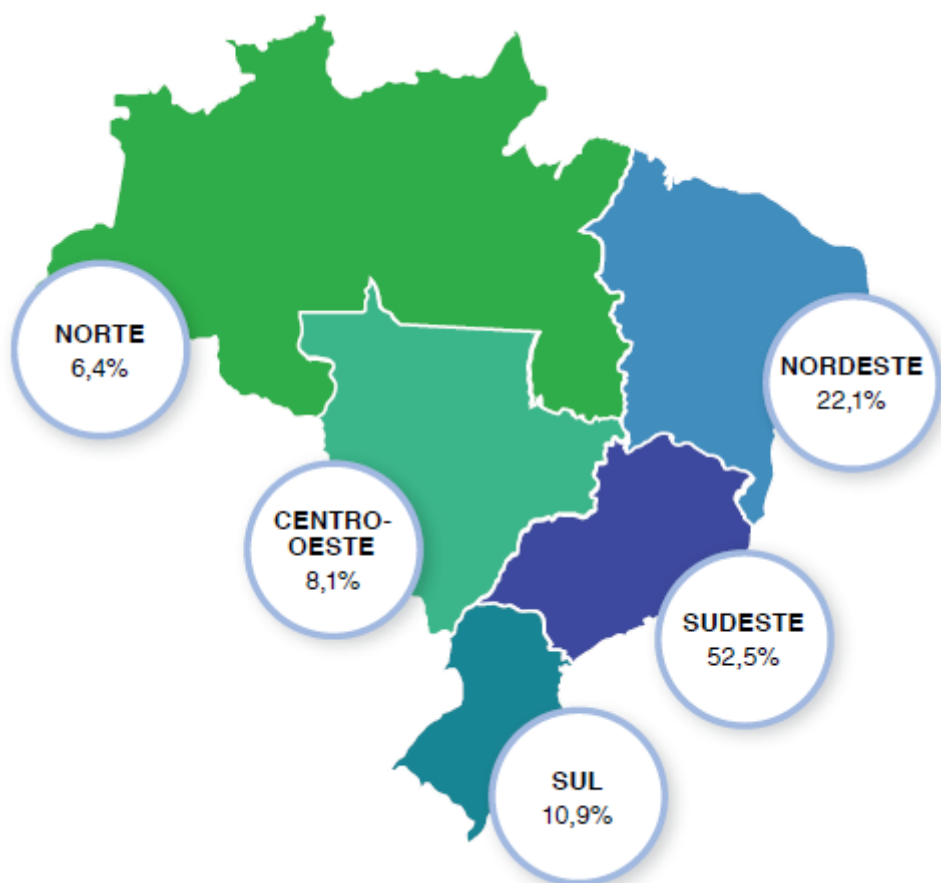


Figura 3 – Participação das regiões do país no total de resíduos sólidos urbanos coletados

Fonte: Pesquisa ABRELPE (2012).

A tabela 1 resume o consumo aparente, em toneladas/ano, das embalagens dos diferentes materiais. É possível visualizar a importância da matéria orgânica, que se destaca dos demais. A análise desta tabela, porém, deve considerar que os materiais possuem densidades diferentes e que uma análise por volume, que não foi realizada neste estudo, pode apresentar situações diversas.

Tabela 1 – Participação dos principais materiais no total de resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil em 2012.

Material	Participação (%)	Quantidade (t/ano)
Metais	2,9	1.640.294
Papel, Papelão e TetraPak	13,1	7.409.603
Plástico	13,5	7.635.851
Vidro	2,4	1.357.484
Matéria Orgânica	51,4	29.072.794
Outros	16,7	9.445.830
TOTAL	100,0	56.561.856

Fonte: Pesquisa ABRELPE (2012)

Em 2012, cerca de 60% dos municípios registraram alguma iniciativa de coleta seletiva, conforme mostra a Figura 4. Embora seja expressiva a quantidade de municípios com iniciativas de coleta seletiva, convém salientar que muitas vezes estas atividades resumem-se à disponibilização de pontos de entrega voluntária ou convênios com cooperativas de catadores, que não abrangem a totalidade do território ou da população do município (ABRELPE, 2012).

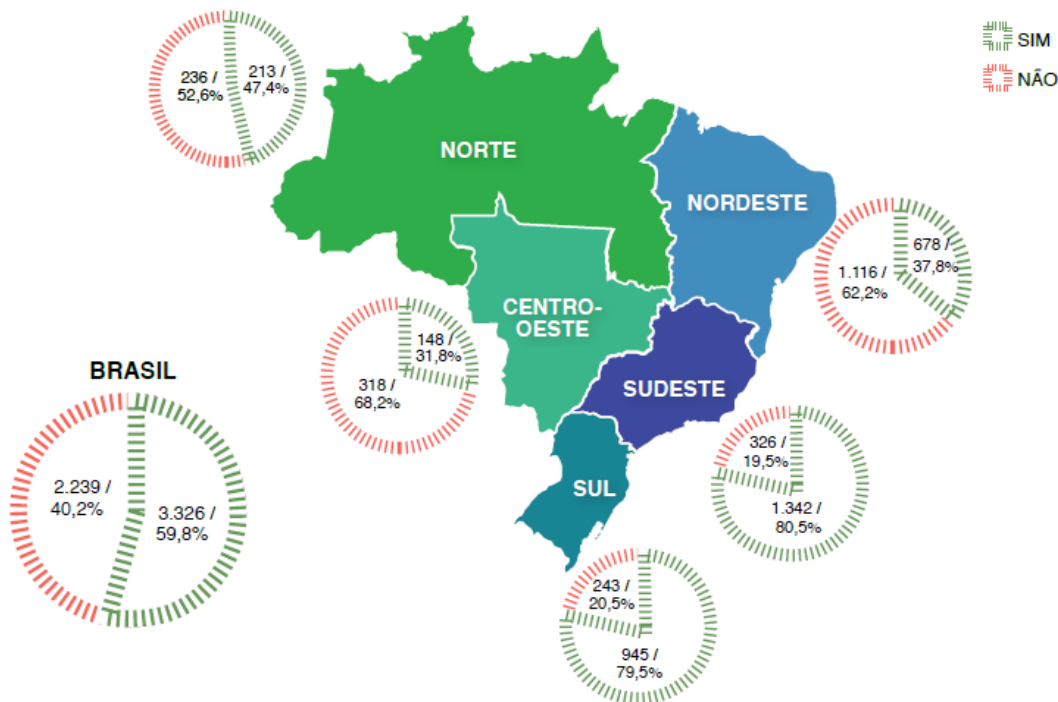


Figura 4 – Iniciativas de Coleta Seletiva nos Municípios em 2012 – Regiões e Brasil

Fonte: Pesquisa ABRELPE (2012).

Conforme indicado na Figura 5 a situação da destinação final dos resíduos sólidos urbanos no Brasil manteve-se inalterada em relação a 2011. O índice de 58% correspondente à destinação final adequada no ano de 2012 permanece significativo, porém a quantidade de resíduos sólidos urbanos destinados inadequadamente cresceu em relação ao ano anterior, totalizando 23,7 milhões de toneladas que seguiram para lixões ou aterros controlados, que do ponto de vista ambiental pouco se diferenciam dos lixões, pois não possuem o conjunto de sistemas e medidas necessários para a proteção do meio ambiente e da saúde pública.

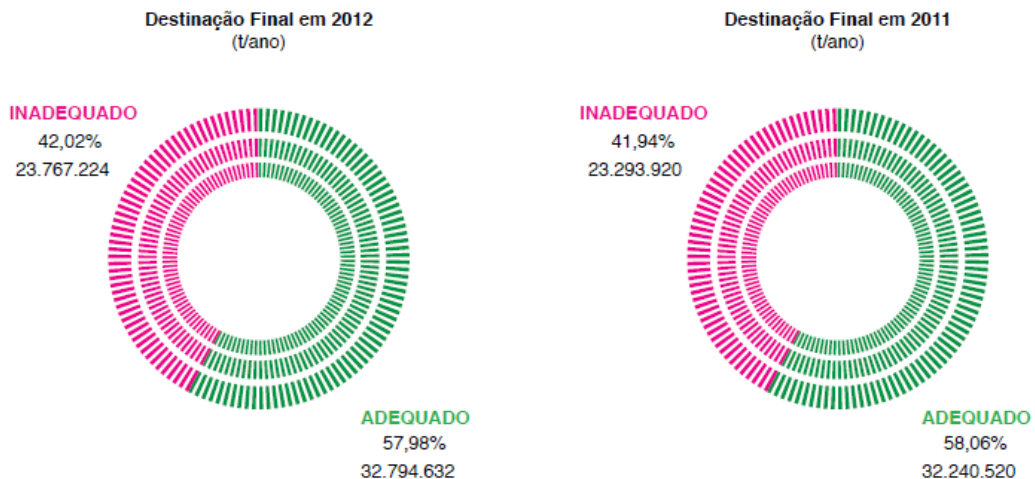


Figura 5 – Destinação final dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil

Fonte: Pesquisa ABRELPE (2012).

Os resíduos sólidos urbanos, nos termos da Lei Federal nº 12.305/10 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, englobam os resíduos domiciliares, isto é, aqueles originários de atividades domésticas em residências urbanas e os resíduos de limpeza urbana, quais sejam, os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas, bem como de outros serviços de limpeza urbana.

Merecem destaque os números relacionados à destinação final dos resíduos coletados, cuja pesquisa revelou que 58% seguiram para aterros sanitários em 2012, praticamente sem alteração do cenário registrado no ano anterior. Nesse sentido, é importante ressaltar que os 42% restantes correspondem a 76 mil toneladas diárias, que são encaminhadas para lixões ou aterros controlados (ABRELPE, 2012). Esse quadro teve uma mudança significativa nos últimos 20 anos: em 1989, os lixões ou aterros controlados representavam o destino final de resíduos sólidos em 88,2% dos municípios. As regiões Nordeste (89,3%) e Norte (85,5%) registraram as maiores proporções de municípios que destinavam seus resíduos aos lixões, enquanto as regiões Sul (15,8%) e Sudeste (18,7%) apresentaram os menores percentuais (PNSB, 2008).

Mesmo com uma legislação mais restritiva e dos esforços empreendidos em todas as esferas governamentais, a destinação inadequada de resíduos sólidos urbanos se faz presente em todas as regiões e estados brasileiros e 3.352

municípios, correspondentes a 60,2% do total, ainda fizeram uso em 2012 de locais impróprios para destinação final dos resíduos coletados (ABRELPE, 2012).

A quantidade de resíduos sólidos urbanos coletados em 2012 cresceu em todas as regiões, em comparação ao dado de 2011. A região sudeste continua respondendo por mais de 50% dos resíduos sólidos urbanos coletados e apresenta o maior percentual de cobertura dos serviços de coleta do país.

Tabela 2 – Quantidade de resíduos sólidos urbanos coletados por regiões e Brasil.

Regiões	2011	2012
	Resíduo Sólido Urbano Total (t/dia)	
Norte	11.360	11.585
Nordeste	39.092	40.021
Centro-Oeste	14.449	14.788
Sudeste	93.911	95.142
Sul	19.183	19.752
BRASIL	177.995	181.288

Fonte: Pesquisa ABRELPE (2012).

Tabela 3 – Índice per capita de coleta de resíduos sólidos urbanos.

Regiões	2011	2012
	Índice (Kg/hab./dia)	
Norte	0,960	0,965
Nordeste	0,998	1,014
Centro-Oeste	1,142	1,153
Sudeste	1,248	1,255
Sul	0,819	0,838
BRASIL	1,097	1,107

Fonte: Pesquisa ABRELPE (2012).

Segundo WONG et al. (2000), a poluição ambiental com os derivados das atividades humanas intensificou-se nos últimos 30 anos devido à produção de itens residenciais, comerciais ou industriais em embalagens não-biodegradáveis, facilmente disponíveis.

A consequência disto é expressa em diversos documentos, como a Agenda 21, assinado por 170 países membros da ONU, por ocasião da Rio'92, referindo-se aos resíduos sólidos em diversos capítulos. A Agenda 21 alerta para o fato de que aproximadamente 5,2 milhões de pessoas, sendo 4 milhões de crianças, morrem por ano de doenças relacionadas aos resíduos sólidos e que metade da população urbana dos países em desenvolvimento não tem serviços para lidar com eles (PHILIPPI Jr., 1999).

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 nos corpos de água urbanos causam má aparência, perturbam o habitat natural, degradam a qualidade da água, aumentam a propagação de doenças, podem causar a morte de animais aquáticos, além de impedirem o funcionamento hidráulico dos sistemas de drenagem. Uma maior preocupação sobre a quantidade de resíduos que atingem os corpos de água vem sendo dada. (ALLISON et al., 1998).

Ao avaliar o material sólido na drenagem urbana, Tucci (2004) mostra que são observados estágios diferentes na produção de resíduo, em decorrência do desenvolvimento urbano, entre eles pode-se incluir: estágio inicial, intermediário e final. No estágio inicial ocorrem alterações na cobertura da bacia, sendo removida a proteção natural, deixando o solo desprotegido, aumentando a erosão e a produção de sedimentos. Nesta fase ainda há pequena produção de resíduos sólidos. No estágio intermediário ainda existe movimento de terra, originando produção de sedimentos e surge a produção de resíduos sólidos devido à população que começa

a se estabelecer. Já no estágio final praticamente toda superfície está consolidada, resultando apenas a produção de resíduos sólidos com uma pequena parcela de sedimentos.

Ainda nesse enfoque, Tucci (2004) cita que os resíduos são conduzidos até a rede de drenagem em consequência de diversos fatores, entre eles pode-se citar: frequência e cobertura da coleta de resíduos sólidos, frequência da limpeza das ruas, forma de disposição do resíduo sólido pela população e frequência de precipitação.

Existem vários modelos de qualidade da água que tentam simular o acúmulo de poluentes durante o período de tempo seco antecedente ao evento (PTSA) e o transporte dos mesmos durante os eventos de precipitação em bacias hidrográficas urbanas. Estes modelos podem ser convenientemente usados em estudos de processos de construção e transporte de poluentes e na estimativa de cargas poluidoras geradas nos eventos de precipitação, segundo Chiew et al., 1997 (apud Chiew et al. (1999)).

Hall, 1996 (apud Armitage & Rooseboom, 2000) sugeriu que as principais fontes de resíduos no sistema de drenagem podem ser: (1) comportamento antissocial dos indivíduos lançando resíduos sólidos nas calçadas e pelos veículos, manuseio dos resíduos sólidos domésticos; (2) excesso de embalagens; (3) deficiência dos serviços de limpeza das ruas; (4) inadequadas instalações de disposição; (5) falta de autoridades para impor penalidades aos transgressores.

A Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é bastante atual e contém instrumentos importantes para permitir o avanço necessário ao País no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos.

- Prevê a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos (aquilo que tem valor econômico e pode ser reciclado ou reaproveitado) e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (aquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado).

- Institui a responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos: dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, o cidadão e titulares de

serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos na Logística Reversa dos resíduos e embalagens pós-consumo.

- Cria metas importantes que irão contribuir para a eliminação dos lixões e institui instrumentos de planejamento nos níveis nacional, estadual, microrregional, intermunicipal e metropolitano e municipal; além de impor que os particulares elaborem seus Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

- Também coloca o Brasil em patamar de igualdade aos principais países desenvolvidos no que concerne ao marco legal e inova com a inclusão de catadoras e catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis, tanto na Logística Reversa quanto na Coleta Seletiva.

- Além disso, os instrumentos da PNRS ajudarão o Brasil a atingir uma das metas do Plano Nacional sobre Mudança do Clima, que é de alcançar o índice de reciclagem de resíduos de 20% em 2015.

1.2.1 Impactos causados pelos resíduos sólidos

Os resíduos sólidos têm se tornado um dos maiores problemas enfrentados pela sociedade. Segundo Armitage & Rooseboom (2000) entre as consequências ambientais resultantes da produção de resíduos podem-se citar:

- Aspectos desagradáveis;
- 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;
- Riscos à fauna aquática;
- Organismos patogênicos ou tóxicos como metais pesados, envenenando a cadeia alimentar de vida aquática e possivelmente atingindo os humanos;
- Significantes custos para as autoridades locais para as conduções nas operações de autolimpeza.

Como consequências 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.

Conforme Tucci (1998), 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.

1.2.2 Classificação dos resíduos sólidos

Diferentes tipos de materiais foram identificados no sistema de drenagem. Armitage & Rooseboom (2000) 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.

A quantidade de resíduo sólido encontrado no sistema de drenagem urbana pode ser influenciada por uma série de fatores, Allison et al. (1998) citam alguns fatores que influenciam na taxa de produção de resíduos sólidos, entre os quais estão:

- Tipo de ocupação do solo: comercial, industrial, residencial e parques;
- Características dos eventos de precipitação;
- População;
- Práticas de gerenciamento: limpeza de ruas, forma de armazenamento, regularidade de limpeza, programas de reciclagem;
- Programas de conscientização e educação;
- Período de tempo sem chuvas;
- Tamanho e geometria das entradas e condutos da rede de drenagem.
- Características físicas da bacia hidrográfica: tamanho, declividade, características da superfície e vegetação;

- Variações sazonais;
- Intensidade e direção do vento.

Armitage & Rooseboom (2000) ainda citam que o nível econômico da comunidade também afeta a produção de resíduos, pois pessoas de baixa renda não têm acesso a muitos produtos, conseqüentemente, não produzem tanto resíduo sólido.

Conforme a NBR nº 10.004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004), que substitui a antiga versão de 1987, é apresentada uma proposta de classificação dos resíduos sólidos mais voltados às questões gerenciais destes materiais onde os resíduos sólidos são encontrados nos estados sólidos e semissólido e são classificados como:

Resíduos Classe I – se enquadram os resíduos perigosos de acordo com os critérios de periculosidade estabelecidos pela norma (inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade);

Resíduos Classe II – São aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I – Perigosos, e são divididos em:

Classe II A – resíduos não perigosos e não inertes. Geralmente apresenta alguma dessas características: biodegradabilidade, combustibilidade e solubilidade em água. Estão incluídos nessa categoria os papéis, papelão, restos vegetais e outros;

Classe II B – se enquadram os resíduos não perigosos e inertes: quando submetidos ao contato com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, com exceção da cor, turbidez, dureza e sabor. São as rochas, tijolos, vidros e certos plásticos e borrachas que não são decompostos facilmente.

Uma outra forma de classificação está relacionada com o grau de degradabilidade dos resíduos sólidos: a) facilmente degradáveis: matéria orgânica presente nos resíduos sólidos de origem urbana; b) moderadamente degradáveis: papéis, papelão e material celulósico; c) dificilmente degradáveis: são os pedaços de pano, retalhos, aparas e serragens de couro, borracha e madeira; d) não-degradáveis: vidros, metais, plásticos, pedras, solo, entre outros (BIDONE & POVINELLI, 1999).

1.3 Mecanismos de retenção dos resíduos sólidos

Existem diversas metodologias usadas para a realização da coleta de resíduos sólidos, entre elas, redes em tela de aço instaladas transversalmente ao eixo do curso d'água e armadilhas metálicas com estrutura basculante, utilizadas por Salles (2010) e Brites (2005), respectivamente, e estruturas autolimpantes, utilizada por Beecham e Sablatnig (1994).

1.3.1 Redes em tela de aço

O uso de redes para retenção dos resíduos sólidos urbanos lançados 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.

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.

As figuras 6 e 7 mostram as redes instaladas nas bacias hidrográficas Cancela e Alto da Colina, respectivamente.



Figura 6 – Foto das redes coletoras de resíduos na Bacia Hidrográfica Cancela: (A) primeira rede e (B) segunda rede

Fonte: Brites (2005).



Figura 7 – Foto da rede coletora de resíduo na Bacia Hidrográfica Alto da Colina

Fonte: Brites (2005).

1.3.2 Armadilha metálica com estrutura basculante

Salles (2010) utilizou uma armadilha instalada a campo, fixada junto à calha Parshall, para reter os resíduos sólidos depositados ao longo do arroio, onde foram estudadas as características físicas, químicas e biológicas da Sub-Bacia Hidrográfica do arroio Esperança.

A calha Parshall de fundo plano do projeto Bacia Escola Urbana que foi utilizada como suporte para a implantação da estrutura de retenção dos resíduos sólidos carreados 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.

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 causasse a obstrução parcial do canal com risco de inundações à montante do arroio.

Na figura 8 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 8 – Estrutura de retenção dos resíduos sólidos veiculados no arroio esperança em diferentes ângulos
Fonte: Salles (2010).

1.3.3 Estruturas autolimpantes

Os estudos de estruturas autolimpantes se tornaram mais comuns 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 9, 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.



Figura 9 – Melhores arranjos de estudo de estruturas autolimpantes

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

1.4 Curva de Previsão de Resíduos Sólidos Drenados

A curva de previsão de resíduos sólidos drenados – RSD foi encontrada apenas apresentada por Salles (2010), provavelmente pela circunstância de ainda não ter sido empregada em outros trabalhos pela falta de uma correlação significativa dos dados.

A curva de previsão de Resíduos Sólidos na Drenagem (RSD) proposta por Salles (2010) visa avaliar a possibilidade ou a inviabilidade de uma correlação entre o total de precipitação pluviométrica e o acúmulo de resíduos sólidos carregados pelas águas de lavagem.

Ainda de acordo com Salles (2010), a produção de resíduos sólidos drenados deve possuir uma causa preponderante ou um conjunto de causas. O resíduo sólido carregado pela drenagem pode ser consequência de uma infraestrutura precária de coleta de resíduos sólidos no município, 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, ocorrendo o lançamento constante de resíduos em locais inadequados.

Muitas vezes pode-se ter um círculo vicioso onde a falta de infraestrutura 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 infraestrutura (SALLES, 2010).

Este estudo tem como objetivo relacionar a quantidade de resíduos sólidos carregados provenientes do escoamento superficial com a precipitação pluviométrica, cujo propósito é a obtenção de uma curva de produção de resíduos sólidos drenados, podendo ser usado 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 resíduos sólidos drenados calculados por eventos pluviosos isolados. Se antes das ações, por exemplo, uma precipitação pluviométrica intensa de 50 mm carresse 500 Kg de resíduos na drenagem, após a implantação da ação de gestão, que diminuição de produção resíduos sólidos drenados na drenagem poderia ocorrer? Este impacto de redução de produção poderia ser significativo se a mesma precipitação produzisse a metade de resíduos sólidos drenados. No caso hipotético, os mesmos 50 mm de precipitação produziram 250 kg (SALLES, 2010).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido na Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí, situada no Município de Santa Maria, localizado na região central do Estado do Rio Grande do Sul, no Arroio Cancela, afluente do Arroio Cadena, que percorre os bairros Nossa Senhora de Lourdes e Medianeira (figura 10).

O município de Santa Maria, de acordo com o IBGE (2013), possui uma população estimada de 273.489 habitantes. É considerada uma cidade média e de grande influência na região central do estado. É a 5ª cidade mais populosa do Rio Grande do Sul e, isoladamente, a maior de sua região, que possui quase um milhão de habitantes.

A área foi escolhida por apresentar um desenvolvimento crescente do processo de urbanização. Situa-se entre as coordenadas 53°49'44" e 53°47'12" de longitude oeste e 29°43'02" e 29°41'31" de latitude sul.

A bacia possui uma população estimada de 10902 habitantes, em alguns trechos apresenta sistema de esgotamento das águas pluviais e residuárias do tipo combinado, no entanto, a bacia encontra-se em um avançado estágio de degradação ambiental devido ao lançamento de esgoto doméstico na mesma.

O monitoramento da Bacia Hidrográfica Cancela foi realizado através de uma estação pluviográfica monitorada pelo grupo GHIDROS. A estação pluviográfica Sest Senat localiza-se na região central da bacia e é composta de um pluviógrafo digital do tipo Pluvio-OTT.

A região da Bacia Hidrográfica Cancela está contida totalmente no meio urbano da cidade, possuindo sistemas de coletas de resíduos sólidos, abastecimento de água e de esgotos sanitários na sua maioria. Pode-se concluir que esta região não possui um entrave em relação à infraestrutura, diferente de outras

periferias de grandes centros urbanos com pouco ou nenhum subsídio citado anteriormente.

Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Arroio Cancela

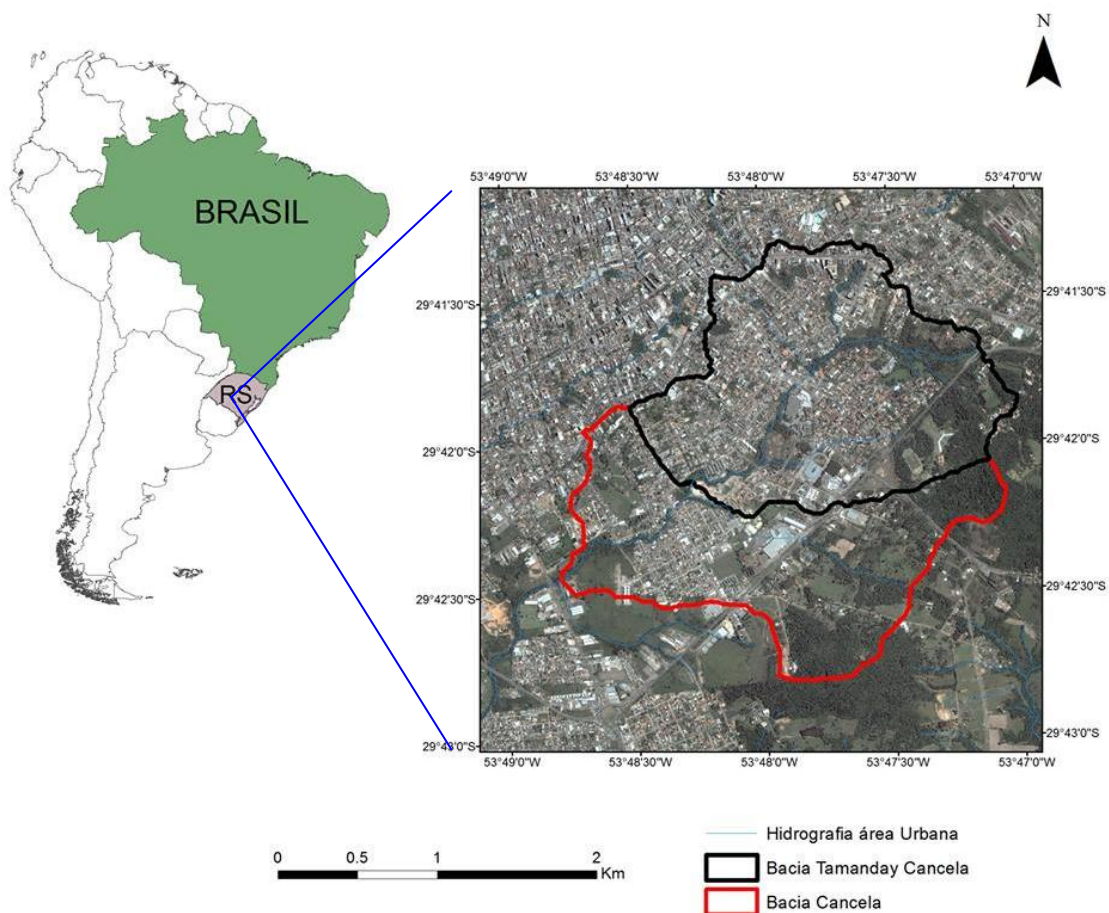


Figura 10 – Localização da Bacia hidrográfica do Arroio Cancela e Cancela – Tamandaí

Na tabela 4 podem ser visualizadas algumas das características da Bacia Hidrográfica Cancela.

Tabela 4 – Características físicas da Bacia Hidrográfica Cancela.

Parâmetro	Bacia Hidrográfica Cancela
Área de Drenagem (A)	4,95 km ²
Perímetro da Bacia (P)	10,29 km
C. do Rio Principal (Lp)	3,74 km
Elevação Máxima	240 m
Elevação Mínima	76 m
Declividade do Rio Principal	0,013 m/m
Declividade Média da Bacia (Im)	0,1098 m/m

Fonte: Garcia (2005).

A Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí possui uma área de drenagem de 2,67 km², mas com características semelhantes a do Cancela por estar contida dentro do mesmo.

2.2 Uso e ocupação do Solo

Um importante fator a relacionar com as variações do escoamento superficial são as características do uso e ocupação do solo, devido às interferências antrópicas proporcionadas pela urbanização.

Na tabela 5 apresentam-se as principais características socioeconômicas do município de Santa Maria – RS: população total, área, densidade populacional, taxas de urbanização e analfabetismo, expectativa de vida e alguns dados referentes à economia.

Tabela 5 – Principais características do Município de Santa Maria – RS.

Município	População Total (2013)	Área (2013) Km ²	Densidade Demográfica (2013) hab/km ²	Taxa de Urbanização (2010) %	Taxa de Analfabetismo (2010) %	Expectativa de Vida (2000) anos	PIBpm (2010) R\$ mil	PIB per capita (2010) R\$	IDESE (2009)
Santa Maria	273.489	1.779, 6	152	95,1	3,17	74,01	4.103. 230	15.720	0,803

Fonte: Fundação de Economia e Estatística – FEE (2013).

Após a apresentação dos dados da tabela 5, pode-se observar uma densidade populacional de 152 habitantes por quilômetros quadrados e uma taxa de urbanização de 95,1%.

O desconhecimento da população que reside ao torno da área do Arroio Cancela sobre preservação do meio ambiente tem acarretado um elevado volume de resíduos sólidos no leito e margens desse.

Foram determinados o uso e a ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do Cancela - Tamandaí, devido à necessidade de obter dados precisos da urbanização e a exatidão das porcentagens de áreas impermeáveis.

Para a composição do uso do solo foram determinadas as áreas permeáveis (vegetação arbórea e campo) e impermeáveis.

A tabela 6 apresenta os valores das características físicas da bacia hidrográfica no período de monitoramento.

Tabela 6 – Características físicas da bacia hidrográfica no período de monitoramento.

Classes do Uso do Solo	Área (km ²)	Percentual
Vegetação Arbórea	0,88	33%
Campo	0,85	32%
Área Impermeável	0,94	35%

2.3 Locais e estações de monitoramento

O monitoramento da precipitação pluviométrica e a coleta de resíduos sólidos foram realizados por meio de uma estação pluviométrica e uma rede de retenção de resíduos sólidos, respectivamente. A estação de monitoramento pluviográfica foi monitorada pelo grupo GHIDROS (Figura 12).



Figura 11 – Localização da área de estudo com as estações de monitoramento

2.4 Clima

Na classificação proposta por Köopen, Santa Maria se enquadra no clima Subtropical Úmido tipo Cfa, em que:

C – temperatura média do mês mais frio (entre -3 C° e 18 C°) e a do mês mais quente (superior a 10 C°);

f – nenhuma estação seca, úmido o ano todo, onde o mês menos chuvoso tem precipitação superior a $60,0\text{ mm}$;

a – verão quente com temperatura média do mês mais quente superior a 22°C .

2.5 Monitoramento pluviográfico

Na Bacia Hidrográfica Cancela há uma estação pluviográfica localizada na região central da bacia monitorada pelo grupo GHIDROS.

A estação pluviográfica Sest Senat é provida de um pluviógrafo digital do tipo Pluvio-OTT, configurado para registrar os dados em intervalos de tempo de 1 minuto de, no mínimo $0,01\text{ mm}$ de precipitação pluviométrica acumulada neste período. Este dispositivo registra continuamente a intensidade de precipitação, discretizada conforme a necessidade do usuário.

Os dados de precipitação pluviométrica foram obtidos de um pluviômetro instalado na estação pluviográfica Sest Senat, com discretização de trinta minutos, no período de novembro de 2012 a janeiro de 2013.

Na figura 13 apresenta-se a fotografia da estação pluviográfica Sest Senat.



Figura 12 – Estação pluviográfica Sest Senat, em Santa Maria – RS

Fonte: Garcia (2005).

2.6 Resíduos sólidos

As coletas foram realizadas no trecho do Arroio Cancela na Bacia Hidrográfica Cancela, no período de 10 de novembro de 2012 a 8 de janeiro de 2013, após cada evento de precipitação pluviométrica, em que o resíduo sólido retido na rede de retenção foi quantificado em massa, volume e realizou-se a classificação em matéria orgânica e matéria inorgânica. No total foram realizadas 11 coletas de resíduos sólidos na estrutura de retenção.

2.6.1 Estrutura de retenção dos resíduos sólidos urbanos

Para conter os resíduos sólidos lançados ao longo do Arroio Cancela foi desenvolvida e instalada no mesmo, com base em outras existentes, uma estrutura em forma retangular com 1,2 m de altura e 4,0 m de comprimento, fabricada em tela de aço, instaladas transversalmente ao eixo do arroio, tornando possível a retenção e posterior análise dos resíduos sólidos. A rede foi presa à vegetação existente nas

margens do arroio, por meio de tiras de aço galvanizado de 5mm de espessura. Foi escolhido o ponto do arroio de coordenadas geográficas 29°42'7.42" de latitude sul e 53°48'18.09" de longitude oeste.

A escolha da rede de retenção e sua altura foram determinadas com a finalidade de evitar que precipitações intensas bloqueiem a passagem da água pluvial, podendo ocorrer inundações à montante, arrastamento da rede a jusante, um potencial assoreamento do arroio, e ainda, o perfil do solo nas margens do corpo d'água exibia propensão a um possível desmoronamento. Para que isso não acontecesse, a estrutura foi dimensionada para que cedesse caso houvesse alguma força desproporcionalmente maior que a suportada, ocasionada por entupimentos da rede pelo acúmulo de material fazendo com que a vazão com força exercida na rede desviasse do seu foco original e sendo direcionada para os lados causando danos à região às margens da rede de retenção.

Os resíduos sólidos contidos pela rede eram removidos manualmente pela equipe deslocada até o local, normalmente duas pessoas, e depositado por alguns dias à margem do arroio para permitir o escoamento do excesso de água, evitando assim o aumento exacerbado da massa dos resíduos, devido à umidade do material.

Em seguida, o resíduo coletado era classificado em função da sua composição, para então ser pesado.

Na figura 14 é apresentada a estrutura de retenção de resíduos sólidos instalada no local.



Figura 13 – Estrutura de retenção de resíduos sólidos instalada no Arroio Cancela

Na figura 15 pode-se observar a vegetação densa existente no local da coleta a montante da estrutura de retenção de resíduos sólidos.



Figura 14 – Vegetação densa existente no local da coleta a montante da estrutura de retenção de resíduos sólidos

2.6.2. Monitoramento dos Resíduos Sólidos

O trabalho de monitoramento de eventos de precipitação pluviométrica foi iniciado pelo acompanhamento da previsão do tempo. Ao final de cada evento pluvial foi necessário um número mínimo de duas pessoas para a retirada dos resíduos sólidos retidos pela rede de retenção, com auxílio de enxadas, pás, rastelos, sacos plásticos e luvas para então serem acondicionados no piso construído em madeira (Figuras 16 e 17) localizado ao lado da rede de retenção de resíduos sólidos para ocorrer o escoamento do excesso de umidade dos materiais.



Figura 15 – Disposição e escoamento do excesso de umidade dos resíduos sólidos coletados



Figura 16 – Piso para disposição e escoamento do excesso de umidade dos resíduos sólidos coletados

Os resíduos sólidos eram cobertos por uma lona de dimensões 4,0 x 3,0 metros (Figura 18) para que, em eventos de precipitação depois de feita a coleta, não houvesse perda de material carregado pelo escoamento da chuva pelas margens acima do piso, assim como encharcar o material coletado. Outra finalidade da lona era de impedir a visualização dos materiais coletados para assim evitar possíveis furtos de resíduos de valor econômico, principalmente para “catadores” com a finalidade de obter verbas econômicas a partir da reciclagem.



Figura 17 – Lona para proteção dos resíduos sólidos

O tempo esperado para o escoamento do excesso de umidade dos resíduos era de aproximadamente 2 (dois) dias para então ser feita a separação gravimétrica dos resíduos e sua classificação em resíduos orgânicos e inorgânicos.

A qualificação e quantificação dos resíduos sólidos foram compiladas de acordo com suas características, dentro do grupo inorgânico ou orgânico (Tabelas 7 e 8), no qual foi adaptado a partir do padrão de cores conforme a Resolução do

CONAMA n. 275/2001 de acordo com a metodologia utilizada por Salles et al. (2011).

A Resolução CONAMA n. 275/2001 não caracteriza cores para resíduos classificados como “outros” e cores A ou B, por conseguinte, foram adotados para o caso de uma provável ocorrência de resíduos sólidos não aplicado entre os referidos e também para complementar a falta de cores.

Tabela 7 – Resíduos sólidos de classe orgânica e os padrões de cores.

Classe Orgânica	Padrões de cores
Restos de alimentos	Marrom A
Restos de vegetação	Marrom B
Madeira processada	Preto A

Tabela 8 – Resíduos sólidos de inorgânica e os padrões de cores.

Classe Inorgânica	Padrões de cores
Plásticos	Vermelho
Metais	Amarelo
Vidros	Verde A
Tecidos e isopor	Verde B
Papéis	Azul
Pneus e borrachas	Preto B
Resíduos perigosos	Laranja
Resíduos ambulatoriais, de serviços de saúde e animais	Branco
Outros	Outros

Posteriormente à quantificação e qualificação dos resíduos capturados na estrutura de retenção, era realizada a pesagem dos mesmos. Para efetuar a pesagem de todo o resíduo capturado na armadilha utilizou-se uma balança com precisão de 200 gramas e com capacidade máxima de 30 kg (Figura 19).



Figura 18 – Balança de precisão usada para a pesagem dos resíduos sólidos drenados

A quantificação e qualificação dos resíduos sólidos coletados pela rede de retenção eram realizadas por meio de uma separação em sacos plásticos para posterior pesagem (Figura 20).



Figura 19 – Separação feita em sacos plásticos para posterior pesagem

Os resíduos classificados como inorgânicos eram conduzidos até a lixeira mais próxima da coleta (cerca de 100,0 m do local do arroio) quando havia pouco resíduo coletado. No caso de a quantidade de resíduos sólidos inorgânicos serem elevadas, os mesmos eram destinados em lixeiras com maior capacidade, como por exemplo, de condomínios, após ser solicitada a permissão para o seu destino nesse. O material orgânico, por sua vez, era disposto no leito do arroio à jusante da rede de retenção para ser decomposto de forma natural.

2.7 Curva de Previsão de Resíduos Sólidos Drenados

A proposta, conforme Salles (2010), foi avaliar a quantidade de resíduos sólidos drenados por eventos de precipitação pluviométrica. Esta produção de

resíduos sólidos drenados pode estar associada a processos inadequados de gestão de resíduos sólidos.

A curva de produção de resíduos sólidos drenados foi construída, inicialmente, para relacionar por eventos de precipitação pluviométrica isolados, o total precipitado como o volume de resíduos sólidos drenados carreados pelo escoamento superficial em uma bacia urbana. Esta curva foi ajustada em planilha Excel após a organização dos dados dos eventos monitorados que associam o total de resíduos (kg) com a precipitação pluviométrica (mm), conforme mostrado na tabela 9.

Tabela 9 – 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 avaliação do modelo da equação de regressão de produção de resíduos sólidos drenados considera o coeficiente de correlação r conforme a Equação 1:

$$r = \frac{n\sum x.y - (\sum x).(\sum y)}{[n\sum x^2 - (\sum x)^2].[n\sum y^2 - (\sum y)^2]} \quad (1)$$

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 2) 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:

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

Em que: “Y” é uma variável aleatória; “ \hat{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 resíduos sólidos drenados.

Com o uso da equação gerada pode-se fazer uma simulação da quantidade de resíduos sólidos drenados que supostamente atingiriam o Arroio Cancela, sendo os dados de precipitação a variável independente X e a incógnita Y os possíveis resíduos sólidos drenados carregados.

ressaltar que o valor de precipitação de 175,43mm não apresentou o valor máximo de acumulação de resíduos por ter ocorrido o transbordamento dos resíduos à jusante da rede de coleta, resultando assim uma perda substancialmente elevada de dados a serem coletados. Em termos qualitativos, contudo, a variação não foi muito significativa, resultando em uma maior percentagem de resíduos de classe orgânica marrom B (restos de vegetação) em todos os eventos, em que o percentual variou de 51,2% a 95,5%, seguido de resíduos de classe orgânica preto A (madeira processada), no qual houve variação de 0,5% a 35,3%. O maior percentual obtido em relação aos resíduos de classe inorgânica foi o de resíduos de padrão de cor vermelho (plásticos), com variação de 0,5% a 5,0%, seguido de resíduos de padrão verde A (vidros), que variou de 0% a 2,6%. A percentagem de resíduos classificados como “outros” obteve variação de 0% a 5,5%.

Tabela 10 – Quantificação dos resíduos coletados na rede de retenção (Kg) e precipitação pluviométrica (mm) no Arroio Cancela.

Data do Evento de Precipitação	10/11/12 a 13/11/12	19/11/12 e 20/11/12	22/11/12 a 24/11/12	01/12/12	04/12/12 a 11/12/12	12/12/12 e 13/12/12	16/12/12 e 17/12/12	18/12/12 a 28/12/12	31/12/12 e 01/01/13	05/01/13 e 06/01/13	07/01/13 e 08/01/13													
Precipitação (mm)	19,6	16,41	38,43	16,38	55,84	54,35	17,72	175,43	44,62	46,63	33,53													
CLASSE INORGÂNICA	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%
Vermelho	1,1	1,5	0,4	2,2	0,7	0,7	0,5	0,8	1,2	0,5	1,0	0,8	4,1	4,9	1,9	2,1	5,7	4,8	6,2	4,2	5,5	5,0		
Amarelo	0,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,3	0,4	0,8	0,9	1,0	0,8	0,8	0,5	0,8	0,7		
Verde A	1,0	1,4	0,0	0,0	0,4	0,4	0,7	1,2	0,3	0,1	0,3	0,2	0,7	0,8	2,3	2,6	0,0	0,0	2,5	1,7	1,0	0,9		
Verde B	0,8	1,1	0,4	2,2	0,5	0,5	0,7	1,2	0,0	0,0	0,4	0,3	1,0	1,2	0,6	0,7	1,6	1,3	3,4	2,3	1,3	1,2		
Azul	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	0,0	0,0	0,0	
Preto B	0,0	0,0	0,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,4	0,7	0,8	0,1	0,1	0,0	0,0	0,4	0,3	0,3	0,3		
Laranja	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	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		
Branca	0,0	0,0	0,1	0,5	0,7	0,7	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Outros	0,0	0,0	0,2	1,1	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	5,5	0,6	0,7	1,0	0,8	1,1	0,7	1,3	1,2		
CLASSE ORGÂNICA																								
Marrom A	0,2	0,3	0,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,6	0,5		
Marrom B	67,6	93,1	16,9	92,3	95,0	94,2	56,8	95,5	201,2	91,7	119,5	90,9	43,2	51,2	73,6	82,2	102,2	85,5	123,4	83,2	94	85,9		
Preto A	1,6	2,2	0,1	0,5	3,0	3,0	0,8	1,3	16,4	7,5	9,5	7,2	29,8	35,3	9,6	10,7	8,0	6,7	10,4	7,0	4,6	4,2		
TOTAL P/ EVENTO	72,6	18,3	100,9	59,5	219,3	131,4	84,4	89,5	111,5	138,0	104,8													

Tabela 11 – Massa Média, Mediana e Desvio Padrão dos resíduos coletados.

CLASSE INORGÂNICA	Massa Média (Kg)	Mediana	Desvio Padrão
Vermelho	2,57	1,2	2,31
Amarelo	0,37	0,3	0,40
Verde A	0,84	0,7	0,85
Verde B	0,97	0,7	0,92
Azul	0,00	0,0	0,00
Preto B	0,19	0,1	0,25
Laranja	0,01	0,0	0,03
Branca	0,09	0,0	0,21
Outros	0,85	0,5	1,34
CLASSE ORGÂNICA			
Marrom A	0,11	0,0	0,18
Marrom B	90,31	94,0	48,94
Preto A	8,53	8,0	8,63
TOTAL P/ EVENTO	104,84	100,9	52,15

Na figura 22, é mostrada a classificação dos resíduos acumulados no Arroio Cancela coletados no período de estudo.

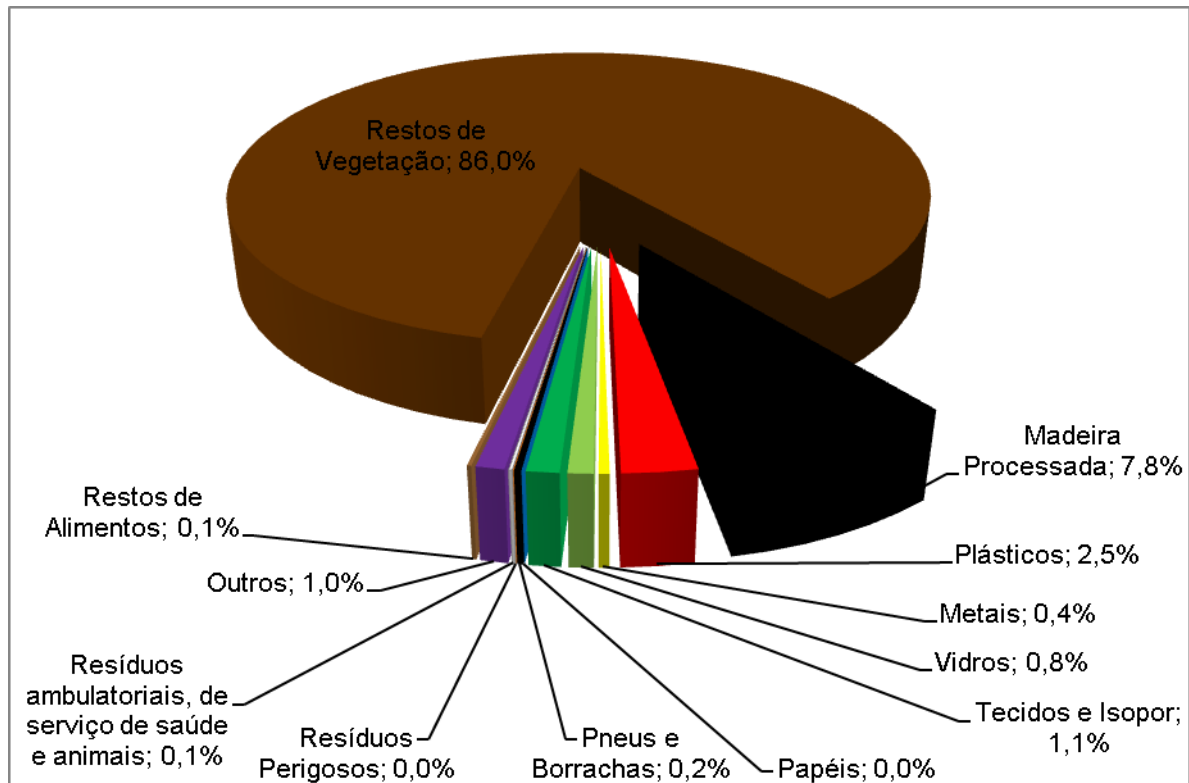


Figura 21 – Percentual de resíduos coletados conforme classificação em padrão de cores

Conforme se observa na figura 22, o resto de vegetação (Marrom B) foi o material mais numeroso com 86,0% da quantidade total. Esse valor elevado é justificado pela presença de uma quantidade massiva de vegetação densa em torno das margens do corpo d'água, sendo constituído de folhas, raízes, galhos e até mesmo árvores inteiras carregadas ao longo do córrego. A madeira processada (Preto A) configurou 7,8% do material coletado, principalmente devido à acentuada ocupação da região do entorno do arroio. Brites et al. (2004) 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. No entanto Salles et al. (2011) encontrou resultados inexpressivamente menores em sua pesquisa de coleta de resíduos sólidos na microbacia do arroio Esperança (Bacia Escola), também na mesma cidade, com 73% de material orgânico coletado, dos quais 67% eram de classificação marrom B.

O material plástico (Vermelho) constituiu 2,5% da massa de resíduos retidos, sendo os principais constituintes as garrafas pet, por ser altamente utilizadas pela população, no consumo de água mineral e refrigerante.

Cumprе ressaltar que em consequência do perfil de cobertura vegetal existente às margens do Arroio Cancela – Tamandaí, uma fração dos resíduos, principalmente tecidos e sacolas plásticas, mantinham-se retidas na vegetação ao longo do percurso, não atingindo a rede de retenção.

O material que apresentou quantidade significativamente alta, considerando seu baixo peso e grande volume, foi o isopor, seguido dos poucos tecidos encontrados (Verde B), com 1,1% da massa retida na rede. Esse resíduo está relacionado, provavelmente, a elevada aquisição de eletrodomésticos pela população em torno do arroio. Esses produtos são vendidos em caixa de papelão e o isopor é utilizado para a proteção mecânica dos equipamentos.

A quantidade de metais (Amarelo) e vidros (Verde A) encontrada foi de 0,4% e 0,8%, respectivamente. Os metais compostos por latas, principalmente de refrigerante e cerveja, não foram encontrados em grandes quantidades devido ao seu alto valor associado à reciclagem. Os resíduos classificados como “Outros” constituem 1% da quantidade total coletada, sendo na sua maioria materiais como calçados, velas e brinquedos.

Não foram encontrados quaisquer resquícios de papéis (Azul), possivelmente por serem dissolvidos ao entrarem em contato com a água e se misturarem com o material orgânico ali existente.

O resíduo de classificação laranja (resíduos perigosos) foi encontrado no terceiro evento, sendo recolhida uma seringa pequena.

Uma seringa, por ser um resíduo perfurocortante, possui capacidade de romper um equipamento de proteção individual (EPI), como por exemplo, luvas de borracha semelhantes as que foram usadas para a realização das coletas. O contato direto do sangue com uma seringa usada poderia acarretar em diversos tipos de contaminações diferentes.

Os resíduos urbanos retidos pela rede de retenção com potencial para serem reciclados (compostos por materiais como papel, plástico, papelão, vidro, metal, tecidos, madeira e borracha) atingiram o percentual de 6,1%, considerado pouco ao ser comparado à média brasileira de 31,9% (ABRELPE, 2012).

O município de Santa Maria não constitui uma política de coleta seletiva de matéria notória, com eficiência e abrangente. Para ser realizado este serviço, a população obriga-se a conduzir até a Prefeitura Municipal e solicitar, através de um cadastro, que o município realize a coleta seletiva em seu domicílio. A maioria da população não tem conhecimento deste programa e, portanto, presumem da inexistência de uma coleta seletiva no município. Mas há também uma parte dessa população que não tem disposição para realizar a separação e o cadastro junto à Prefeitura. Haveria um número muito maior de cidadãos dispostos a contribuir com a preservação ambiental por meio da separação de resíduos, caso o governo municipal direcionasse mais esforços para este fim.

