

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO

LUCIENE DA SILVA

**QUANTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NA  
DRENAGEM URBANA NA BACIA GROTA DO CIGANO – MACEIÓ – ALAGOAS**

MACEIÓ  
2014

LUCIENE DA SILVA

**QUANTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NA  
DRENAGEM URBANA NA BACIA GROTA DO CIGANO – MACEIÓ – ALAGOAS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento – PPGRH da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, como requisito para obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento.

Orientador: Prof. Dr. Marllus Gustavo Ferreira  
Passos das Neves

MACEIÓ  
2014

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**  
**Bibliotecária Responsável: Maria Auxiliadora G. da Cunha**

S586q Silva, Luciene da.  
Quantificação e caracterização dos resíduos sólidos na drenagem urbana da  
bacia Grota do Cigano – Maceio-Alagoas / Luciene da Silva. – 2014.  
80 f. : il. tabs., gráfs., fotos. e mapas color.

Orientador: Marllus Gustavo Ferreira Passos das Neves.  
Dissertação (Mestrado em Engenharia: Recursos Hídricos e Saneamento) –  
Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2014.

Bibliografia: f. 73-77.  
Anexos: f. 78-80.

1. Drenagem urbana. 2. Resíduos sólidos. I. Título.

CDU: 556.18:626.86(813.5)

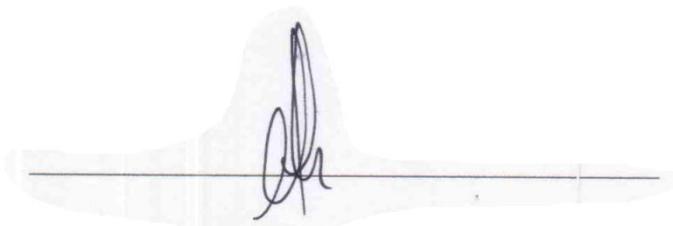
**Universidade Federal de Alagoas – UFAL**  
**Centro de Tecnologia – CTEC**  
**Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamentos –**  
**PPGRHS**

---

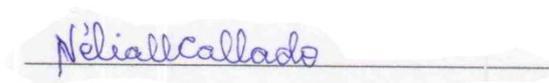
**QUANTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NA DRENAGEM**  
**URBANA DA BACIA GROTA DO CIGANO – MACEIÓ - ALAGOAS**

**LUCIENE DA SILVA**

Dissertação submetida à banca examinadora do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento da Universidade Federal de Alagoas e aprovada no dia 25 de abril do ano de 2014.  
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Marllus Gustavo F. Passos das Neves  
(Orientador - PPGRHS /UFAL)



Profª. Drª. Nélia Henriques Callado  
(PPGRHS/UFAL)



Prof. Dr. Christopher Freire Souza  
(PPGRHS/UFAL)



Prof. Dr. Jefferson Nascimento de Oliveira  
(Unesp – Ilha Solteira)

*Dedico a Deus por tudo. À minha mãe (in memoriam) que ensinou o melhor caminho para o conhecimento da vida - O estudo, assim como ao meu melhor amigo José Paulo Filho por me ensinar o jogo da vida, me proporcionando um novo começo e às minhas filhas Yalla Carolinne e Júlia de Paulo.*

## AGRADECIMENTOS

À Deus por ter feito sempre Eu acreditar na vida e por nem um instante ter me deixado sozinha, muito obrigada.

À minha mãe Izabel Tereza da Silva pelos seus ensinamentos de vida, infelizmente em tão pouco tempo ao meu lado, mas sempre me fez sonhar e acreditar que poderia ser capaz.

Agradeço aos meus melhores amigos: José Paulo Filho, Dr. Pedro Bernardes Carvalho Filho (Neurologista), Dr. João Sampaio Rodrigues Filho (Presidente CESMAC), Claudia Tenório (professora), Hevanir Braga de Carvalho (psicóloga), Antônia Venâncio (Varredora de rua) e que Deus abençoe a todos esses meus amigos que cada um de sua maneira simples e corajosa, acreditou e acreditam em mim.

A minha irmã: Maria Bispo pelo incentivo.

Agradeço ao meu orientador Marllus Gustavo Ferreira Passos das Neves pela orientação, colaboração, sugestões para melhoria e desenvolvimento do trabalho tornando-se importantíssimo para a conclusão do curso.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento pelos conhecimentos transmitidos durante todo o período do curso.

Agradeço também o Professor Christopher Souza, pelo primeiro contato me direcionando a esse caminho de trabalhar com lixo na drenagem mostrando a importância da minha experiência em ter sido garí por muitos anos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão de bolsa de pesquisa, pelo apoio financeiro ao projeto “H<sub>2</sub>Urb – UFAL”.