Mesmo quando a população realiza tal separação de resíduos, o caminhão que os recolhe mistura-os em um mesmo compartimento onde é novamente misturado e então encaminhado ao aterro sanitário de Santa Maria. Isso demonstra que, mesmo diante da separação de resíduos sólidos urbanos, 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), o anonimato e a irresponsabilidade do setor público “agasalham e estimulam a ação igualmente desobrigada”.

Como foi averiguado na bacia do Arroio Cadena, a população que reside em torno desse deposita inconvenientemente seus resíduos sólidos, em conformidade com o que foi identificado após averiguação da quantificação e qualificação dos materiais coletados na rede de retenção.

A concepção de um resíduo sólido urbano útil e que tem um valor surgiu com a ideia 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 advém à 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).

3.2. Relações entre precipitações pluviométricas e resíduos sólidos urbanos

3.2.1. Resíduos inorgânicos

Na figura 23 é demonstrada a relação existente entre plástico quantificado por evento coletado e a altura de precipitação pluviométrica.

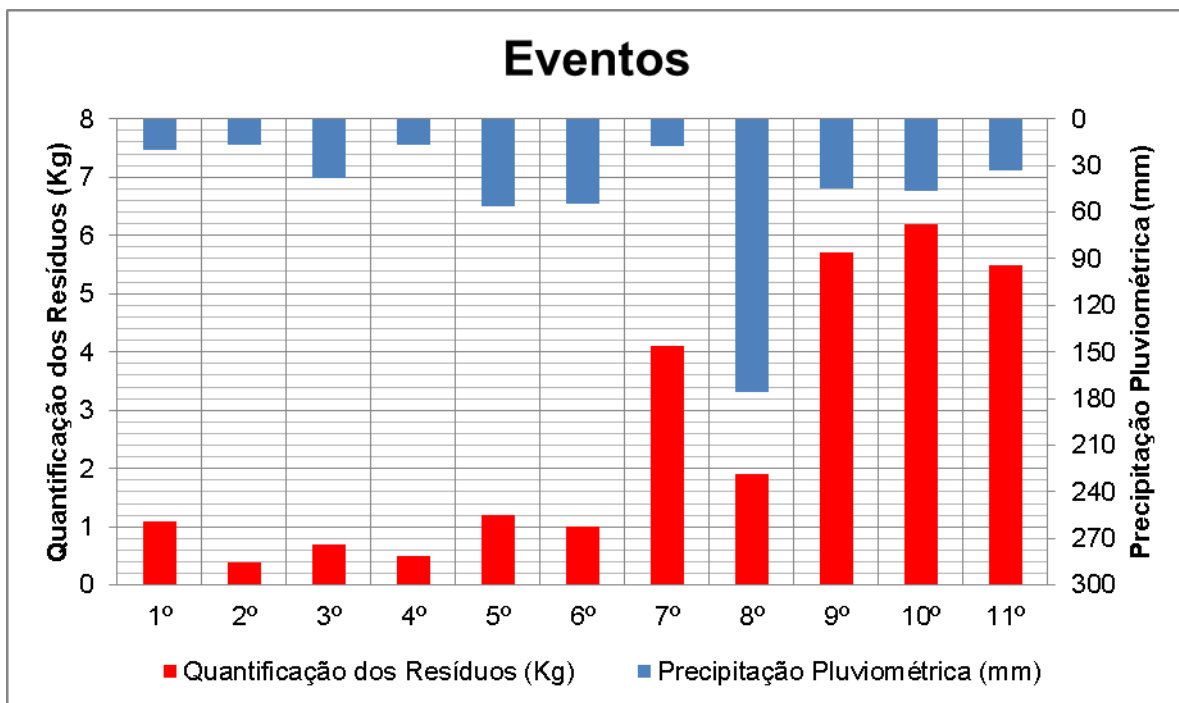


Figura 22 – Relação entre precipitação pluviométrica e quantificação do resíduo de classificação vermelha (plástico).

A relação entre os resíduos de classificação vermelha (plástico) e a precipitação pluviométrica foi, em partes, equivalente. O plástico é um material muito utilizado pela população e possui diversas finalidades, que além de ser leve é facilmente escoado durante as precipitações pluviométricas. Do 1º ao 6º evento é identificada uma relação direta. Após esses eventos destacados pode-se observar uma incoerência entre os dados de precipitação pluviométrica e a quantificação dos resíduos. Deve-se destacar que foi observada uma perda significativa de resíduos

sólidos carregados pelo provável elevado escoamento superficial ocorrido no 8º evento, havendo assim uma diferença considerável na relação deste evento. Outro fator importante a ser destacado são os eventos 7, 9, 10 e 11, que obtiveram uma elevada quantidade de resíduos contidos pela rede comparada com uma baixa precipitação pluviométrica. Isso se deve ao fato de que, mesmo sendo períodos de baixas precipitações pluviométricas, podem estar relacionada à elevada intensidade de precipitação pluviométrica, fazendo com que houvesse um escoamento da água pluvial considerável e uma elevada concentração de resíduos sólidos carregados (apêndice F). No padrão de cores vermelho no qual inclui os plásticos, observou-se que a maioria dos resíduos encontrados era constituída por garrafas PET, que eram arrastadas por meio do escoamento superficial ao arroio. Também foram constatadas sacolas plásticas e algumas embalagens de salgadinhos e balas.

Na figura 24 consegue-se visualizar a relação entre a quantificação dos resíduos da classificação amarelo (metal) e a precipitação pluviométrica por evento coletado na rede construída.

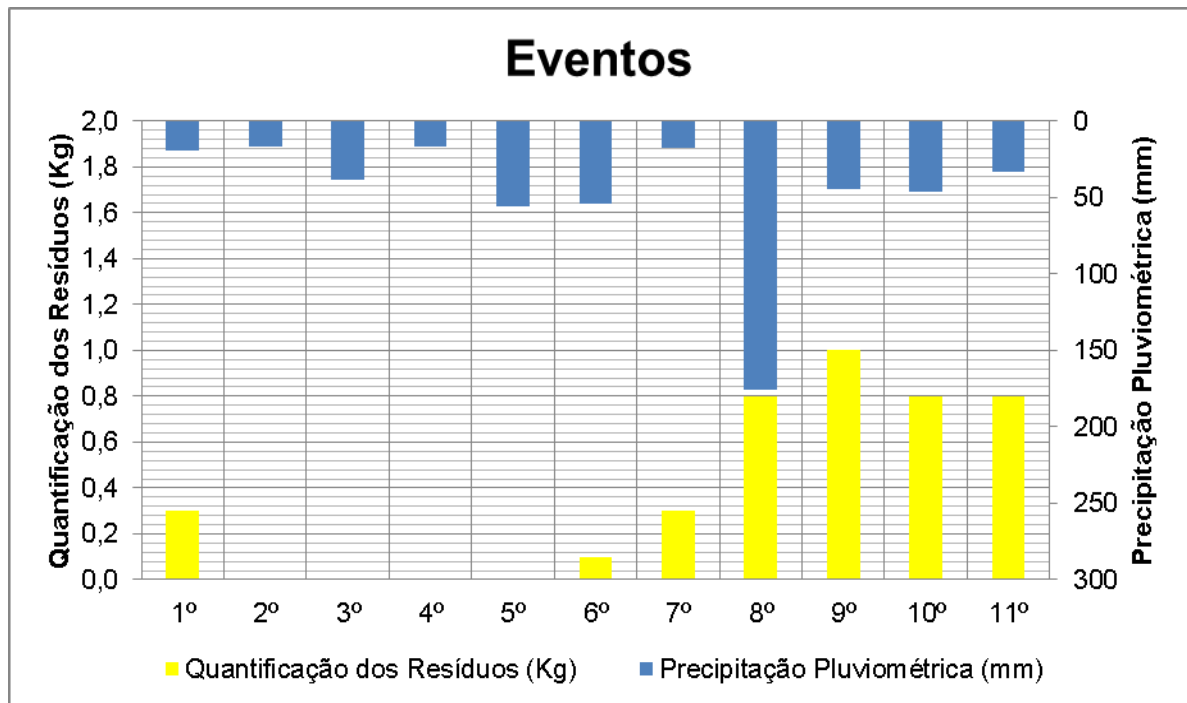


Figura 23 – Relação entre precipitação pluviométrica e quantificação do resíduo de classificação amarelo (metal)

Os metais tem maior densidade que o plástico, portanto são mais dificultosos de ser carregados pelo escoamento superficial em função da precipitação pluviométrica. Outro fator importante a ser destacado é o seu valor econômico para reciclagem não sendo possível comprovar uma ligação direta com a precipitação ocorrida. Como observado na figura 24, houve quatro eventos sem qualquer metal capturado pela rede de retenção de resíduos sólidos, especificamente do segundo ao quinto evento. O intervalo do dia 18 a 28 de dezembro de 2013 (oitavo evento) registrou um valor de precipitação de 175,43 mm resultando simultaneamente em um valor de 0,8 kg de resíduos da classe amarelo. Esse valor não pode ser comparado com os valores dos últimos três eventos, respectivamente os dias 31 de dezembro de 2012 e 1º de janeiro de 2013 (nono evento), 5 e 6 de janeiro de 2013 (décimo evento) e 7 e 8 de janeiro de 2013 (décimo primeiro evento). Isso se deve ao fato de que esses eventos obtiveram precipitações pluviométricas intensas (apêndice G), ou seja, grande quantidade de água em um curto intervalo de tempo, fazendo com que ocorressem maiores escoamentos superficiais nesse período, carregando elevadas quantidades de metais até a rede de retenção, diferentemente do oitavo evento que obteve esse valor em conta da alta quantidade de precipitação que atingiu a bacia, considerando também os resíduos não capturados pela rede de retenção nesse evento. O nono evento relatou 1 kg de metais e os eventos dez e onze relataram uma quantidade de 0,8 kg do mesmo em precipitações de 44,62 mm, 46,63 mm e 33,53 mm, respectivamente. Os metais foram os resíduos que obtiveram a maior relação com a intensidade de precipitação pluviométrica registrada. Em consequência do seu alto valor para reciclagem, pode-se compreender que os metais expressam uma menor quantidade em razão de que os catadores de materiais recicláveis da região desta bacia provavelmente coletam este material para comercialização. Segundo Salles (2010), 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. Esse mesmo problema não ocorreu no presente trabalho, devido principalmente a densa cobertura de árvores ao redor das margens da bacia, dificultando assim o acesso da população para realizar a retirada do material para ser comercializado para reciclagem.

Na figura 25 é apresentada a relação entre precipitação pluviométrica e a quantificação dos resíduos de classificação verde A (vidros).

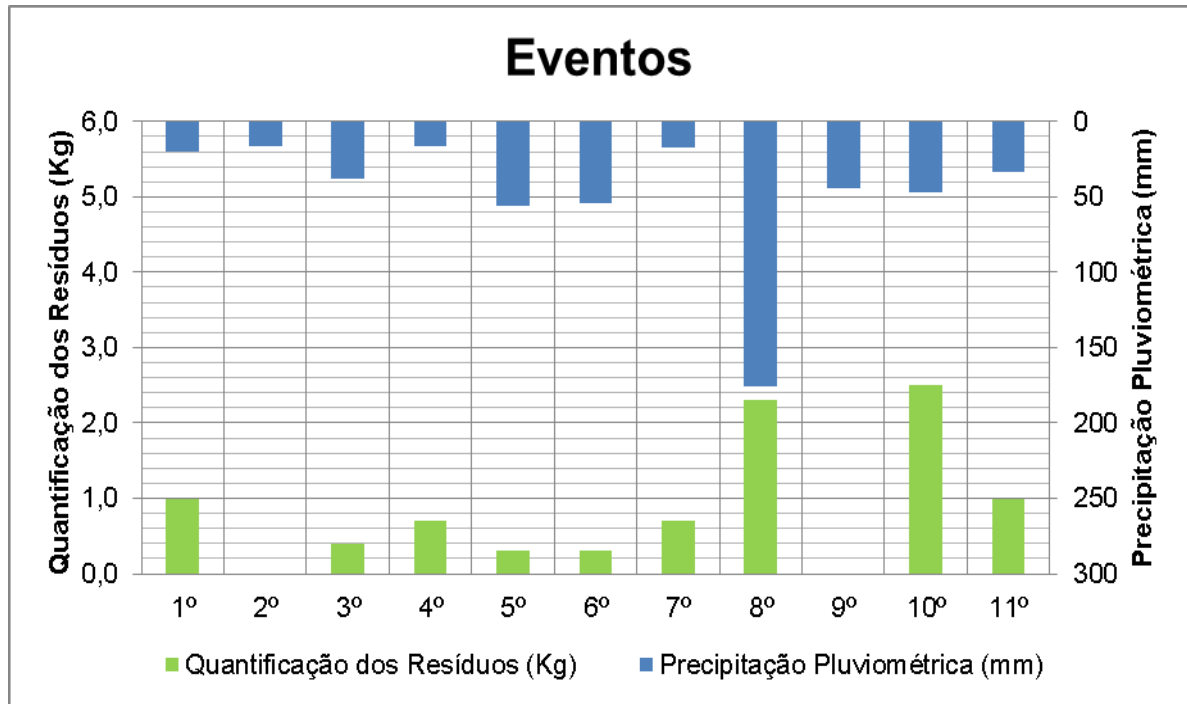


Figura 24 – Relação entre precipitação pluviométrica e quantificação do resíduo de classificação verde A (vidro)

Não foi apresentada relação direta com a precipitação conforme pode ser constatado nos dois únicos eventos, oitavo e décimo eventos, que obtiveram um número superior a 1 kg de resíduos de classificação verde A. De acordo com o oitavo evento (18 de dezembro de 2012 a 28 de dezembro de 2012), onde houve a maior precipitação observada (175,43 mm), registrou-se uma quantidade de 2,3 kg de resíduos, enquanto no décimo evento (5 de janeiro de 2013 e 6 de janeiro de 2013), obteve-se a maior quantidade de resíduos (2,5 kg) em um dado de precipitação pluviométrica quase quatro vezes menor (46,63 mm), provavelmente devido às festas de final de ano onde ocorre um valor elevado de descarte de garrafas nesse período. Isso pode acontecer provavelmente devido sua massa, que é superior aos outros resíduos, dificultando o carreamento deste material, além de que este material pode quebrar-se no decorrer do seu deslocamento ao chocar-se

com pedras e outros detritos encontrados. Os tipos de vidros mais encontrados foram garrafas de bebidas alcoólicas (vinho e vodka) e lâmpadas incandescentes.

Na figura 26 observa-se a relação entre a precipitação pluviométrica e a quantificação dos resíduos de classificação verde B (tecidos e isopor).

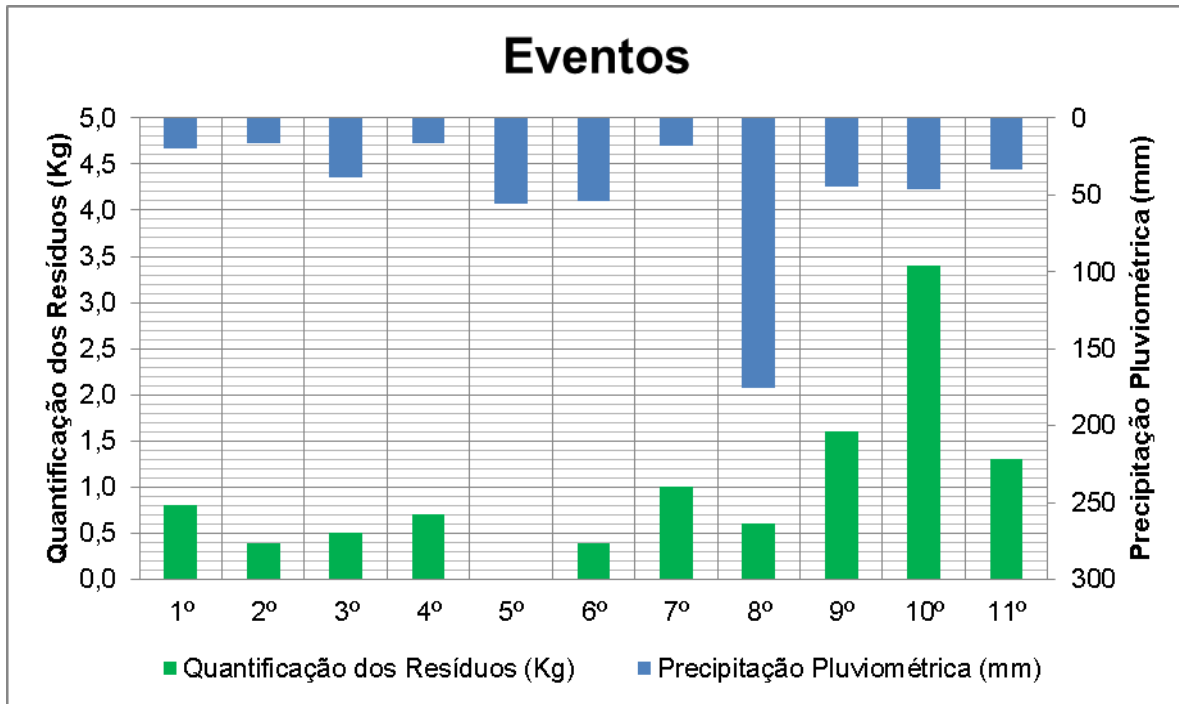


Figura 25 – Relação entre precipitação pluviométrica e quantificação do resíduo de classificação verde B (tecidos e isopor)

A quantidade de isopor encontrada não condiz com a pequena massa determinada, devido a sua baixa densidade e conseqüentemente grande volume. Foi constatada uma grande quantidade de isopor, possivelmente em virtude de esse material ser utilizado para revestir novos equipamentos com a finalidade de protegê-los contra quedas que são comprados pela população e descartados diretamente às margens do Arroio Cancela. Também foram encontradas peças de roupas e tecidos. O quinto evento (4 de dezembro de 2012 a 11 de dezembro de 2012) foi o único em que não foi contabilizado qualquer quantidade de isopor. Os dias cinco e seis de janeiro de 2013 (décimo evento) despontou como a maior quantificação de massa deste resíduo sólido de classificação verde B, com a quantidade de 3,4 kg.

Em nenhum evento foi observado algum resíduo de classificação azul (papel e papelão). Isso pode ser atribuído ao valor comercial desses materiais, que podem ter sido coletados pelos “catadores” antes de chegarem ao arroio ou mesmo segregados pelos próprios geradores do resíduo para posterior venda ou ainda devido ao mesmo ser desagregado em contato com a água.

Demonstra-se na figura 27 a relação entre precipitação pluviométrica e a quantificação de resíduos de classificação preto B (pneus e borrachas).

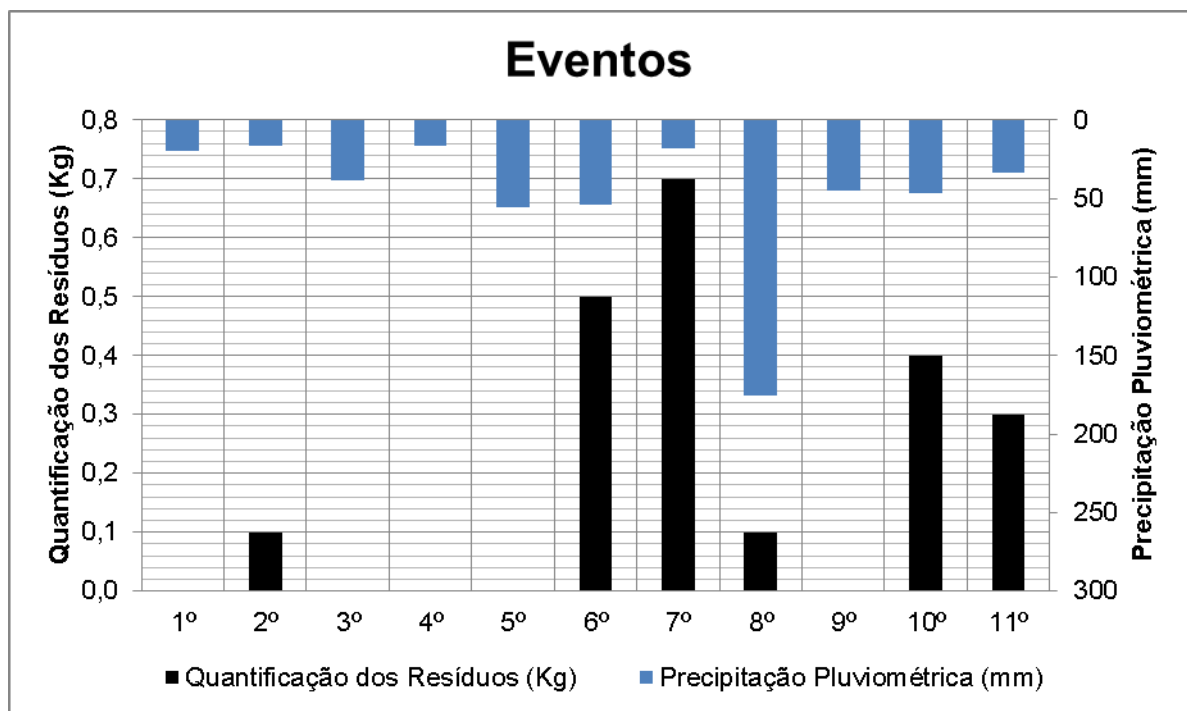


Figura 26 – Relação entre precipitação pluviométrica e quantificação do resíduo de classificação preto B (pneus e borrachas)

Apenas em seis eventos foram constatados resíduos de borracha, mas nenhum pneu foi encontrado. A quantidade de resíduos coletados foi de pequeno número, não ultrapassando 0,7 kg no sétimo evento (16 de dezembro de 2012 e 17 de dezembro de 2012). Percebe-se que não existe relação entre a precipitação pluviométrica e a quantificação dos resíduos de borracha.

Na figura 28 pode-se observar a relação apresentada entre a quantificação dos resíduos de classificação laranja (resíduos perigosos) e a precipitação pluviométrica. Foi encontrada apenas uma seringa no terceiro evento.

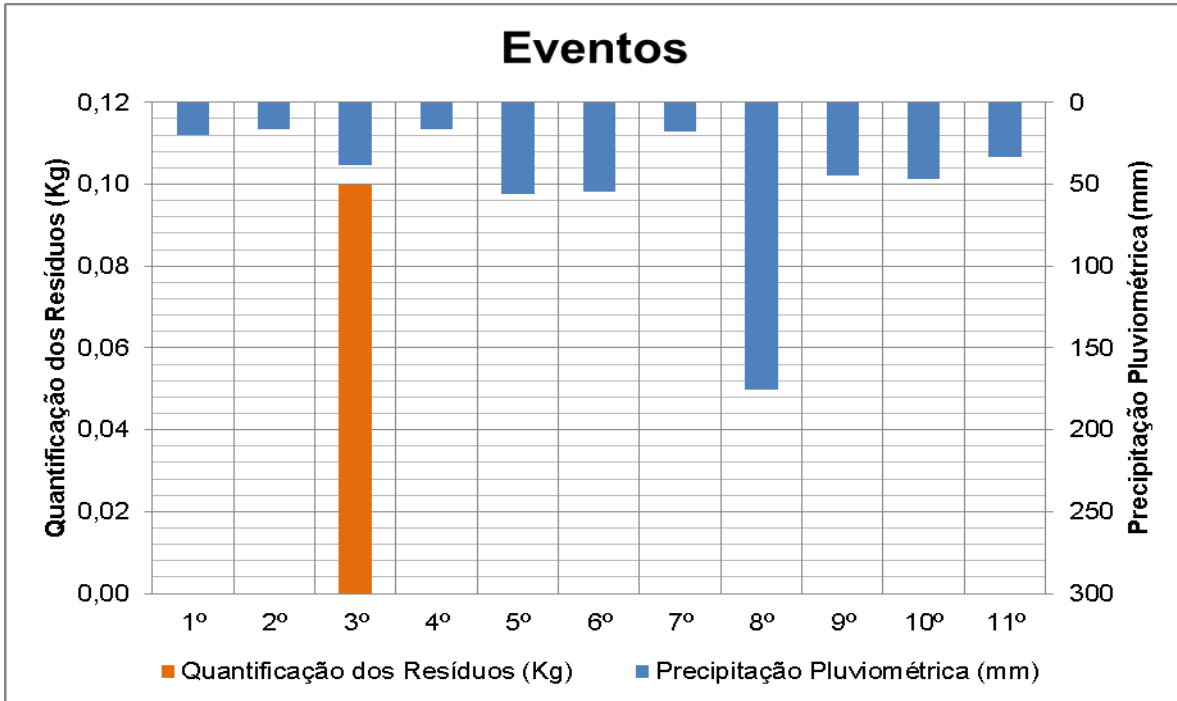


Figura 27 – Relação entre precipitação pluviométrica e quantificação do resíduo de classificação laranja (resíduos perigosos)

Na figura 29 é demonstrada a relação entre a quantificação do resíduo de classificação branca (resíduos ambulatoriais, de serviços de saúde e animais mortos).

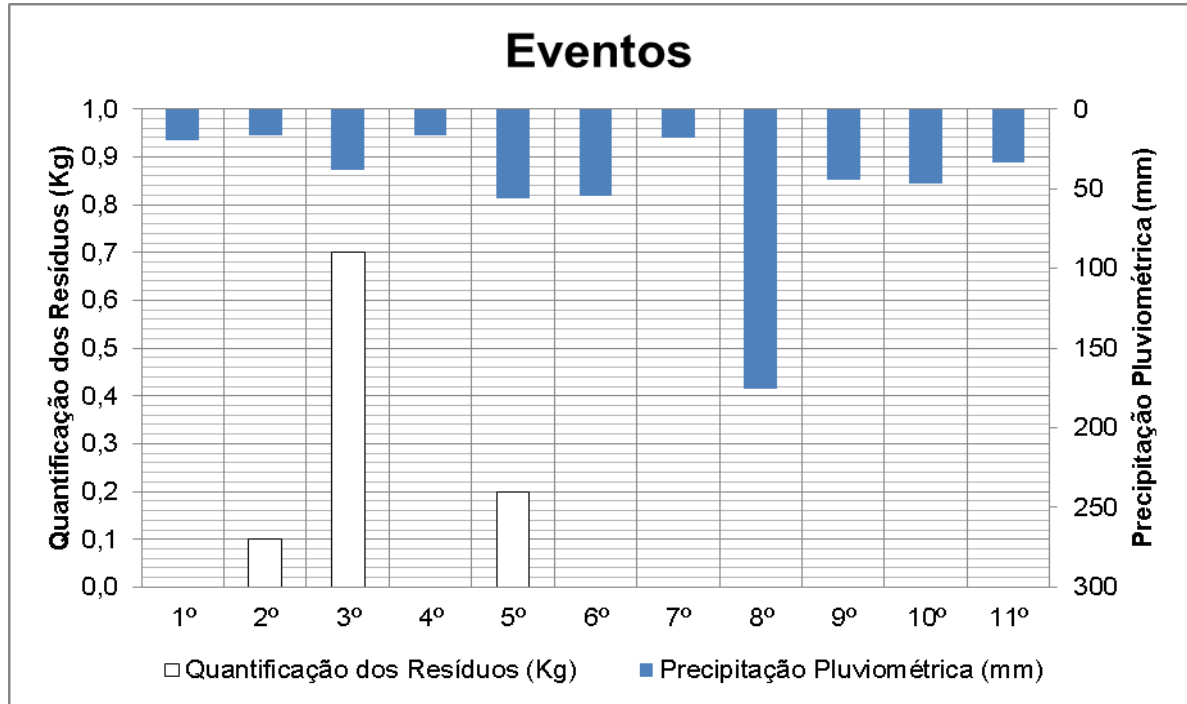


Figura 28 – Relação entre precipitação pluviométrica e quantificação do resíduo de classificação branca (resíduos ambulatoriais, de serviços de saúde e animais mortos)

No segundo e quinto eventos foram encontrados resíduos de serviços de saúde, no entanto no terceiro evento foram encontrados animais mortos. No segundo evento (19 de novembro de 2012 e 20 de novembro de 2012) foi coletada uma cartela contendo alguns comprimidos e no quinto evento (4 de dezembro de 2012 a 11 de dezembro de 2012) foi encontrado uma cartela com comprimidos intactos e um frasco contendo antisséptico. Já no terceiro evento foram encontrados animais mortos em decomposição, sendo eles um pássaro e um rato.

A figura 30 demonstra-se a relação entre a precipitação pluviométrica e a quantificação dos resíduos de classificação outros (são classificados assim por serem constituídos de variados tipos de materiais em sua composição).

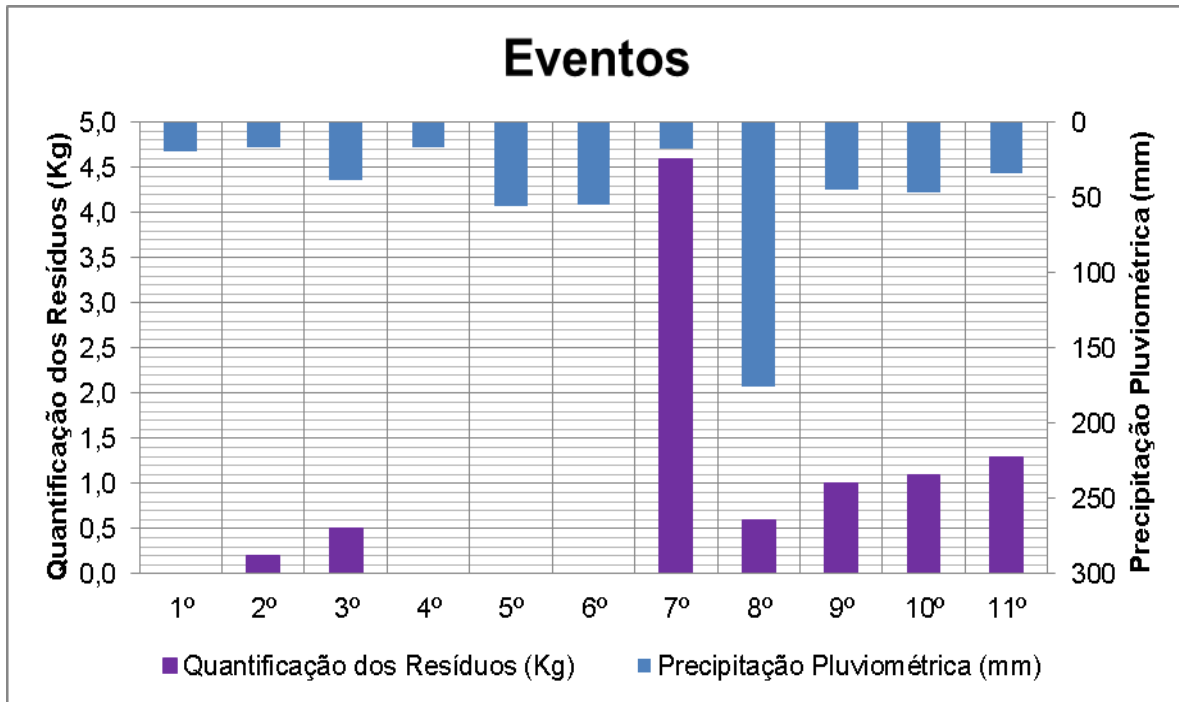


Figura 29 – Relação entre precipitação pluviométrica e quantificação do resíduo de classificação outros

A classe “outros” consiste em sua maioria de calçados, velas, bolas e brinquedos, em diferentes estados de conservação. Possivelmente esses resíduos são jogados diretamente pelos moradores das margens do Arroio Cancela. No entanto, os brinquedos possivelmente alcançavam a rede de retenção de resíduos sólidos em consequência das crianças brincarem próximo às margens do arroio, esquecendo muitas vezes esses que, com o escoamento causado pelas precipitações pluviométricas, eram carregados até o arroio.

3.2.2. Resíduos Orgânicos

Na figura 31 é demonstrada a relação entre a precipitação pluviométrica e a quantificação dos resíduos de classificação marrom A (restos de alimentos).

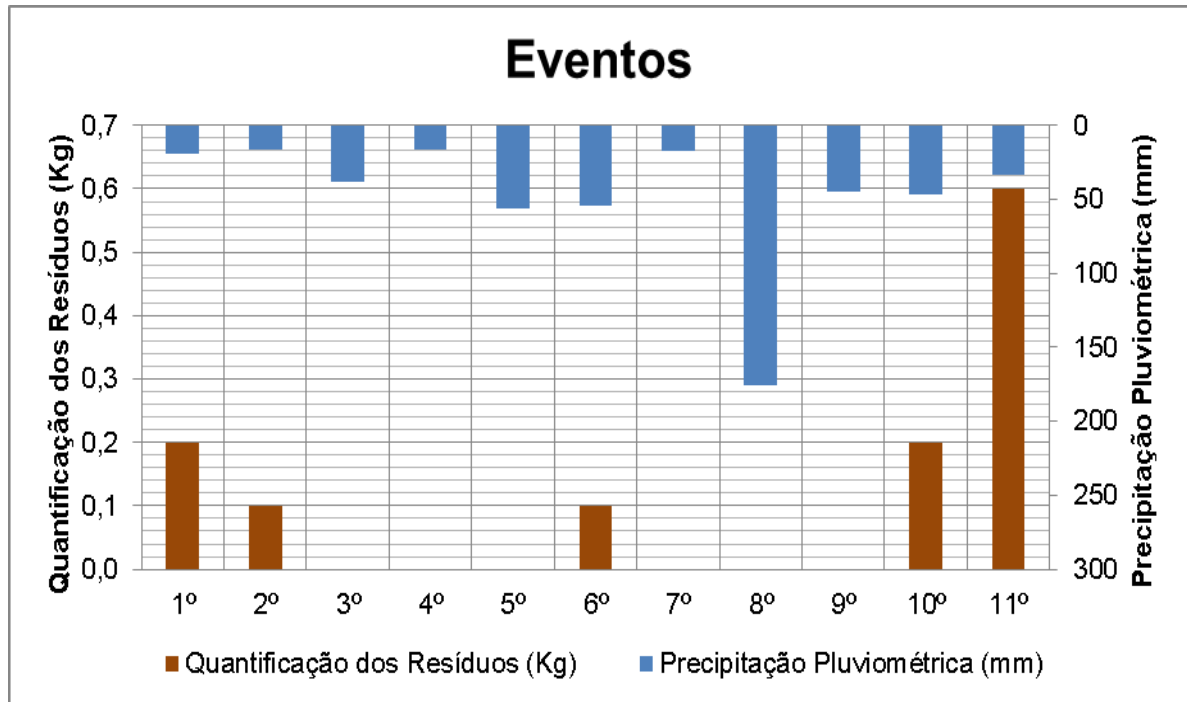


Figura 30 – Relação entre precipitação pluviométrica e quantificação do resíduo de classificação marrom A (restos de alimentos)

A quantidade de resíduos de classificação marrom A (restos de alimentos) e a precipitação pluviométrica não têm relação direta como se pode observar no gráfico acima. Houve apenas cinco eventos com coletas de restos de alimentos (maçãs, cebolas e laranjas), na sua maioria em estado de decomposição elevada apresentando um odor forte.

Na figura 32 é demonstrada a relação entre a precipitação pluviométrica e a quantificação dos resíduos de classificação marrom B (restos de vegetação).

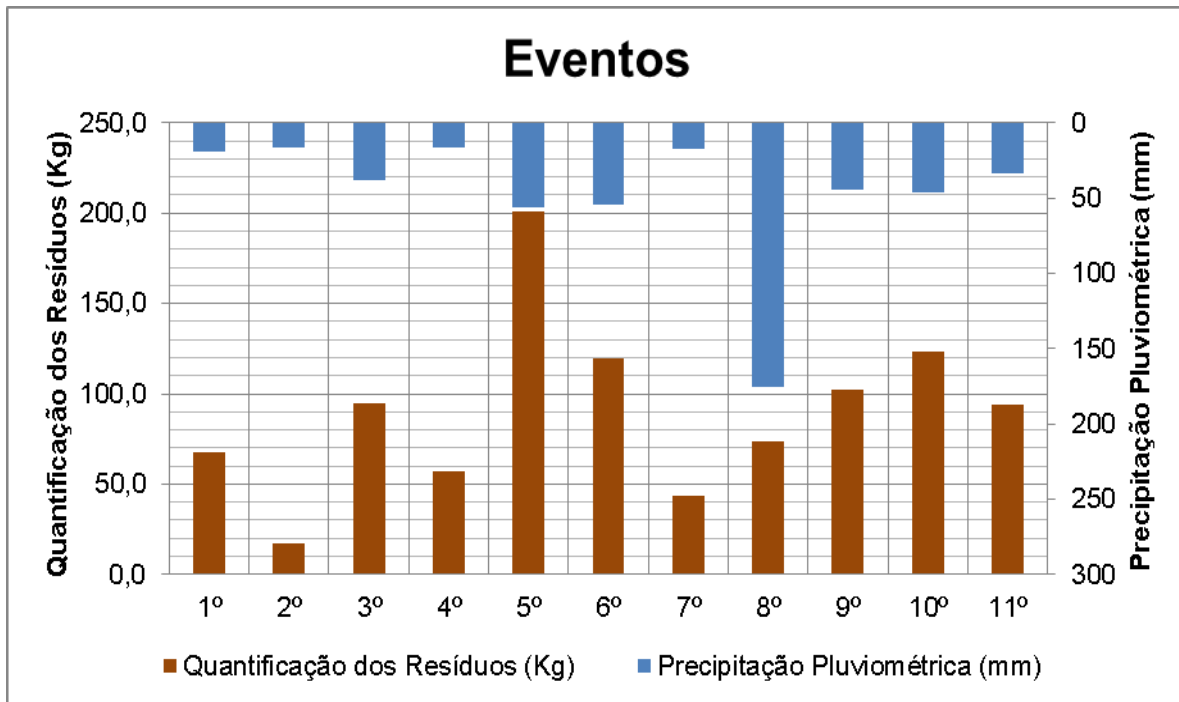


Figura 31 – Relação entre precipitação pluviométrica e quantificação do resíduo de classificação marrom B (restos de vegetação)

A quantidade de resíduos de classificação marrom B (restos de vegetação) e a precipitação pluviométrica têm relação direta como se pode observar na figura 32. Deve-se desconsiderar o oitavo evento (18 de dezembro de 2012 a 28 de dezembro de 2012) por ocorrência de perdas de resíduos sólidos, observado a passagem livre da água juntamente com esses devido ao extravasamento da vazão suportada pela rede de retenção de resíduos neste caso de precipitação pluviométrica de alto volume. Pode-se observar na que a maior quantificação de resíduos de classificação marrom B foi constatado no quinto evento (4 de dezembro de 2012 a 11 de dezembro de 2012). Esse fato ocorreu devido ao arrastamento de uma árvore inteira das margens do Arroio do Cancela provavelmente ocasionado pela força do escoamento da água proveniente da precipitação pluviométrica de alta intensidade (apêndice M), principalmente do dia 11 de dezembro de 2012 em que foi constatada uma precipitação de 23,77 mm em apenas meia hora de duração. A maior quantidade de resíduos coletados durante os onze eventos foram os resíduos sólidos de classificação marrom B, com 993,4 kg, ou seja, equivalente a incríveis 93,9% do total de resíduos retidos pela rede de retenção de resíduos sólidos.

Na figura 33 demonstra-se a relação entre a precipitação pluviométrica e a quantificação dos resíduos de classificação preto A (madeira processada).

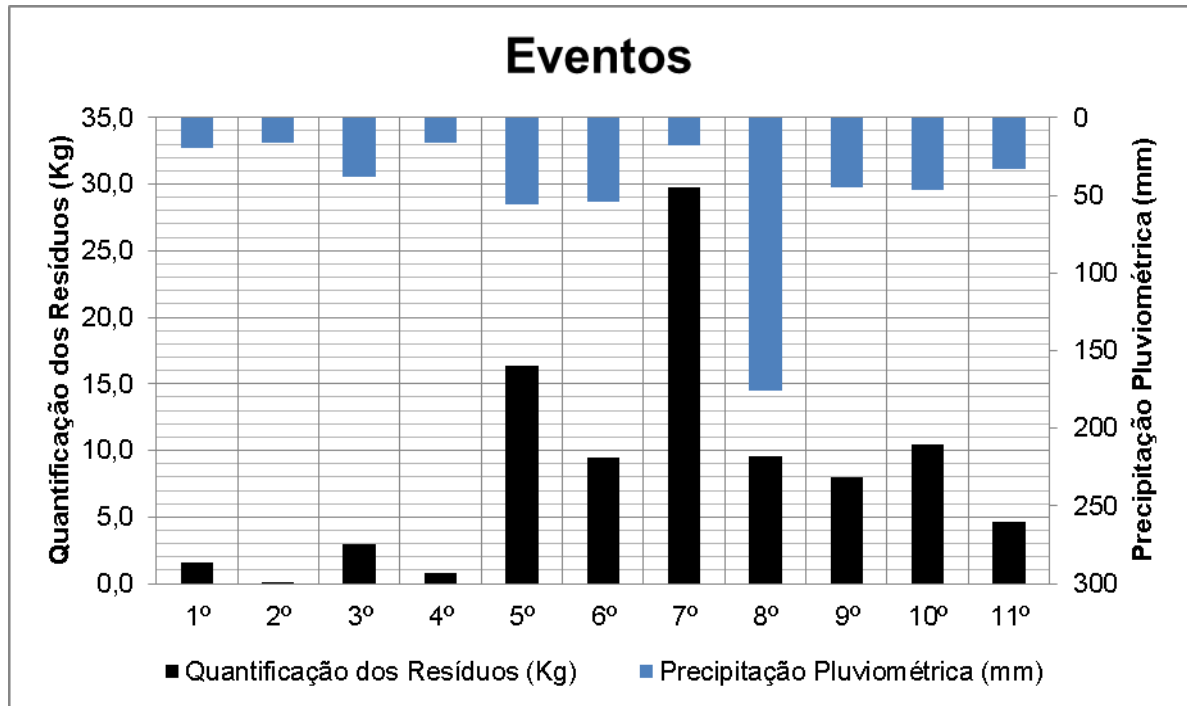


Figura 32 – Relação entre precipitação pluviométrica e quantificação do resíduo de classificação preto A (madeira processada)

Os resíduos de classificação preto A (madeira processada) são resíduos jogados pela população no arroio, apesar de ser considerado um resíduo orgânico, diferentemente dos resíduos de classificação marrom B (restos de vegetação) que são lançados no arroio por meio de processo natural, ou seja, sem intervenção antrópica. Não há uma relação direta entre esse tipo de resíduo e a precipitação pluviométrica, devido ao mesmo provavelmente ser utilizado eventualmente.

3.3. Modelagem de previsão de resíduos sólidos urbanos

3.3.1. Curva de previsão de resíduos sólidos urbanos

Na tabela 12 têm-se os dados de precipitação e resíduos sólidos urbanos totais quantificados em cada um dos eventos pluviosos registrados. Estes dados foram posteriormente utilizados para geração de equação econométrica com o uso de planilha Excel.

Tabela 12 – Total de resíduos sólidos urbanos quantificados e precipitação pluviométrica por evento pluvioso.

Data dos eventos	Precipitação (mm) Variável independente (X)	Total de resíduos (kg) Variável dependente (Y)
10/11/2012 a 13/11/2012	19,60	72,6
19/11/2012 e 20/11/2012	16,41	18,3
22/11/2012 a 24/11/2012	38,43	100,9
01/12/2012	16,38	59,5
04/12/2012 a 11/12/2012	55,84	219,3
12/12/2012 e 13/12/2012	54,35	131,4
16/12/2012 e 17/12/2012	17,72	84,4
18/12/2012 a 28/12/2012	175,43	89,5
31/12/2012 e 01/01/2013	44,62	119,5
05/01/2013 e 06/01/2013	46,63	148,4
07/01/2013 e 08/01/2013	33,53	109,4

A figura 34 demonstra a curva da produção total de resíduos sólidos urbanos gerados em função da precipitação pluviométrica ocorrida, no qual, com base nesta curva, é originada a função $y = 0,2296x + 94,007$ que corresponde a relação entre a precipitação pluviométrica e o arrastamento de resíduos sólidos no Arroio Cancela. A interpretação da equação foi realizada da seguinte maneira: se X (precipitação pluviométrica) aumentar em um milímetro, Y (resíduos sólidos drenados) aumentará em 0,2296 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 são explicados em 3,95% pela variação da precipitação pluviométrica. O coeficiente de correlação r^2 encontrado possui um valor insignificante para que seja obtida uma equação correspondente à relação entre a precipitação pluviométrica e o arrastamento de resíduos sólidos.

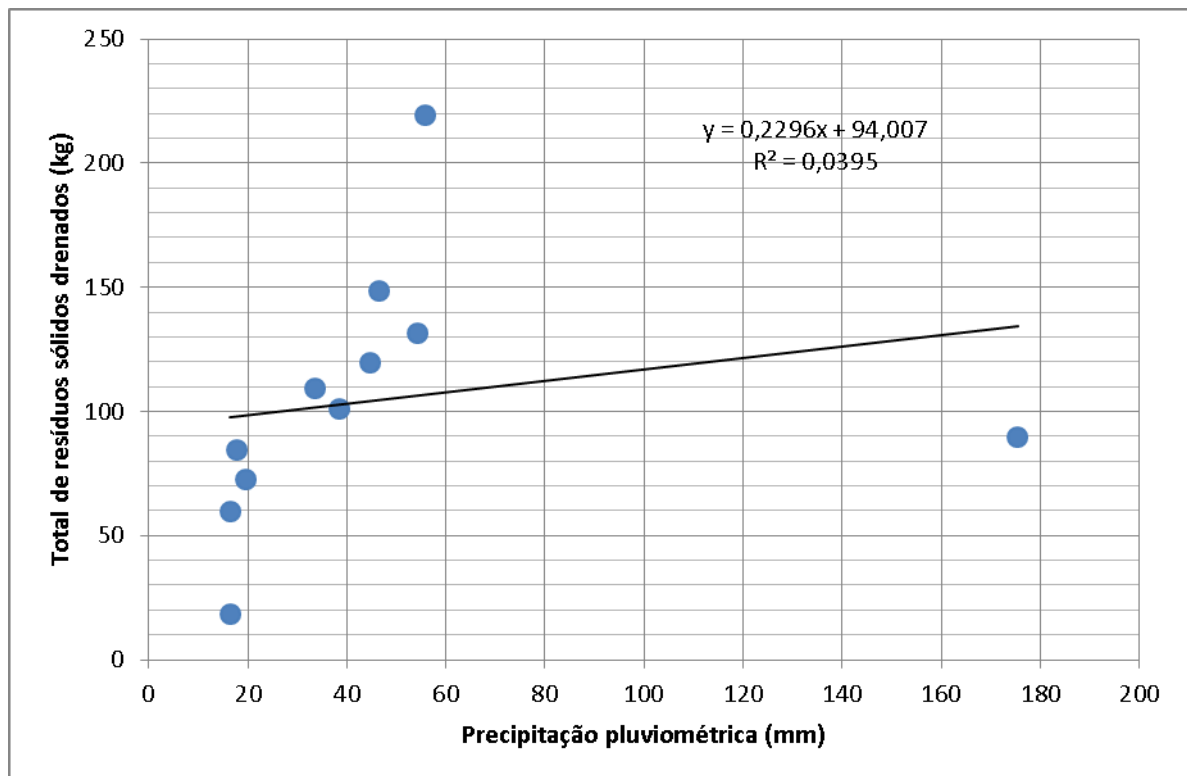


Figura 33 – Correlação entre massa de resíduos sólidos urbanos transportados e a precipitação pluviométrica durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí

Pode-se observar na figura 34 que, por conta do oitavo evento (18 de dezembro de 2012 a 28 de dezembro de 2012) apresentar uma elevada precipitação pluviométrica, comprometeu assim a função encontrada e, com isso, a curva em função da precipitação pluviométrica registrada. O oitavo evento obteve grandes perdas de material em consequência da elevada precipitação pluviométrica. Para ser ajustada a função deve-se desconsiderar este evento, obtendo assim uma curva da produção total de resíduos sólidos gerados, como é verificado na figura 35.

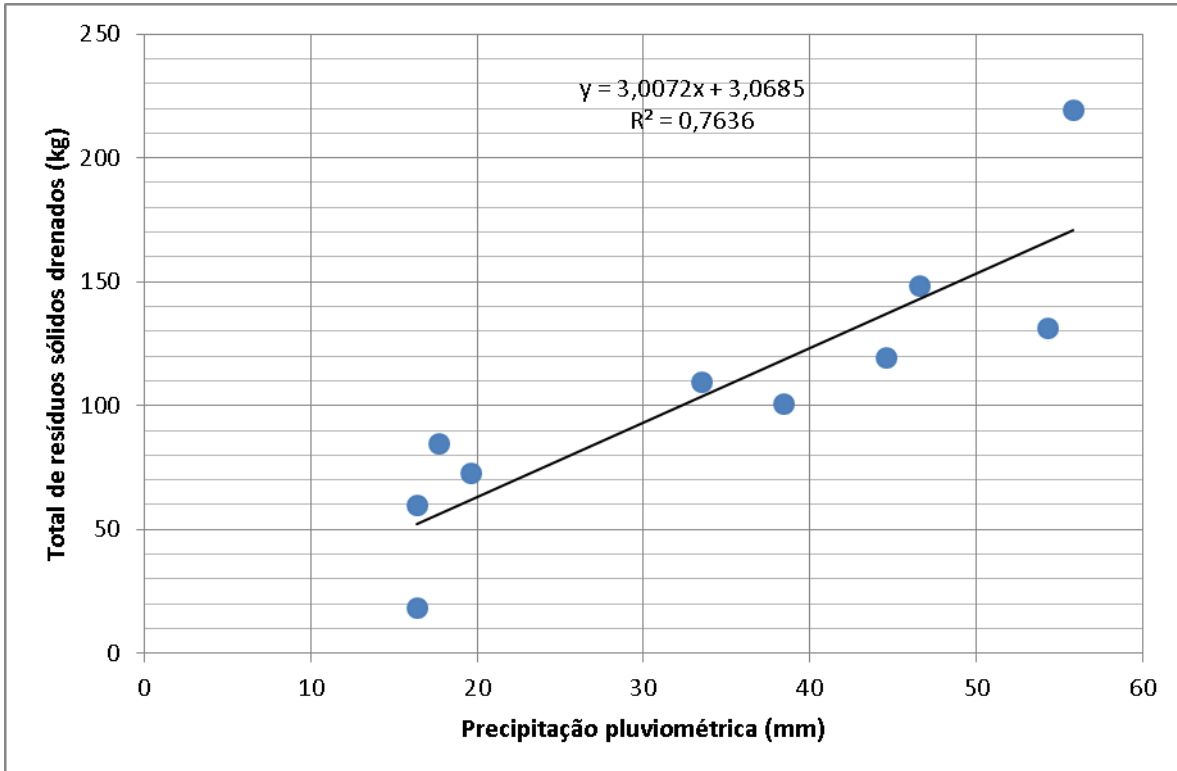


Figura 34 – Correlação entre massa de resíduos sólidos urbanos transportados e a precipitação pluviométrica durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí

A figura 35 demonstra a curva da produção total de resíduos sólidos urbanos gerados em função da precipitação pluviométrica ocorrida, no qual, com base nesta curva, é originada a função $y = 3,0072x + 3,0685$ que corresponde a relação entre a precipitação pluviométrica e o arrastamento de resíduos sólidos no Arroio Cancela. A interpretação da equação fica então da seguinte maneira: se a precipitação pluviométrica aumentar em 1 (um) milímetro, Y (resíduos sólidos drenados) aumentará em 3,0072 kg. Os valores de Resíduos Sólidos Drenados, com o uso do coeficiente de correlação r^2 , são explicados em 76,36% pela variação da precipitação pluviométrica, comparado com apenas 3,95% encontrado anteriormente a retirada do oitavo evento para a confecção da curva de resíduos sólidos carreados em função da precipitação pluviométrica.

Brites e Gastaldini (2005) afirmam 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).

A tabela 13 apresenta o total de resíduos sólidos quantificados para cada evento, juntamente com as características da precipitação pluviométrica.

Tabela 13 – Total de resíduos sólidos quantificados e as características da precipitação para cada evento monitorado na Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí.

Data dos Eventos	Precipitação (mm)	Total de resíduos (kg)	Intensidade Média (mm/h)	Intensidade Máxima (mm/h)	PTSA (dias)
10/11/2012 a 13/11/2012	19,6	72,6	0,73	8,08	10
19/11/2012 e 20/11/2012	16,41	18,3	1,37	7,03	6
22/11/2012 a 24/11/2012	38,43	100,9	1,83	9,93	2
01/12/2012	16,38	59,5	3,28	15,72	7
04/12/2012 a 11/12/2012	55,84	219,3	1,43	29,24	3
12/12/2012 e 13/12/2012	54,35	131,4	2,72	9,27	1
16/12/2012 e 17/12/2012	17,72	84,4	3,54	17,26	3
18/12/2012 a 28/12/2012	175,43	89,5	1,95	15,05	1
31/12/2012 e 01/01/2013	44,62	119,5	6,37	30,61	3
05/01/2013 e 06/01/2013	46,63	148,4	3,11	20,98	4
07/01/2013 e 08/01/2013	33,53	109,4	2,58	14,85	1

O transporte de resíduos sólidos apresentou tendência crescente com o aumento da precipitação pluviométrica. Para uma melhor análise seriam necessários

mais eventos com características semelhantes, possibilitando assim uma correlação múltipla entre os parâmetros, pois o transporte de resíduos está relacionado a mais de um parâmetro, como intensidade máxima de precipitação, volume escoado e pela disponibilidade de resíduos sólidos sobre a superfície da bacia.

O total de resíduos sólidos drenados durante os eventos não apresentaram correlação com o período de tempo seco antecedente ao evento, provavelmente devido a varrição de ruas, coleta de resíduos, etc..

3.4 Contribuição da intensidade de precipitação pluviométrica na produção de resíduos sólidos drenados

Através do monitoramento realizado no Arroio Cancela em Santa Maria foram recolhidos dados da intensidade e frequência de precipitações pluviométricas entre 2012 e 2013 (Tabela 14), para então ser elaborada uma comparação com os resíduos sólidos carreados até o local.

Tabela 14 – Dados relativos à intensidade, precipitação pluviométrica e resíduos sólidos drenados por evento acompanhado.

Eventos	Precipitação (mm)	Intensidades máximas (mm/h)	Picos de chuva	Duração do evento (horas)	Resíduos sólidos (kg)
1º	19,6	4,40/8,08	2	76	72,6
2º	16,41	7,03/4,93	2	44	18,3
3º	38,43	3,61/4,17/6,10/9,93	4	38	100,9
4º	16,38	15,72	1	9	59,5
5º	55,84	8,68/3,72/29,24	3	163	219,3
6º	54,35	4,29/4,04/9,27/4,04/4,48	5	24	131,4
7º	17,72	17,26	1	8	84,4
8º	175,43	10,04/7,90/5,26/11,58/3,63 /3,99/5,16/8,24/5,79/4,75/4 ,50/8,55/6,12/15,05/10,09/ 5,77/3,89/3,51/4,88	19	229	89,5
9º	44,62	30,61/6,3	2	8	119,5
10º	46,63	20,98/10,02/5,66	3	21	148,4
11º	33,53	14,85/13,26	2	19	109,4

No primeiro evento em que foi efetuada a coleta, a ocorrência de precipitação pluviométrica acumulada entre os dias 10 de novembro de 2012 e 13 de novembro de 2012 resultou em 19,6mm, no qual houve pouco arrastamento de resíduos inorgânicos. Do total precipitado, 8,08mm ocorreu em apenas uma hora, o que representa quase 42% de todo o evento. O evento aconteceu em 76 horas com um arrastamento de 72,6kg de resíduos (Figura 36).

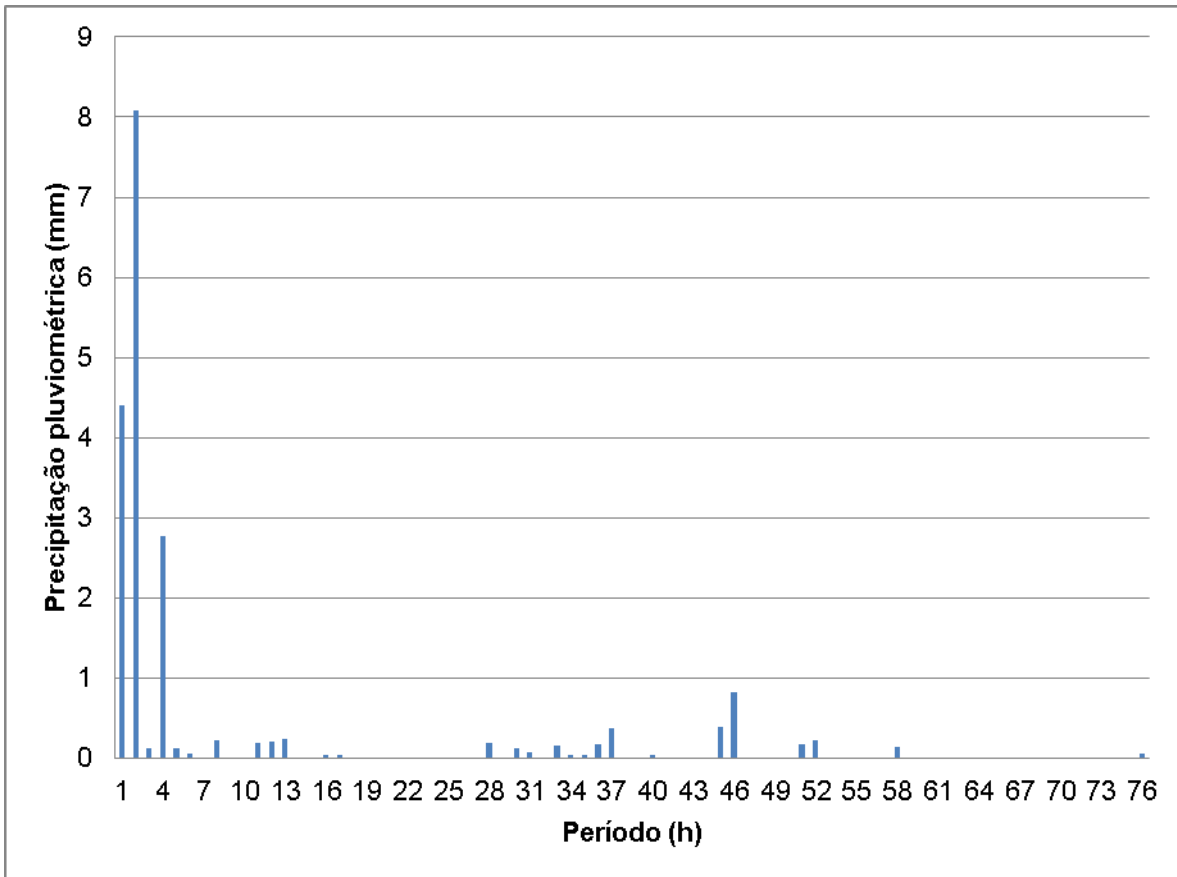


Figura 35 – Precipitação pluviométrica durante o primeiro evento de coleta de resíduos sólidos drenados

O segundo evento (Figura 37) ocorreu nos dias 19 de novembro de 2012 e 20 de novembro de 2012. A precipitação pluviométrica acumulada foi a segunda menor registrada em todo o trabalho, com 16,41mm em 44 horas. Logo no início do evento foi apresentada uma precipitação pluviométrica com intensidade de 7,03mm/h e outro pico em sequência 2 horas depois com 4,93mm/h. O evento registrou um arrastamento de apenas 18,3kg de resíduos sólidos drenados, sendo esse contabilizado como o que possui a menor quantificação de resíduos e, portanto, a menor massa desses.

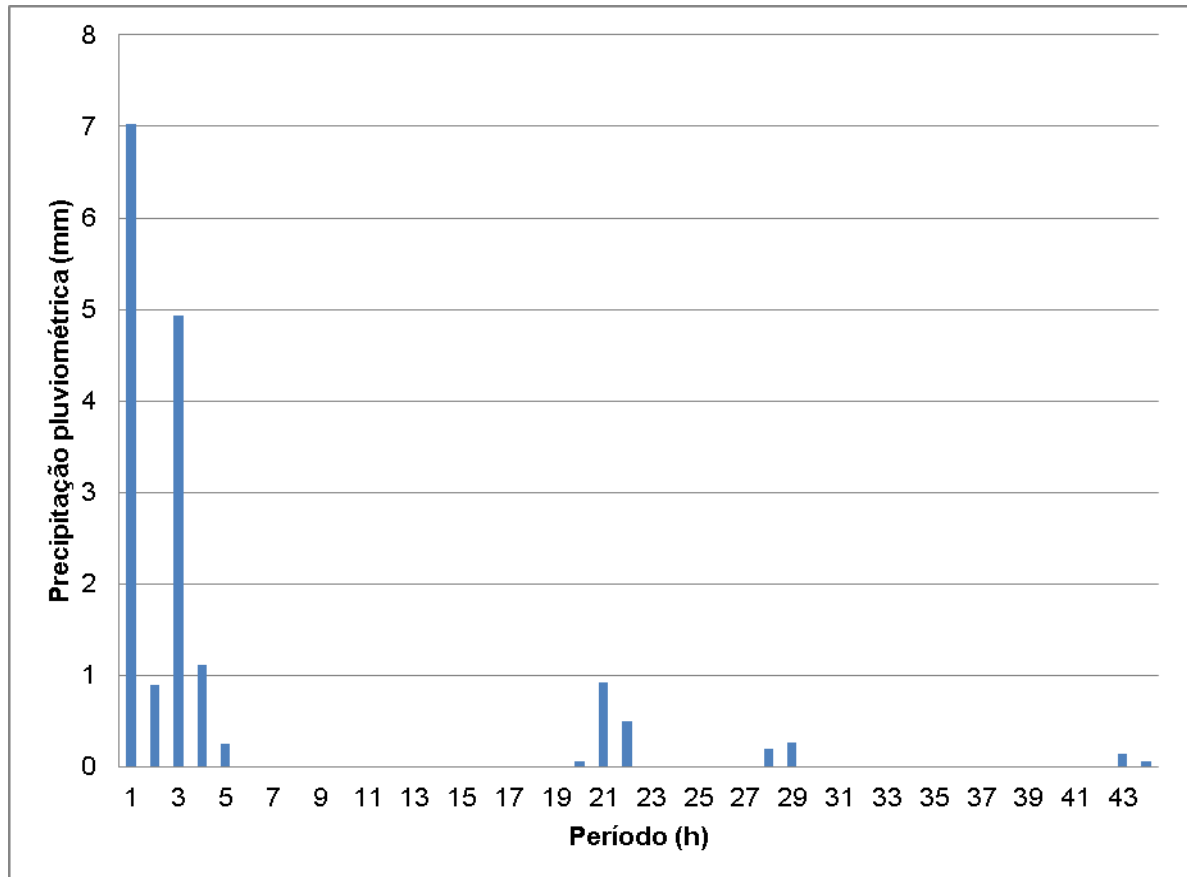


Figura 36 – Precipitação pluviométrica durante o segundo evento de coleta de resíduos sólidos drenados

O terceiro evento (Figura 38) ocorreu nos dias 22 de novembro de 2012 a 24 de novembro de 2012. A precipitação pluviométrica total registrada foi de 38,43mm em 38 horas de evento. Deve-se destacar o pico registrado durante a precipitação pluviométrica com intensidade de 9,93 mm/h. Este evento registrou um carreamento de 100,9kg de resíduos sólidos drenados.

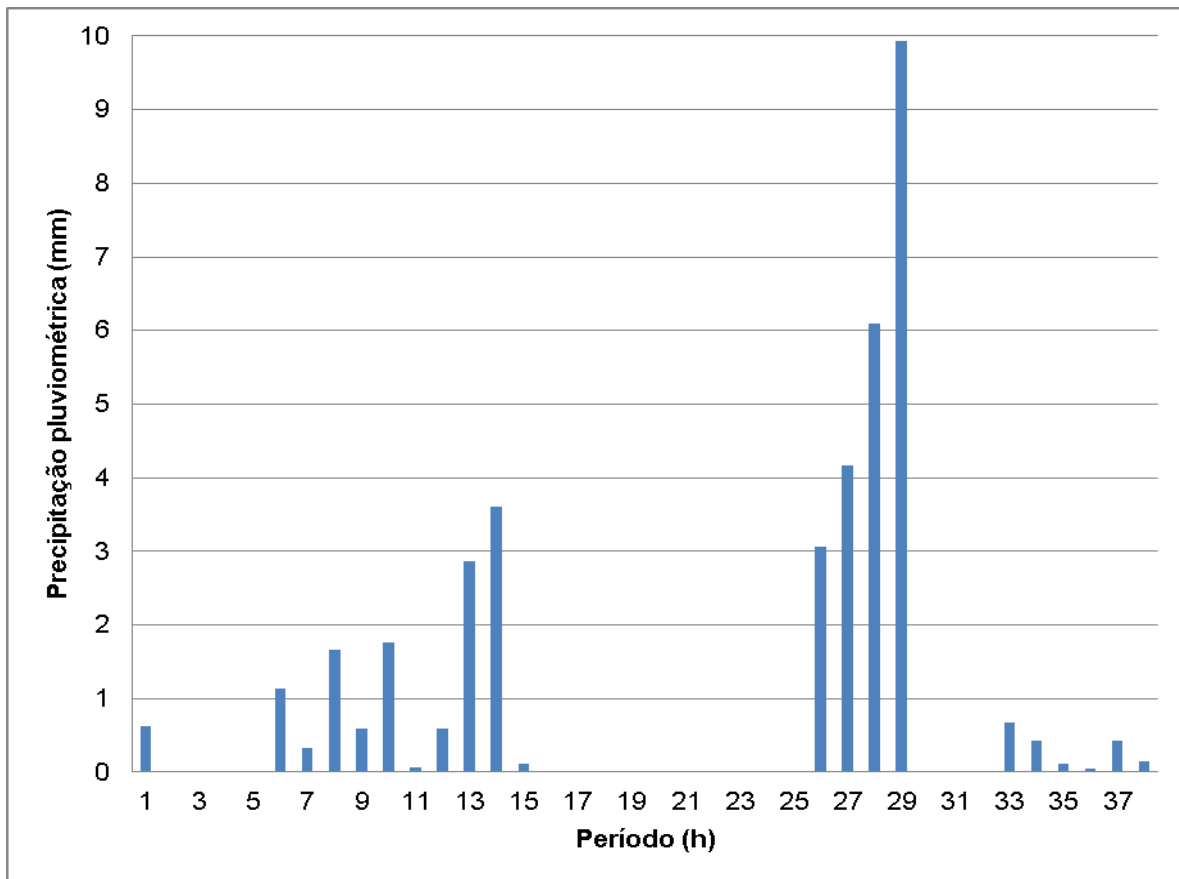


Figura 37 – Precipitação pluviométrica durante o terceiro evento de coleta de resíduos sólidos drenados

No quarto evento (Figura 39), ocorrido no dia 1º de dezembro de 2012, a precipitação pluviométrica total foi a menor registrada em todo o trabalho, com 16,38mm em apenas 9 horas de evento. Embora o registro de precipitação pluviométrica tenha sido baixo e a duração do evento uma das menores catalogadas, a intensidade da precipitação foi um tanto elevada com um valor de 15,72mm em apenas uma hora de evento, ou seja, 96%. Este evento registrou um carreamento de 59,5kg de resíduos sólidos drenados.

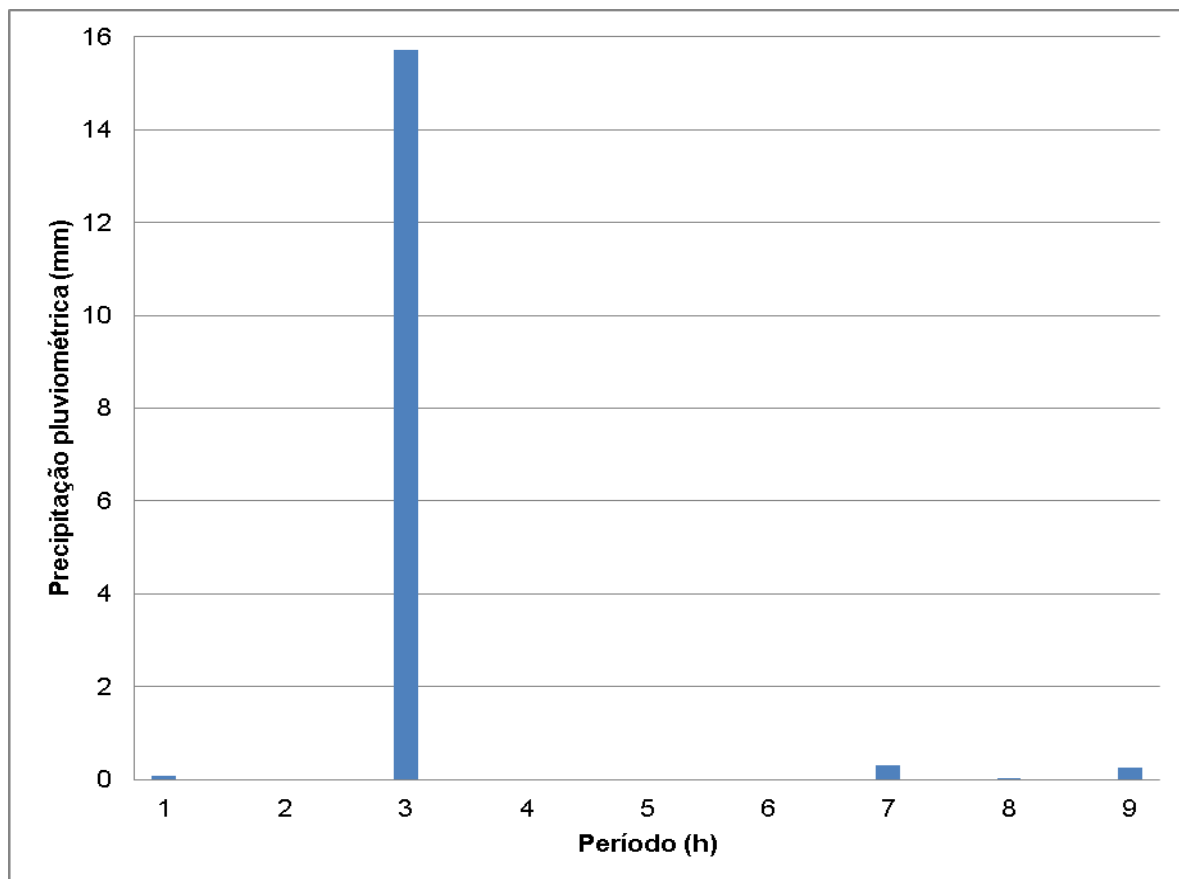


Figura 38 – Precipitação pluviométrica durante o quarto evento de coleta de resíduos sólidos drenados

O quinto evento (Figura 40) ocorreu nos dias 4 de dezembro de 2012 a 11 de dezembro de 2012. A precipitação pluviométrica total registrada foi de 55,84mm em 163 horas de evento. Esse começou com um pico de precipitação pluviométrica com intensidade de 8,68 mm/h e um pico no final do evento, com incríveis 29,24 mm/h, perfazendo um total de dois picos de precipitação pluviométrica para 219,3kg de resíduos sólidos drenados quantificados.

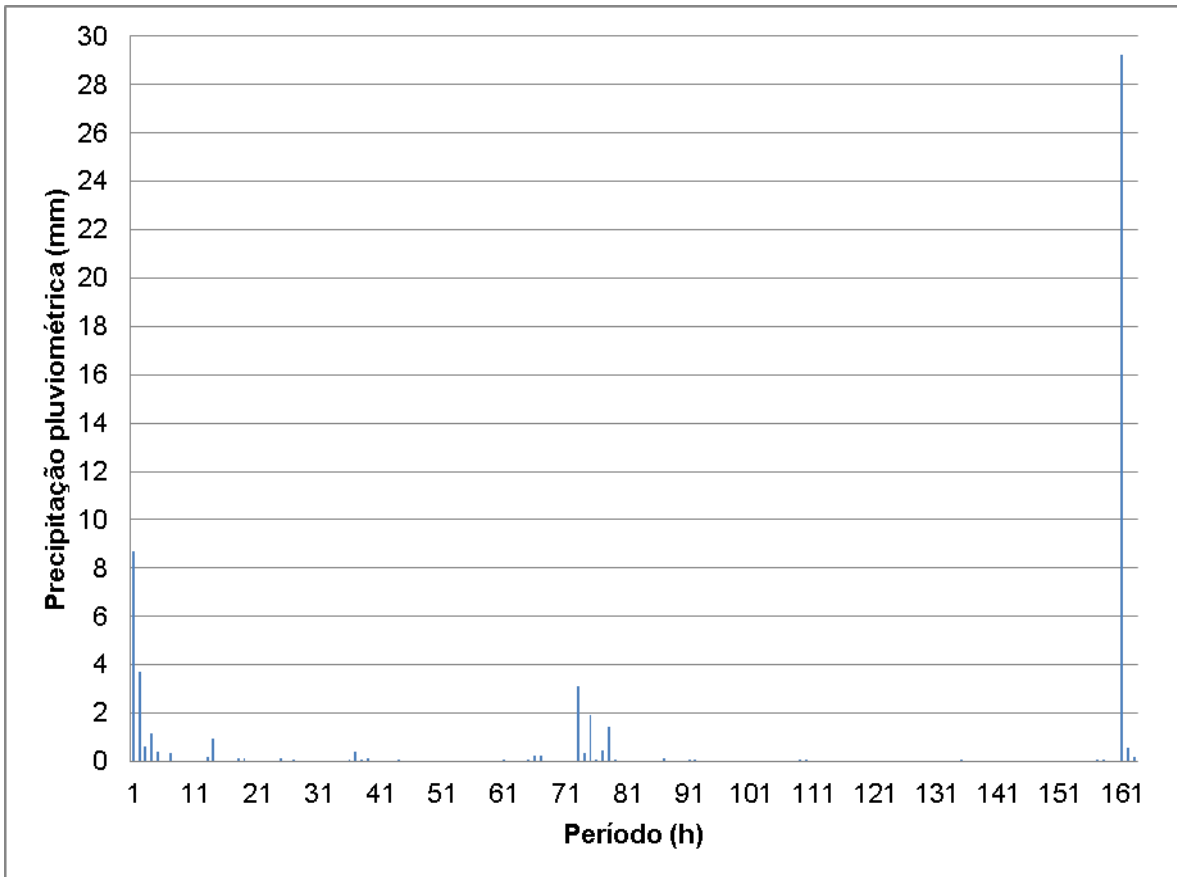


Figura 39 – Precipitação pluviométrica durante o quinto evento de coleta de resíduos sólidos drenados

O sexto evento (Figura 41) ocorreu nos dias 12 de dezembro de 2012 e 13 de dezembro de 2012 com uma precipitação pluviométrica total registrada de 54,35mm em 24 horas de evento. Este evento possuiu uma precipitação muito bem distribuída em todas as 24 horas registradas com apenas um pico relevante de 9,27mm em uma hora de duração. Este evento registrou um carreamento de 131,4kg de resíduos sólidos drenados quantificados. Observa-se uma precipitação pluviométrica semelhante ao quinto evento, ao contrário do valor de resíduos sólidos drenados quantificados com uma diferença de 87,9kg de um para o outro. Isso deve-se provavelmente devido a intensidade de chuva produzida no final do quinto evento muito superior ao registrado em qualquer hora do sexto evento, fazendo assim que ocorresse maior carreamento de resíduos.

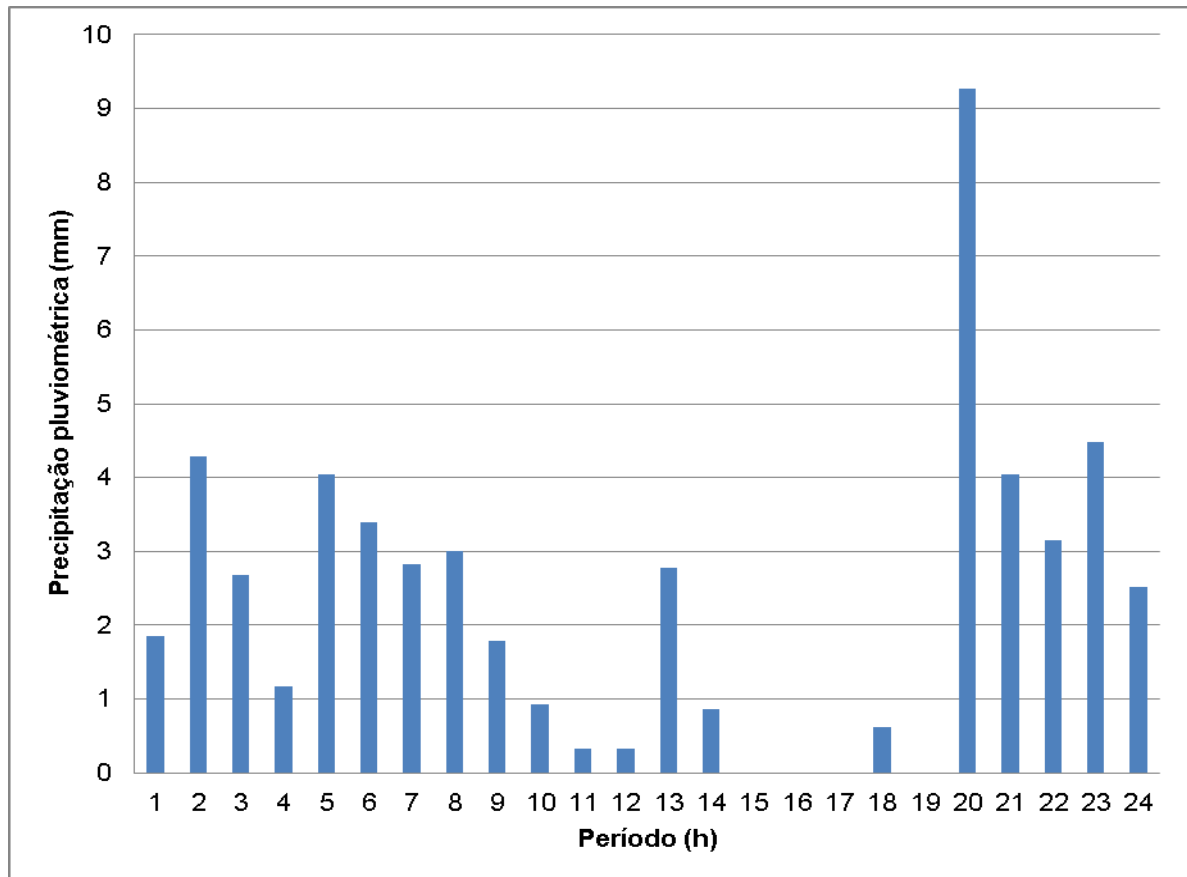


Figura 40 – Precipitação pluviométrica durante o sexto evento de coleta de resíduos sólidos drenados

O sétimo evento (Figura 42) ocorreu nos dias 16 de dezembro de 2012 e 17 de dezembro de 2012 com uma precipitação pluviométrica total registrada de 17,72mm em oito horas de evento. Este evento registrou um carreamento de 84,4kg de resíduos sólidos drenados quantificados. Logo no início do evento foi apresentada uma precipitação pluviométrica com intensidade de 17,26mm na primeira hora de evento. Pode-se destacar que 97,4% do total precipitado aconteceram em apenas uma hora de duração. Esta intensidade de precipitação pluviométrica é um tanto elevada considerando o baixo valor precipitado e o fato de que este evento foi catalogado como um dos eventos de menor duração registrado em todo o trabalho.

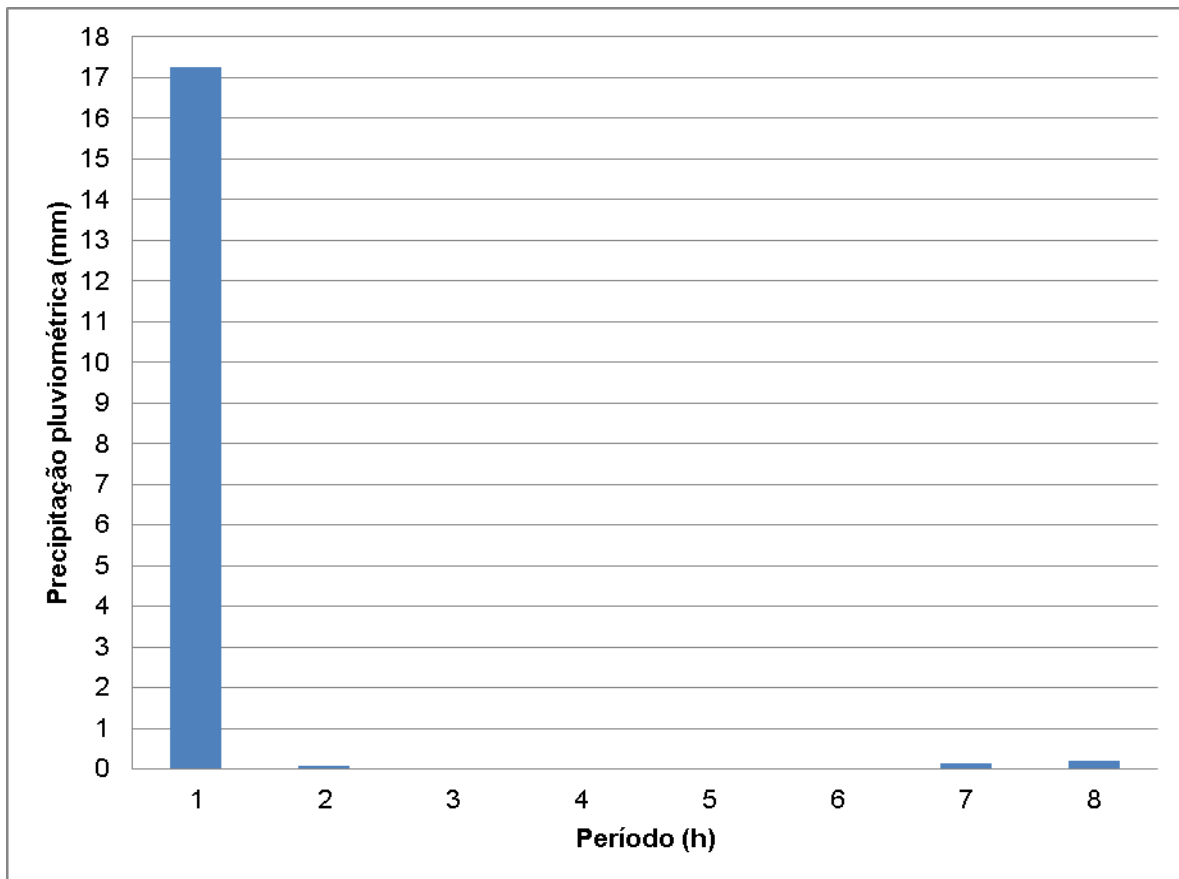


Figura 41 – Precipitação pluviométrica durante o sétimo evento de coleta de resíduos sólidos drenados

No oitavo evento (Figura 43), no qual aconteceu nos dias 18 de dezembro de 2012 a 28 de dezembro de 2012, foi registrada uma precipitação pluviométrica total de 175,43mm em 230 horas de evento. Esse foi considerado o maior evento de todos os registrados, devido principalmente por ter acontecido durante o feriado de natal, onde era dificultoso de encontrar ajuda para realizar as coletas. Foi registrado um carregamento de 89,5kg de resíduos sólidos drenados quantificados, sendo considerado extremamente baixo frente ao maior valor precipitado entre todos os eventos, sendo explicado por ter havido perda de material durante o arrastamento a jusante da rede de retenção. Foram registrados dezenove picos de precipitação pluviométrica, de 3,51mm a 15,05mm.

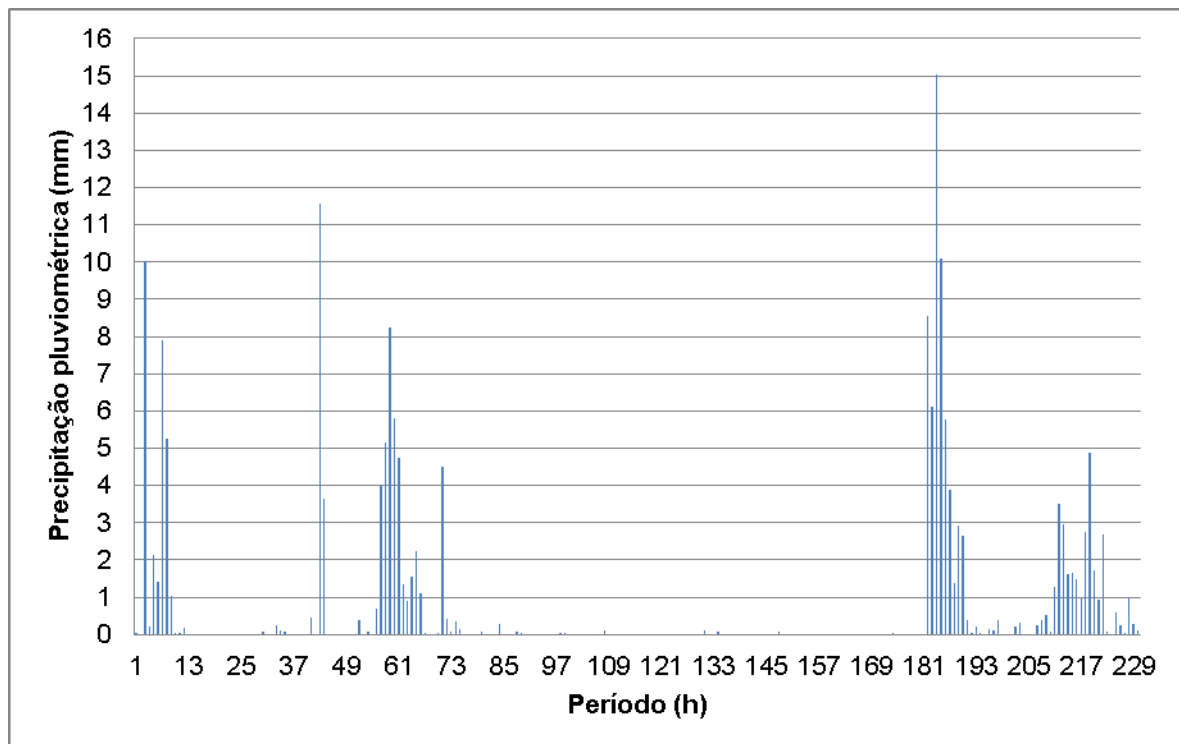


Figura 42 – Precipitação pluviométrica durante o oitavo evento de coleta de resíduos sólidos drenados

O nono evento (Figura 44) ocorreu nos dias 31 de dezembro de 2012 e 1º de janeiro de 2013 com uma precipitação pluviométrica total registrada de 44,62mm em oito horas de evento. Este evento registrou um carregamento de 119,5kg de resíduos sólidos drenados quantificados. Logo no início do evento foi apresentada uma precipitação pluviométrica com intensidade de 30,61mm na primeira hora de evento. Esta intensidade de precipitação pluviométrica é um tanto elevada considerando o pequeno intervalo de tempo e o fato de que este evento foi catalogado como um dos eventos de menor duração registrado em todo o trabalho.

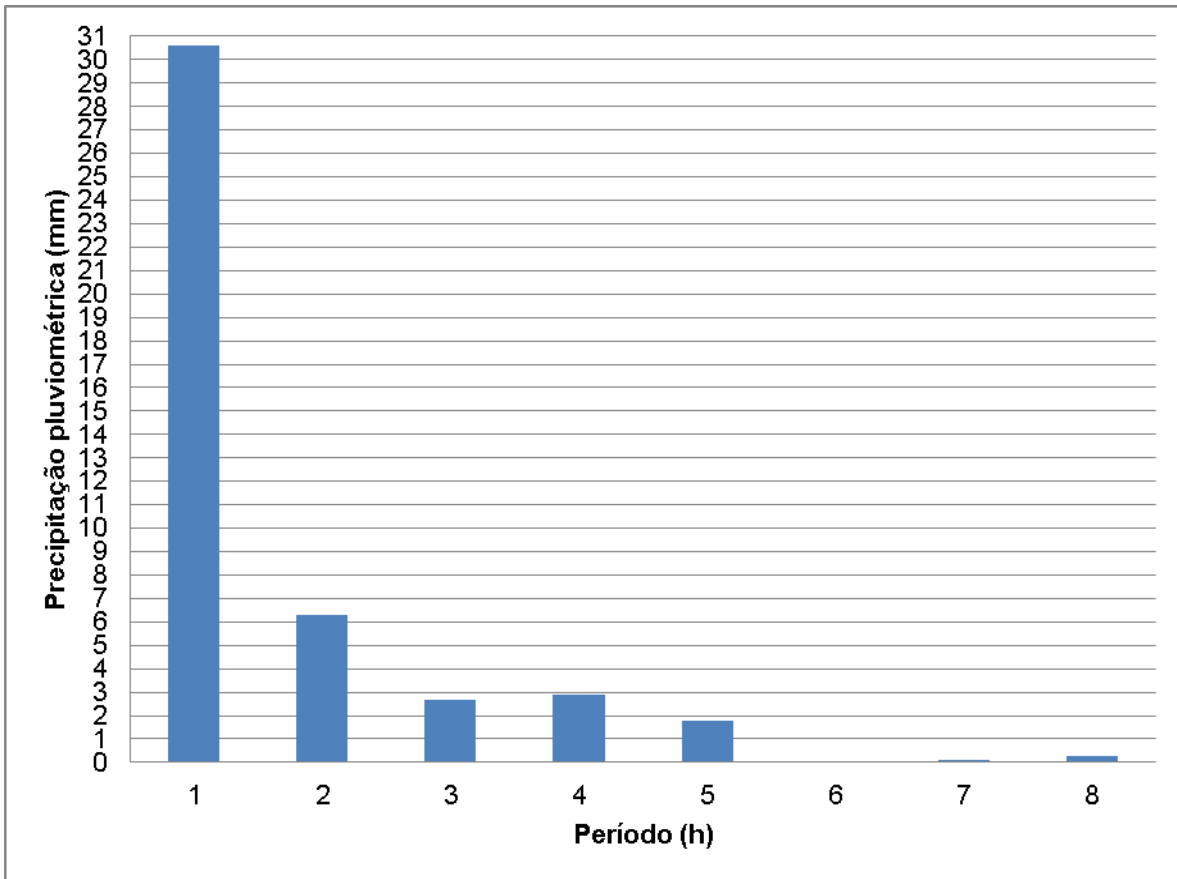


Figura 43 – Precipitação pluviométrica durante o nono evento de coleta de resíduos sólidos drenados

No décimo evento (Figura 45), no qual aconteceu nos dias 5 de janeiro de 2013 e 6 de janeiro de 2013, foi registrada uma precipitação pluviométrica total de 46,63mm em 21 horas de evento. Registrou-se um carreamento de 148,4kg de resíduos sólidos drenados quantificados, sendo considerado alto, o segundo maior registrado. Foram registrados três picos de precipitação pluviométrica, de 20,98mm, 10,02mm e 5,66mm. Nas primeiras quatro horas do evento quantificou-se 40,15mm precipitado, ou seja, 86% do evento.

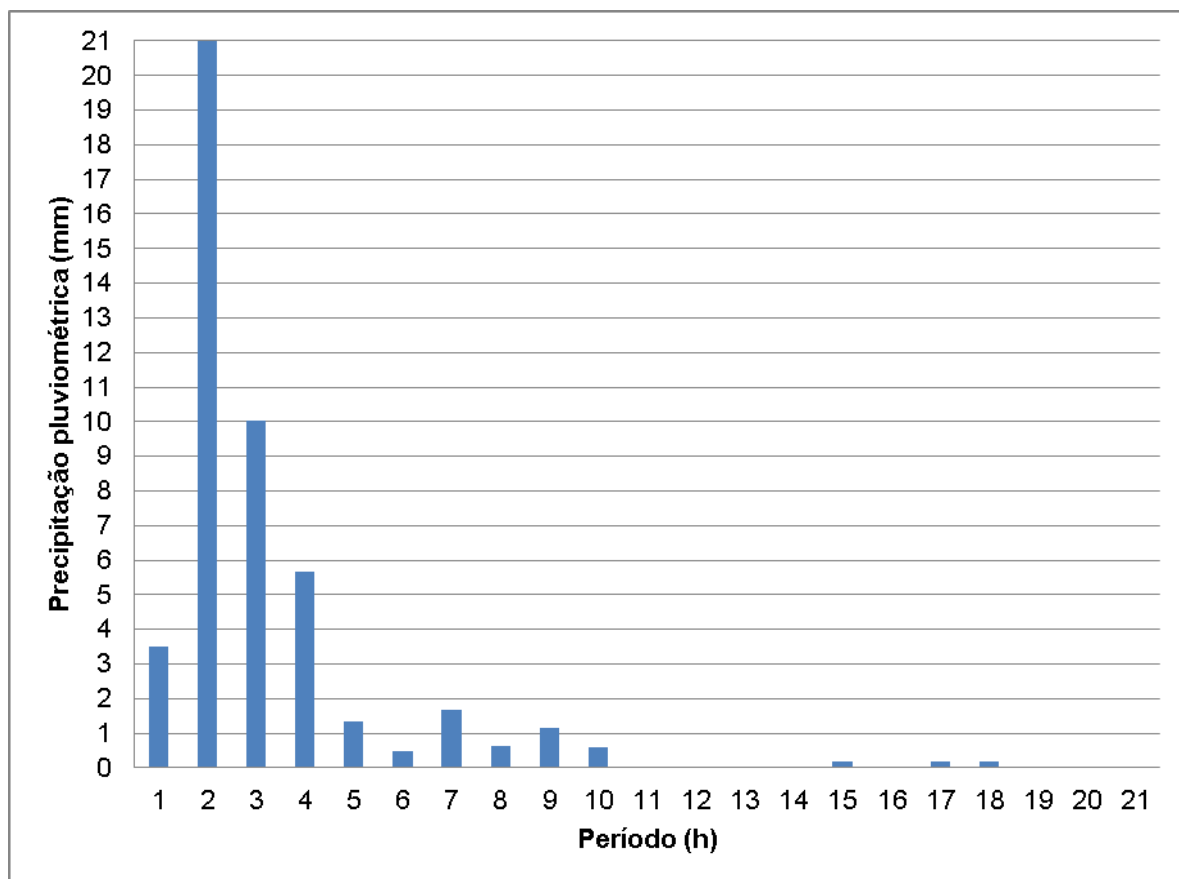


Figura 44 – Precipitação pluviométrica durante o décimo evento de coleta de resíduos sólidos drenados

O décimo primeiro evento (Figura 46) ocorreu nos dias 7 de janeiro de 2013 e 8 de janeiro de 2013 com uma precipitação pluviométrica total registrada de 33,53mm em 19 horas de evento. Este evento registrou um carreamento de 109,4kg de resíduos sólidos drenados quantificados. Foram registrados dois picos de precipitação pluviométrica, sendo um de 14,85mm na segunda hora e o outro de 13,26mm na terceira hora a partir do início do evento.

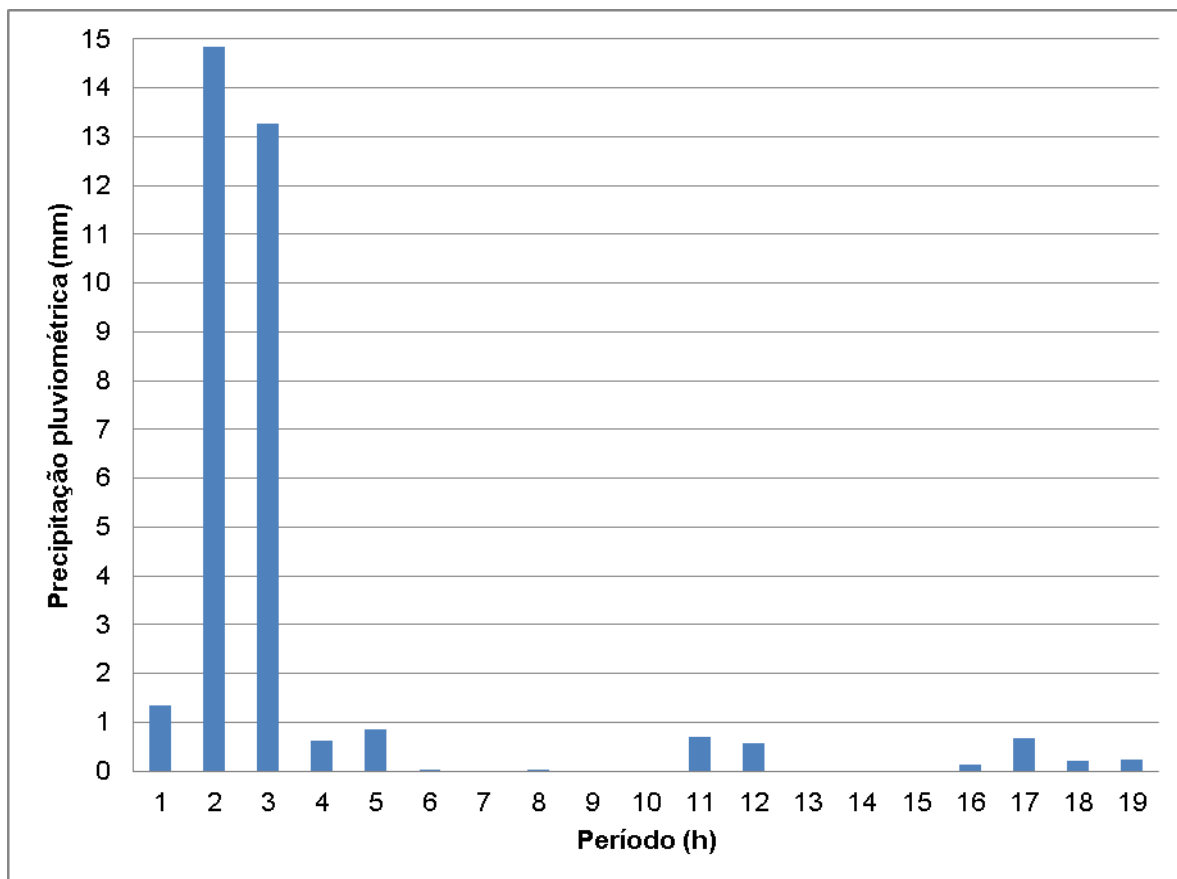


Figura 45 – Precipitação pluviométrica durante o décimo primeiro evento de coleta de resíduos sólidos drenados

Após a análise dos resultados, pode-se perceber que a quantificação dos resíduos que foram drenados no Arroio Cancela tem relação direta com a intensidade das precipitações pluviométricas e/ou o tempo de duração de cada evento pluviométrico.

3.5. Comparação dos resultados encontrados

Foi realizada uma compilação dos dados estudados em Santa Maria por diferentes autores para produzir uma quantificação comparativa entre as bacias estudadas. Brites (2005) executou a quantificação de resíduos sólidos drenados em duas bacias diferentes, a Bacia Hidrográfica Cancela e a Bacia Hidrográfica Alto da Colina. Salles (2010) avaliou a Bacia Hidrográfica Escola Urbana.

Na tabela 15 é apresentada a quantificação comparativa entre bacias do município de Santa Maria estudados por diferentes autores.

Tabela 15 – Quantificação Comparativa entre bacias do município de Santa Maria.

	Cancela Tamandaí		Escola Urbana Salles (2010)		Cancela Brites (2005)		Alto da Colina Brites (2005)	
Área (km²)	2,67		0,57		4,95		3,34	
Precipitação (mm)	518,94		290,7		388,29		382,83	
CLASSE INORGÂNICA	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%
Vermelho	28,3	2,5	305,6	13,8	256,3	11,8	64,0	24,7
Amarelo	4,1	0,4	12,7	0,6	6,1	0,2	3,4	0,8
Verde A	9,2	0,8	19,3	0,9	16,4	0,4	3,3	1,0
Verde B	10,7	0,9	32,1	1,4	18,1	0,6	1,3	0,5
Azul	0,0	0,0	18,1	0,8				
Preto B	2,1	0,2	40,7	1,8				
Laranja	0,1	0,0	0,5	0,0				
Branca	1,0	0,1	15,0	0,7				
Outros	9,3	0,8	140,5	6,3	188,8	7,0	13,1	3,8
CLASSE ORGÂNICA								
Marrom A	1,2	0,1	0,0	0,0				
Marrom B	993,4	86,1	1504,7	67,8				
Preto A	93,8	8,1	131,0	5,9				
Orgânicos Totais	1088,4	94,3	1635,7	73,7	2288,3	80,0	216,5	69,1
TOTAL	1153,2	100	2220,2	100	2774,0	100	301,6	100

A Bacia Hidrográfica Cancela possuía 18082 habitantes em 2005 e uma área total de 4,95 km², enquanto a Bacia Hidrográfica Alto da Colina possuía 1972 habitantes e uma área total de 3,34 km², conforme Brites (2005).

O número de habitantes da Bacia Hidrográfica Escola Urbana não foi mencionado no trabalho apresentado por Salles (2010), dificultando a realização de uma comparação mais detalhada. No entanto, é afirmado que a bacia Escola Urbana possui 0,57 km².

A contribuição de resíduos sólidos em função de sua área e do número de habitantes das bacias hidrográficas apresentam-se na tabela 16.

Tabela 16 – Contribuição de resíduos sólidos em função da área e do número de habitantes das bacias hidrográficas.

Bacia Hidrográfica	Matéria Orgânica		Matéria Inorgânica		Total	
	Massa (kg/ha/ano)	Massa (kg/hab./ano)	Massa (kg/ha/ano)	Massa (kg/hab./ano)	Massa (kg/ha/ano)	Massa (kg/hab./ano)
Cancela (Brites, 2005)	6,94	0,19	1,47	0,04	8,41	0,23
Alto da Colina (Brites, 2005)	2,31	0,22	0,91	0,09	3,22	0,31
Cancela - Tamandaí	16,30	0,40	0,97	0,024	17,27	0,424
Escola Urbana (Salles, 2010)	86,10	x	30,75	x	116,85	x

A contribuição de resíduos sólidos em função da área e do número de habitantes na Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí foi calculada em relação aos três meses em que foram realizadas as coletas, diferentemente do trabalho realizado por Brites (2005) na Bacia Hidrográfica Cancela, no qual foram realizados em oito meses, e na Bacia Hidrográfica Alto da Colina, em que foram realizados em seis meses, sendo estes dois últimos realizados em um número consideravelmente maior de meses. As coletas realizadas na Bacia Escola Urbana ocorreram em quatro meses. Outro fator importante a ser destacado é que ocorreram eventos de precipitação pluviométrica muito mais elevados na Bacia Cancela – Tamandaí em

um curto espaço de tempo, aumentando assim a quantificação de resíduos coletados por ano na rede de retenção.

Os valores de resíduo sólido na Bacia Alto da Colina mostram-se semelhantes aos encontrados na bibliografia (ALLISON et al., 1998, e ARMITAGE e ROOSEBOOM, 2000). Observou-se que quanto à distribuição em função da área a bacia apresentou resultados menores que a Bacia Cancela, porém, quanto à distribuição em função do número de habitantes o resultado foi contrário. Isto ocorreu devido à quantidade de resíduos retidos em cada bacia não ter sido proporcional ao número de habitantes, já que a população do Cancela supera a nove vezes a do Alto da Colina. Outra justificativa foi a maior facilidade de retenção do material no Alto da Colina, portanto, quantificação mais precisa; e pela própria cobertura vegetal das margens, onde os resíduos permanecem retidos impedindo que os mesmos atinjam o local de coleta, esta apresenta pouca vegetação em suas margens ao contrário do Cancela (BRITES, 2005). Outro fator importante a destacar é que bacias maiores tendem a reter resíduos nas margens, dificultando a sua quantificação.

Os valores de resíduos sólidos na Bacia Escola Urbana mostram-se extremamente altos comparados aos quantificados nas outras bacias. A possível razão para a obtenção destes resultados seria a eficiência hidráulica existente, as características da bacia e o sistema de retenção de resíduos sólidos utilizado ser mais eficiente tanto em vazões mínimas quanto em vazões máximas. Por se tratar de uma bacia com área consideravelmente menor do que as outras citadas anteriormente, esta tende a reter muito menos resíduos nas margens, havendo assim poucas perdas para a sua quantificação. Segundo Salles (2010), outro fator importante a destacar seria a ocupação urbana concentrada existente nesta bacia, apresentando graves problemas ambientais, elevando assim o número de resíduos sólidos produzidos e arrastados até a rede de retenção.

CONCLUSÃO

A estrutura utilizada no trecho do Arroio Cancela mostrou-se satisfatória em termos de captação e retenção dos resíduos do arroio, observando a passagem livre da água em caso de extravasamento de vazões ocorrentes em precipitações pluviométricas de grau de intensidade alto. As operações de limpeza da estrutura foram manuais e fáceis, embora cansativas, necessitando de, no mínimo, dois operadores.

Foram coletadas pequenas quantidades de resíduos do material plástico (Vermelho) e metais (Amarelo). Não foram encontrados resíduos de papel/papelão (Azul). Isso pode ser atribuído ao valor comercial desses materiais, sendo eles coletados pelos “catadores” antes de chegarem ao arroio ou mesmo separados pelos próprios geradores do resíduo para posterior venda. Mas é importante salientar que 6,1% dos resíduos coletados na rede são constituídos por materiais potencialmente recicláveis, demonstrando uma pequena ausência de consciência ambiental por parte dos moradores em torno do arroio. A maior parte dos resíduos retidos foi de matéria orgânica, com 93,9% dos resíduos quantificados, devido, principalmente, a quantidade elevada de vegetação densa em torno das margens do corpo d’água.

O material isopor foi verificado em grande volume na maioria dos eventos coletados, apesar da massa quantificada ser pequena devido a sua densidade baixa.

Pode-se verificar que os resíduos sólidos urbanos mais leves são mais propensos a serem carregados pelo escoamento superficial após a precipitação pluviométrica até o arroio. Na grande maioria dos materiais apresentados verifica-se uma relação entre a precipitação pluviométrica e a quantificação dos resíduos coletados na rede. Apenas em chuvas mais intensas houve arraste de matérias com grande massa, como por exemplo, árvores inteiras e troncos de grande porte.

A curva de previsão de resíduos sólidos apresentada tem como objetivo propor um parâmetro para verificar o destino dos resíduos sólidos urbanos que a população vem efetuando.

A Bacia Cancela – Tamandaí apresentou uma carga de resíduos sólidos igual a 17,27 kg/ha/ano ou 0,424 kg/hab./ano.

As diferenças encontradas entre as bacias estão relacionadas com as características próprias de cada bacia. Assim como as outras bacias comparadas, a Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí apresentou tendência crescente entre a quantidade de resíduos sólidos transportados com a precipitação pluviométrica total.

O total de resíduos sólidos drenados durante os eventos não apresentaram correlação com o período de tempo seco antecedente ao evento, provavelmente devido a varrição de ruas, coleta de resíduos, etc.

A falta de um programa de incentivo a uma educação ambiental efetiva resulta na elevada quantidade de resíduos depositados no arroio, devendo ser priorizado uma educação para mudar esse comportamento da população em relação ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.004**. Resíduos sólidos – Classificação. 2.ed. : [S.1. : s.n.], 2004, 71 p.

ALLISON, R. A.; WALKER, T. A.; CHIEW, F. H. S.; O'NEILL, I. C. and MCMAHON, T. A. **From Roads to Rivers – Gross Pollutant Removal from Urban Waterways**. Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, Report 98/3, 1998, 102 p.

AOKI, V. **Projeto Araribá**: geografia/obra coletiva. São Paulo: Moderna, 2006.

ARMELIN, L. F. 2005. **A questão do acúmulo de resíduos sólidos em bacias de retenção urbanas na região metropolitana de São Paulo**. 2005. 128f. Dissertação (mestrado em engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ARMITAGE, N.; ROOSEBOOM, A. **The removal of urban litter from stormwater conduits and streams**: paper 1 – The quantities involved and catchment litter management options. Water SA, v. 26, n. 2, abril, 2000.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2012.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2013.

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O. Aspectos institucionais e de financiamento dos sistemas de drenagem urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v 7, n.1, ABRH, 2002.

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

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

BERBET, C. O. **O Desafio das Águas**. In: R. M. Martins, & N. Felicidade, (Org). *Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil: desafios teóricos e político-institucionais* (81-97). São Carlos: RiMa, 2003.

BESEN, G. R. et al. **Resíduos sólidos: vulnerabilidades e perspectivas**. In: SALDIVA P. et al. Meio ambiente e saúde: o desafio das metrópoles. São Paulo: Ex Libris, 2010.

BIDONE, F. R. A. **Resíduos Sólidos provenientes de coletas especiais: eliminação e valorização**. Porto Alegre: ABES, 2001, 240p.

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

BRASIL. **Lei n. 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Dispõe sobre a instituição da Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Brasília, DF. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/l9433.htm>. Acesso em: 08 abril 2013.

BRASIL. **Lei nº 11.445/2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as leis nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e de outras providências.

BRASIL. **Lei nº 12.305/2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Publicado no Diário Oficial da União – DOU de 03/08/2010.

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

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

BRITES, A. P.; GASTALDINI, M. C. C; GARCIA, J. B.; GELLER, R.; JORGE, M. P.; HAGEMANN, S. Avaliação Dos Resíduos Sólidos Veiculados Em Sistemas De Drenagem Urbana. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 4, 2004. **Anais...** Porto Alegre: ABES, 2004.

CARRERA-FERNANDEZ, J. & GARRIDO, R. J. **Economia dos recursos hídricos**. Salvador-BA: Edufba, 2002.

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

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 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: 02 jun. 2013.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, 2005.

FERNANDES. A. C. C. **Os Comitês de Bacias Hidrográficas e suas implicações para o gerenciamento dos recursos hídricos**. Monografia Não-Publicada, Curso de Bacharelado em Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

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

FERREIRA J. A.; ANJOS, L. A. Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados à gestão dos resíduos sólidos municipais. **Cad. Saúde Pública**, 17(3), p. 689-696, 2001.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. **Manual de implementação de consórcios públicos de saneamento**. Cooperação Técnica FUNASA-ASSEMAE, Brasília, 2008, 110 p. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wpcontent/files_mf/eng_manualCapacitacao.pdf>. Acesso em: 13 mai. 2013.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 4º ed, Brasília: FUNASA, 2006.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. **Relatório de Pesquisa: Representações e praticas sociais ligadas à água**. UFSC. Funasa, 2006.

FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA – FEE. **Resumo estatístico de Santa Maria**. 2013. Disponível em: <http://www.fee.tche.br/sitefee/pt/content/resumo/pop_estado_mapa2_municipi.php?municipio=Santa+Maria&id=333>. Acesso em: 20jul. 2013.

GARCIA, J. I. B. **Monitoramento Hidrológico e Modelagem da Drenagem Urbana da Bacia Hidrográfica Urbana do Arroio Cancela**. 2005. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) –Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas de saneamento 2011**.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas de saneamento 2012**.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2013**.

_____. **Pesquisa nacional de saneamento básico 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010, p. 218 Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf>. Acesso em: 15 set. 2011.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. **Gestão de Resíduos Sólidos em São Paulo: Desafios da Sustentabilidade**. Estudos Avançados, São Paulo v.25, n.71, p.135 – 158, 2011.

JAWOROWSKI, A. L. O. **Qualidade da água e caracterização de resíduos sólidos em arroio urbano**. 2008. Tese (Doutorado em andamento em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

JAWOROWSKI, A. L. O., SCHETTINI, E. B. C., SILVEIRA, A. L. L. Qualidade da água e caracterização de resíduos sólidos em arroio urbano da região metropolitana de Porto Alegre. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 16, 2005. **Anais...** João Pessoa: ABRH, 2005.

KELMAN, J. O desafio de levar água para todos. **Revista SENAC e Educação Ambiental**, Rio de Janeiro, ano 12, n. 1, p. 8-12, jan./abr., 2003. Disponível em: <http://www.senac.br/informativo/educambiental/EA_012003/entrevista.asp>. Acesso em: 20 nov. 2012.

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 p.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na indústria – Uso racional e reuso**. Oficina de Textos. São Paulo, 2005, 143 p.

MUELLER, C. C. Avaliação das duas correntes da economia ambiental: a escola neoclássica e a economia da sobrevivência. **Revista de economia política**, v.18, n. 2 (70), p. 66 – 89, 1998.

NEVES, M. G. F. P. **Quantificação de resíduos sólidos na drenagem urbana**. 2006. 249 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – 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: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 15, 2003. **Anais...** Curitiba: ABRH, 2003.

OLIVEIRA A. S. D. D. **Método para a Viabilização da Implantação de Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos: o caso do município do Rio Grande – RS**. 2002. 230 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

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

PEREIRA, M. A.; MARQUES, C. S. A.; AGUIAR, E. M. **Sugestões para uma proposta do uso de novas ferramentas tecnológicas de informação para um sistema de gestão ambiental – ISO 14000**. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 8, n.1/ v. 8, n. 2, p. 49-53, 2003.

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

POMPÊO, C. A. Drenagem urbana sustentável. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 1, p. 15-23, 2000.

ROQUE, O. C. **Educação para a Qualidade de Vida em Vista do Saneamento Ambiental**. In: PDBG. Subprojeto de Educação Ambiental, módulo IV. Rio de Janeiro: UERJ, sd. p. 12, 1998.

SALLES, A. S. **Resíduos Sólidos Drenados em Sub-Bacia Hidrográfica Urbana em Santa Maria – RS**. 2010. 144f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

SALLES, A. S.; SILVEIRA, G. L.; WOLFF, D. B.; CRUZ, J. C. Captura de Resíduos Sólidos Drenados em uma Bacia Hidrográfica Urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 16, n. 4, Out/Dez, 2011, p. 149-155. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/90cb7965068c9e0c8978624a944e2009_e76607de99b9ac3aa738e1c717f6a914.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2012.

SCHALCH, V. **Análise Comparativa do Comportamento de Dois Aterros Sanitários e Correlações dos Parâmetros do Processo de Digestão Anaeróbia**. 1992. 220 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1992.

SCHUELLER, T. **Controlling Urban Runoff: a Practical Manual for Planning and Designing Urban BMPs**. Washington: Metropolitan Washington Council of Governments. 1987, 229p.

SILVEIRA, A. L. L. Problems of urban drainage in developing countries. In: International Conference on Innovative Technologies in Urban Storm Drainage, I, 2001, Lyon. **Anais...** Lyon: Novatech, p. 143-150, 2001.

SOUZA, M. N. **Degradação e recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável**. 2004. 371p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 2004.

TEIXEIRA, E. N, FASSINA, L. T. C. V. S., CASTRO, V. L. F. L. (1997). Potencial de minimização de resíduos sólidos domésticos em termos de matéria orgânica e embalagens. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19, 1997. **Anais...**Foz do Iguaçu: ABES, 1997.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 1. ABRH, p. 5-27, 2002.

TUCCI, C. E. M. & BERTONI, J. C. Inundações urbanas na América do Sul. Porto Alegre: ABRH, 2003, 471p.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p.1-16, 2008.

TUCCI, C. E. M. e COLLISCHONN, W. Drenagem urbana e Controle de Erosão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DA EROSÃO, 6, 1998. **Anais...** Presidente Prudente: ABGE, 1998.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento Integrado das Inundações Urbanas no Brasil. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 1, n. 1, p. 59-73, 2004.

VELLOSO, M. P. **Processo de Trabalho da Coleta de Lixo Domiciliar na Cidade do Rio de Janeiro: Percepção e Vivência dos Trabalhadores**. 1995. 123 p. Dissertação. (Mestrado em Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1995.

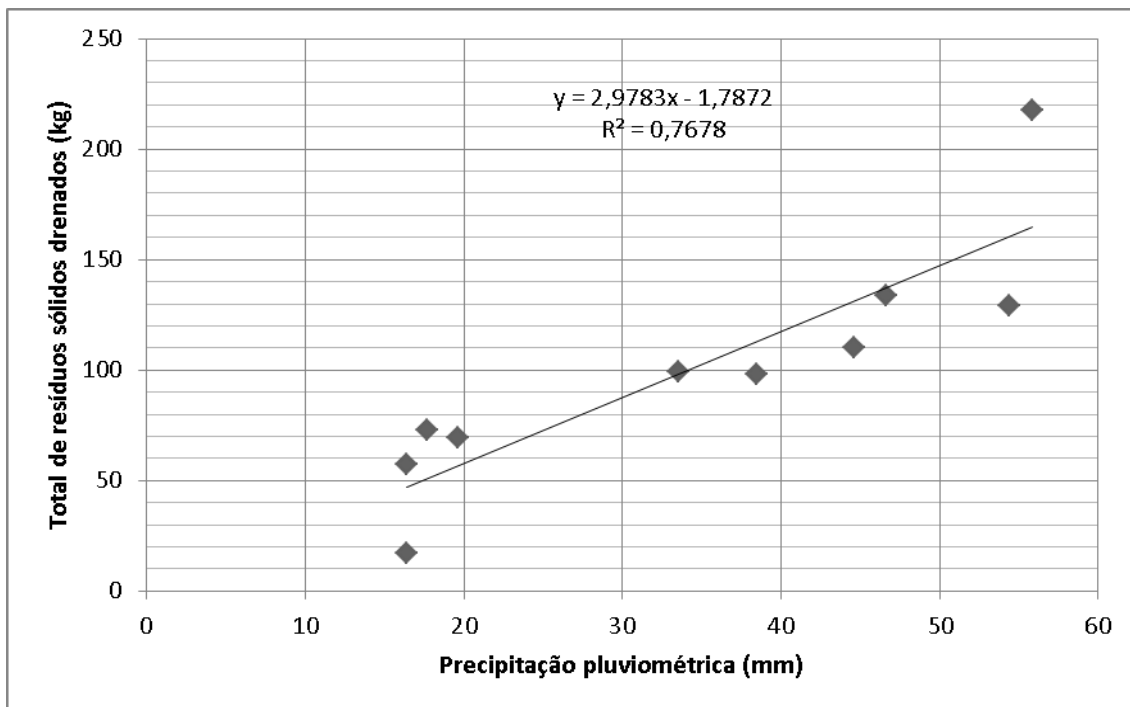
WONG, T.; BREEN, P.; LLOYD, S. **Water sensitive road design** – Design options for improving stormwater quality of road runoff. Technical Report for Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology 00/1, Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, Melbourne, 2000.

WORLD RESOURCES INSTITUTE. **A guide to the global environment: environmental change and human health**. New York: Oxford University Press, 1998, 389 p. Disponível em: <<http://goo.gl/Cqehb>>. Acesso em: 23 mai. 2013.

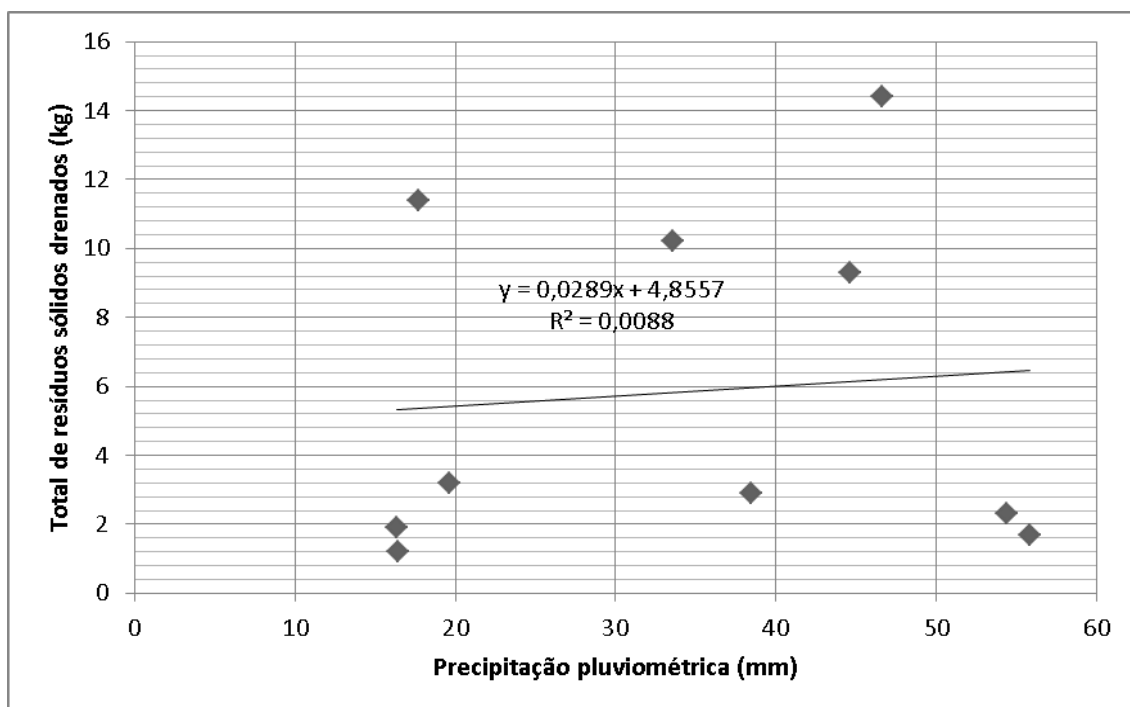
ZANTA, V. M.; FERREIRA, C. F. A. **Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos urbanos**. In: BORGES, A. C., et al. (Org.). **Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável para Municípios de Pequeno Porte**. 1 ed. São Carlos SP: Rima Artes e Textos, v.1, p.1-18, 2003.

APÊNDICES

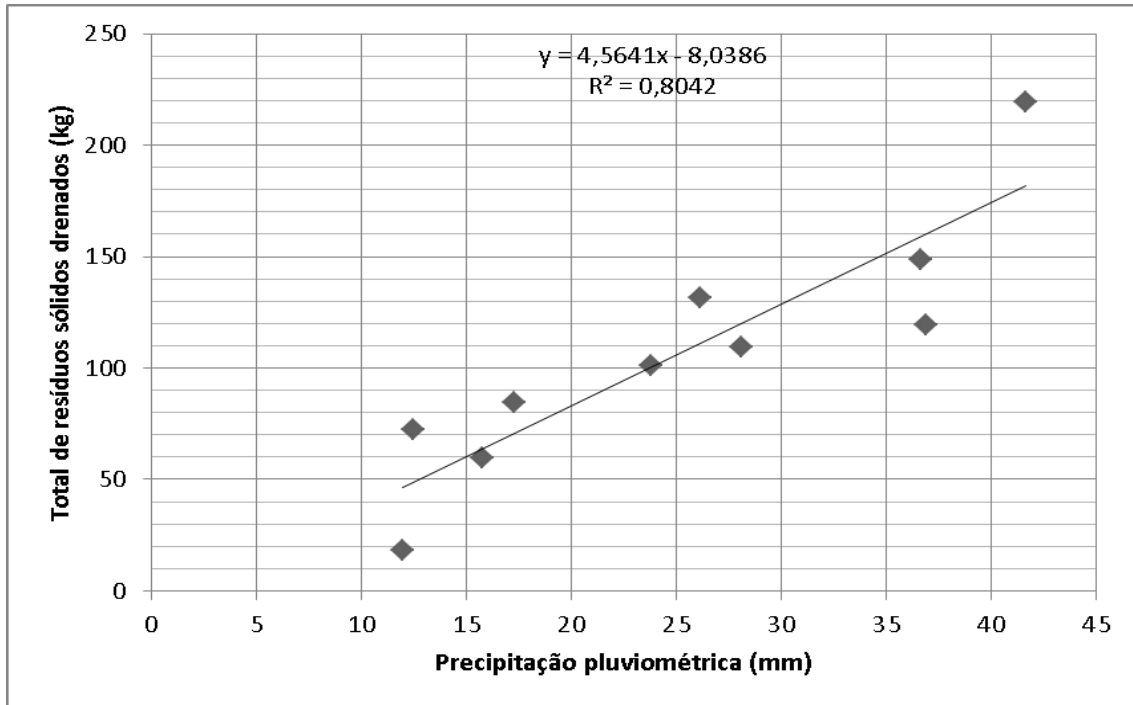
Apêndice A – Correlação entre massa de resíduos sólidos orgânicos transportados e a precipitação pluviométrica durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí



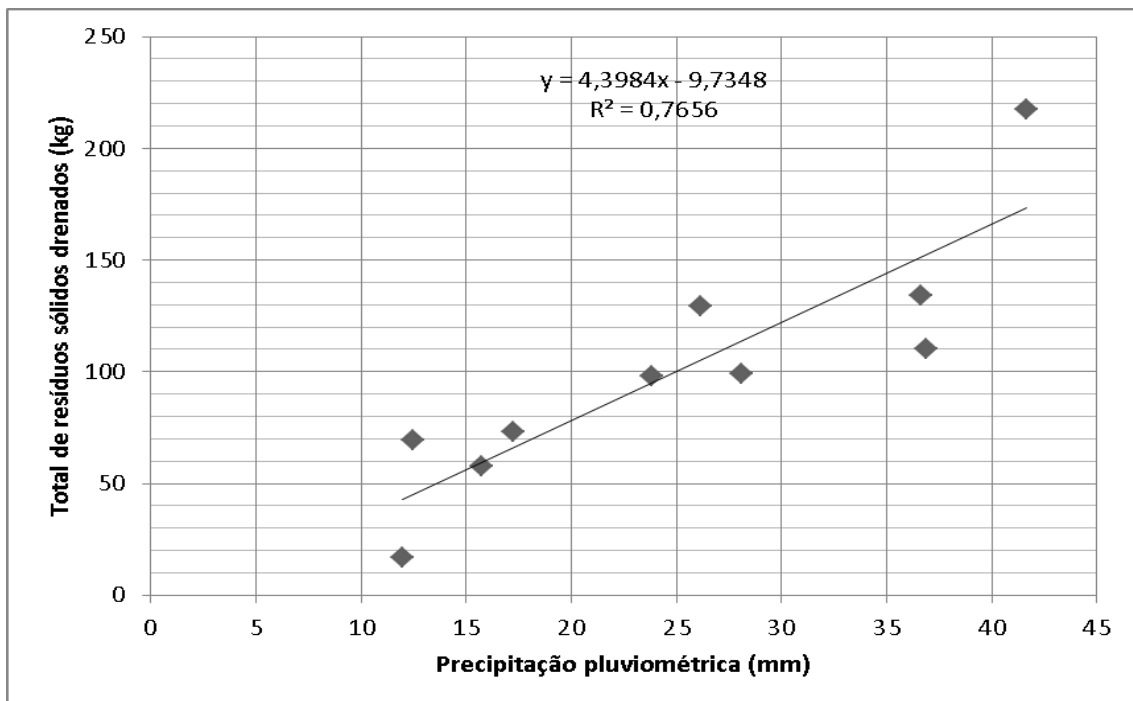
Apêndice B – Correlação entre massa de resíduos sólidos inorgânicos transportados e a precipitação pluviométrica durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí



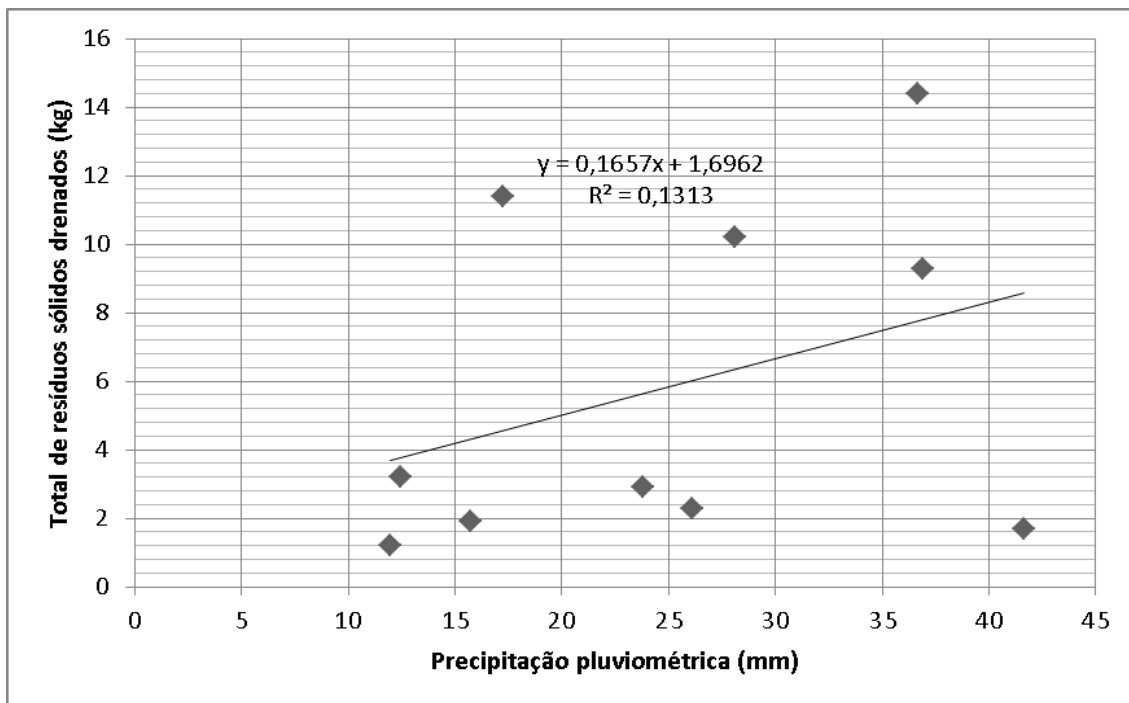
Apêndice C – Correlação entre massa de resíduos sólidos totais transportados e as máximas intensidades pluviométricas durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandá



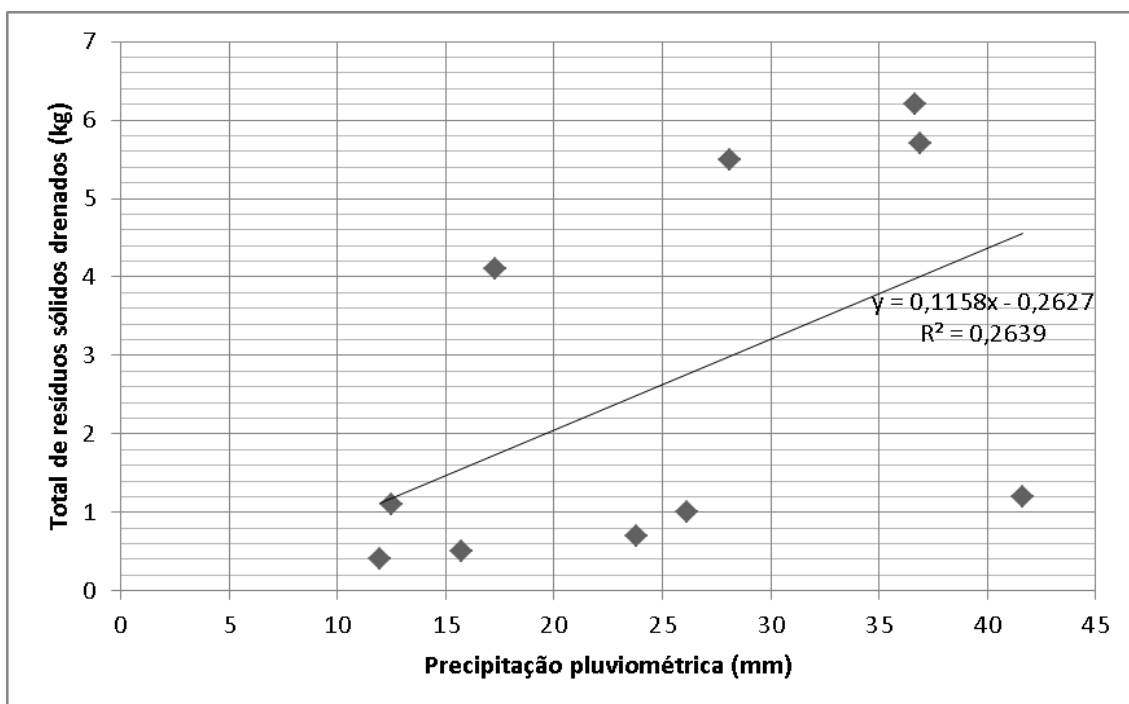
Apêndice D – Correlação entre massa de resíduos sólidos orgânicos transportados e as máximas intensidades pluviométricas durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandá



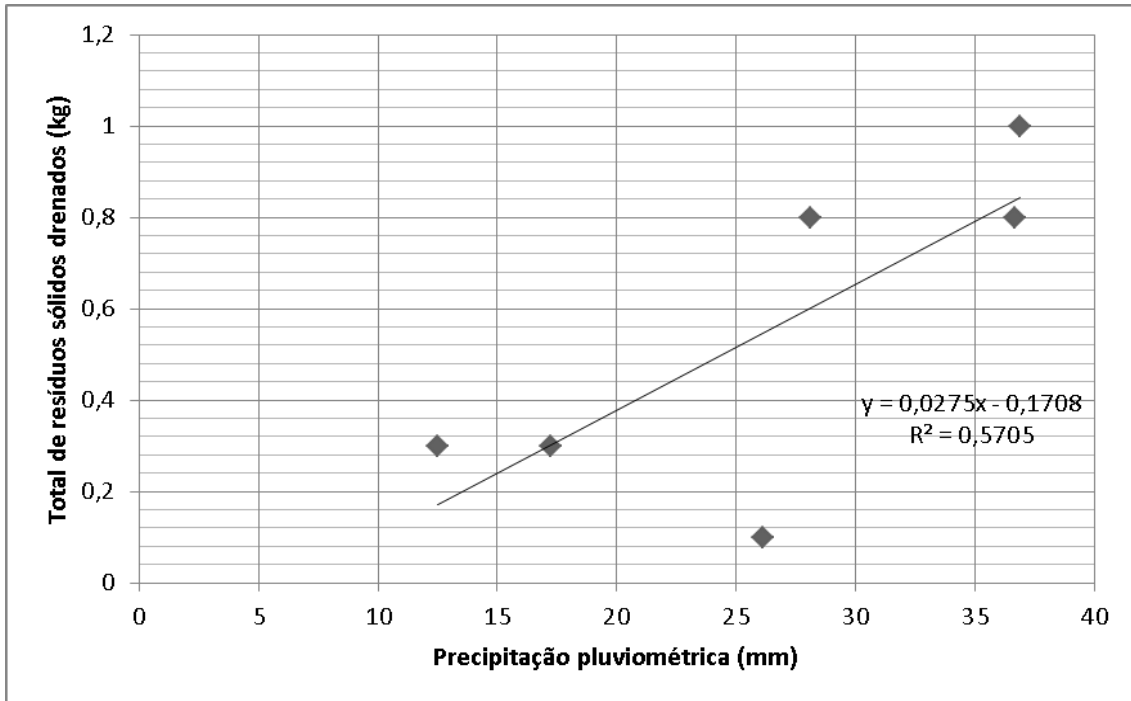
Apêndice E – Correlação entre massa de resíduos sólidos inorgânicos transportados e as máximas intensidades pluviométricas durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí



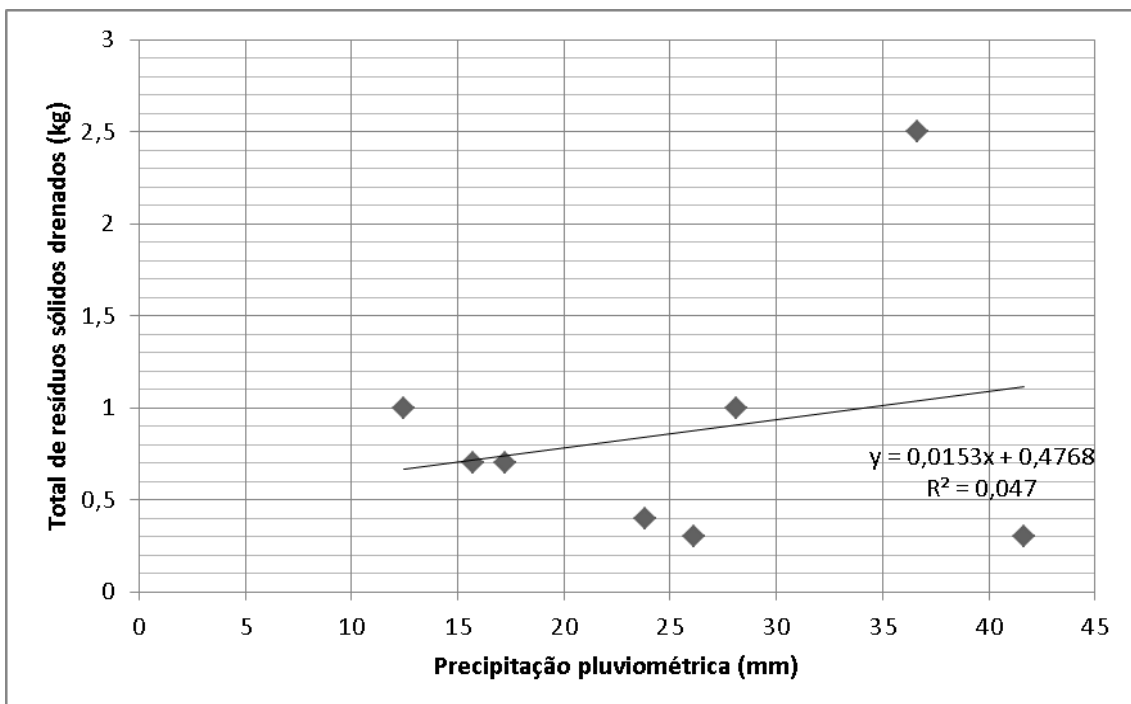
Apêndice F – Correlação entre quantificação do resíduo de classificação vermelha (plástico) e as máximas intensidades pluviométricas durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí



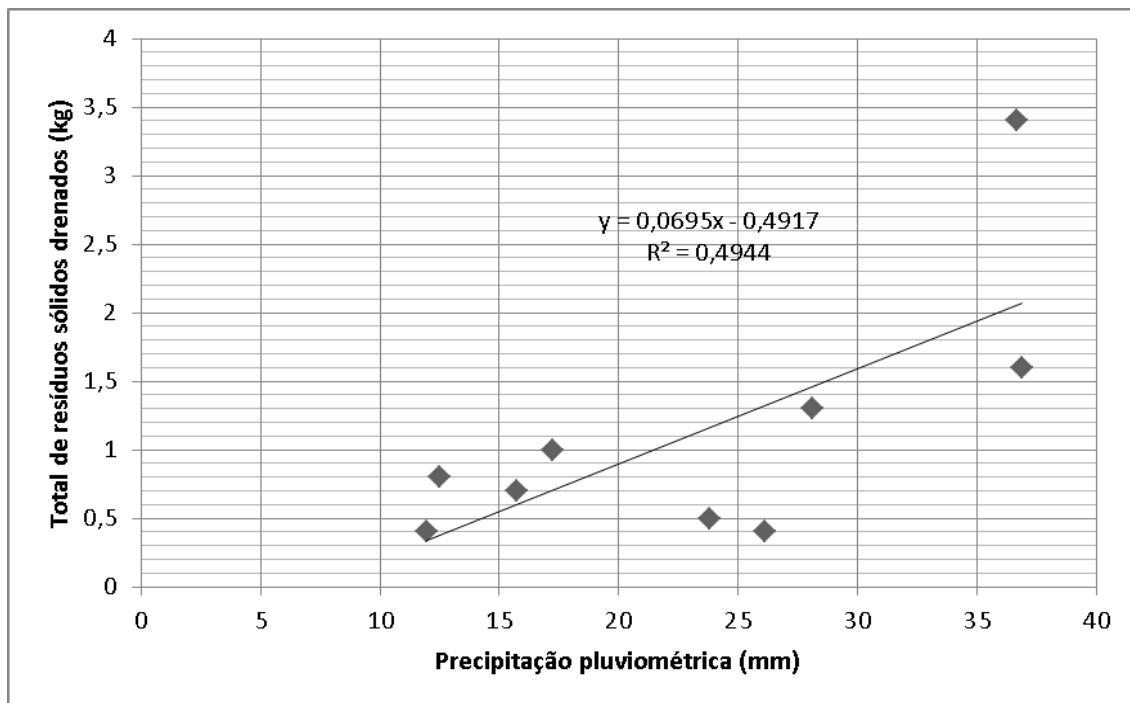
Apêndice G – Correlação entre quantificação do resíduo de classificação amarelo (metal) e as máximas intensidades pluviométricas durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí



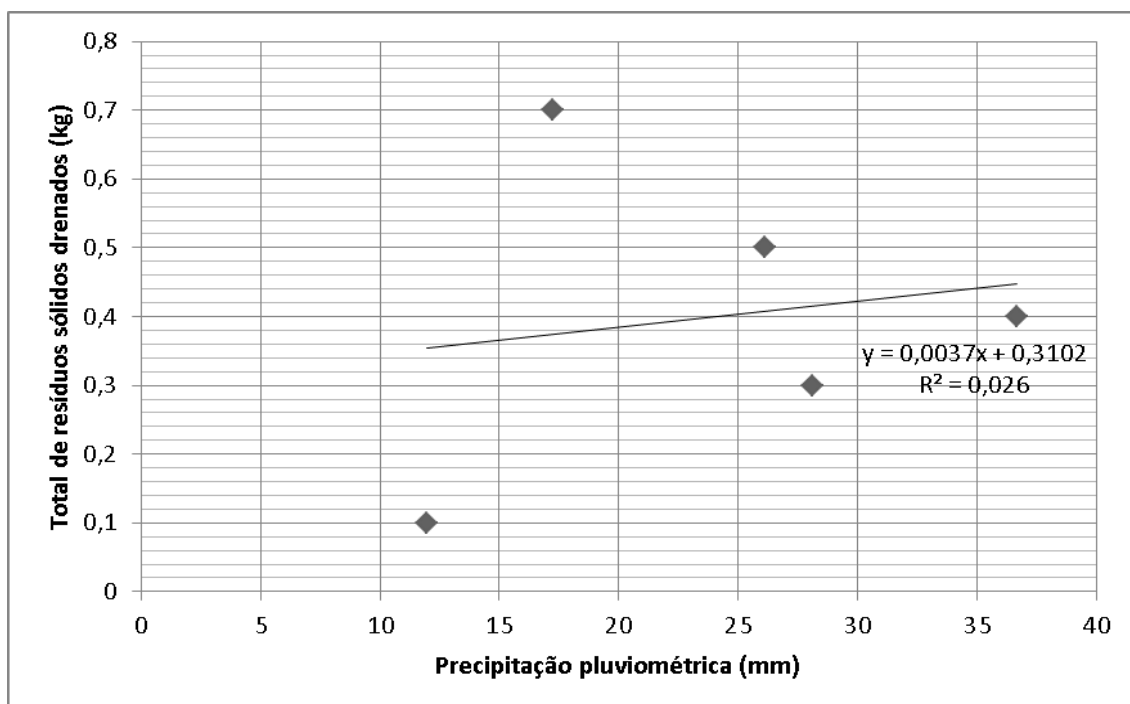
Apêndice H – Correlação entre quantificação do resíduo de classificação verde A (vidro) e as máximas intensidades pluviométricas durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí



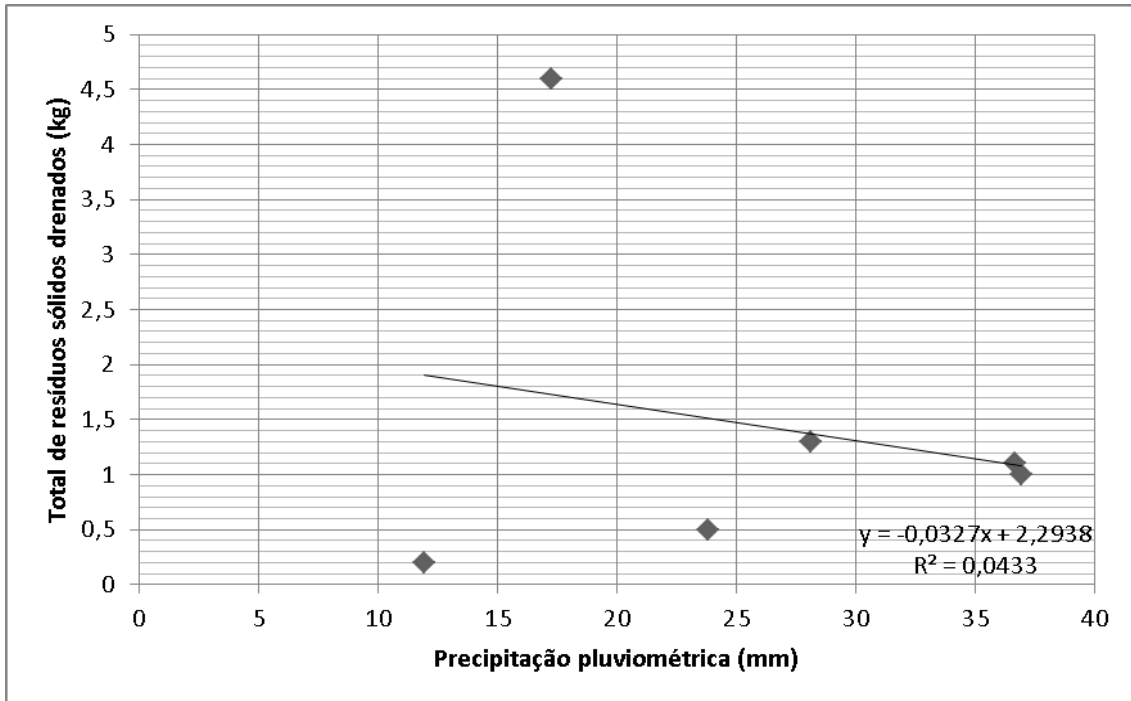
Apêndice I – Correlação entre quantificação do resíduo de classificação verde B (tecidos e isopor) e as máximas intensidades pluviométricas durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí



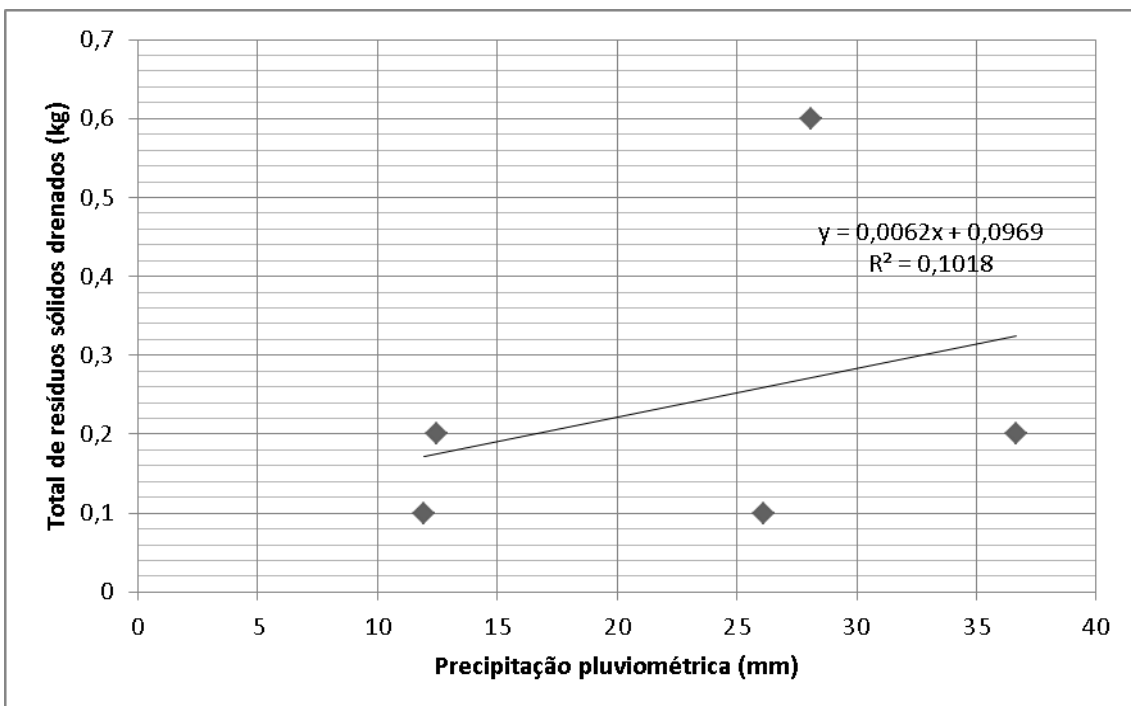
Apêndice J – Correlação entre quantificação do resíduo de classificação preto B (pneus e borrachas) e as máximas intensidades pluviométricas durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí



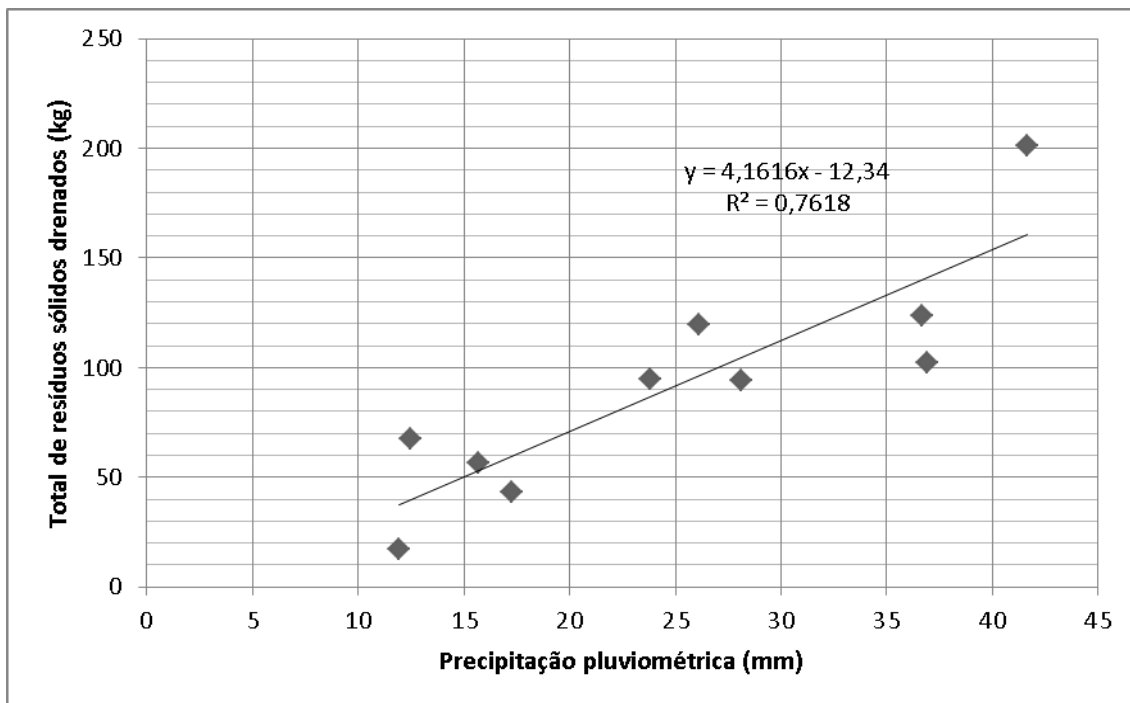
Apêndice K – Correlação entre quantificação do resíduo de classificação “outros” e as máximas intensidades pluviométricas durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí



Apêndice L – Correlação entre quantificação do resíduo de classificação marrom A (restos de alimentos) e as máximas intensidades pluviométricas durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí



Apêndice M – Correlação entre quantificação do resíduo de classificação marrom B (restos de vegetação) e as máximas intensidades pluviométricas durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí



Apêndice N – Correlação entre quantificação do resíduo de classificação preto A (madeira processada) e as máximas intensidades pluviométricas durante os eventos da Bacia Hidrográfica Cancela – Tamandaí