Aos alunos de iniciação científica Pedro Paulo, Yuri, Thaís, Lucille e ao aluno do mestrado José Paulo pelas participações e ajuda essencial durante a parte de prática com conhecimentos para o desenvolvimento do trabalho. MUITÍSSIMO obrigada.

À Prefeitura Municipal de Maceió, pelas informações concedidas.

À empresa Ornatobox pelos cuidados nas ferramentas de trabalho durante todo o período da pesquisa.

Aos colegas da pós-graduação que conheci durante o período de estudo no programa pela tão importante amizade e em particular José Paulo Filho por sempre estar ao meu lado.

Enfim, a todos os que fizeram e fazem parte da minha vida antes e durante esse período de formação, meu MUITÍSSIMO Obrigada.

*O tempo me fez sábia. Perdi muito, mas querer só apenas ganhar é perder, pois vivemos em um mundo desigual onde existe mais perda do que ganho.*

*Luciene da Silva*

## RESUMO

### QUANTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NA DRENAGEM URBANA DA BACIA GROTA DO CIGANO – MACEIÓ – ALAGOAS.

Este estudo teve como objetivo quantificar e caracterizar os resíduos sólidos na drenagem urbana da bacia Grota do Cigano, de 48 ha, na cidade de Maceió, Alagoas. Também se verificou uma possível relação entre quantidade de resíduos e a precipitação. A quantificação ocorreu na seção transversal do canal que drena a bacia, situada no exutório desta. Para isto foi instalada uma armadilha (gradeamento) para retenção dos resíduos. Estes eram pesados e caracterizados. Foram utilizados dados de precipitação de dois postos próximos. Os resultados não apontaram para uma relação clara entre a precipitação de 24 horas e a quantidade de resíduos de 24 horas. A observação de campo também indicou que, provavelmente, a precipitação desagrega resíduos despejados continuamente no canal, sem necessariamente arrastá-los no momento da ocorrência dela. A partir do valor médio das coletas, estimou-se a carga anual que atinge o canal pode variar entre  $1.216,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$  e  $3.405,8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ . Estes valores são estimados a partir de eficiências possíveis de retenção dos resíduos na grade disponíveis na literatura (entre 5% e 14%). Os valores são altos se comparando com os da literatura. Como em outros trabalhos da literatura, a presença de sacolas plásticas foi frequente. Houve também grande presença de madeiras e garrafas PET.

**Palavras-chave:** Drenagem Urbana. Resíduos Sólidos.

## ABSTRACT

### LOAD MEASUREMENT AND CHARACTERIZATION OF LITTER IN THE URBAN DRAINAGE GROTA DO CIGANO CATCHMENT - MACEIÓ - ALAGOAS.

The objective of this study was to quantify and to characterize the litter reaches a crosssection of a channel drains the Grota do Cigano catchment and also to verify a possible relation between the rainfall and the amount of litter. The catchment has 48 ha drainage area and it is at the Maceió, Alagoas, Brazil. To realize the research an inlet trap (screen) was installed in the cross section. Next to her, the captured litter was weighed and characterized. Rainfall data of two stations were used. Were analyzed 24 h total rainfall (mm) and 24 h total amount of litter (kg). The results indicated no relation between the variables. Field observation also indicated that probably the rainfall disaggregates litter dumped continuously into the channel, without necessarily drag them during its occurrence. From the average value of the measurements it has been estimated that the annual load reaches channel can be between 1.216,4 kg ha<sup>-1</sup>·ano<sup>-1</sup> and 3.405,8 kg ha<sup>-1</sup>·ano<sup>-1</sup>. These values are estimated from possible efficiencies available in the literature for trash racks (between 5% and 14%). The values are high, but like other researches, the presence of plastic bags was common. There was also a large presence of woods and PET bottles.

**Key-words:** Urban Drainage. Solid Waste.

## LISTA DE TABELAS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Tabela 1 – Resíduos sólidos coletados em Maceió .....</b>  | <b>20</b> |
| <b>Tabela 2– Limpeza de canais em Maceió .....</b>  | <b>21</b> |
| <b>Tabela 3 – Pesquisa de quantificação de resíduos sólidos na Drenagem Urbana .....</b>                                    | <b>25</b> |
| <b>Tabela 4 – Resumo da quantificação de resíduos no sistema de drenagem, na Cidade do Cabo (MARAIS et al., 2004) .....</b> | <b>26</b> |
| <b>Tabela 5 – Balanço de massa em uma bacia urbana de Porto Alegre .....</b>  | <b>27</b> |
| <b>Tabela 6 – Declividades da bacia Grota do Cigano .....</b>   | <b>29</b> |
| <b>Tabela 7 – Datas das realizações das coletas e instalação da armadilha .....</b>   | <b>33</b> |
| <b>Tabela 8 – Massa pesada em cada data .....</b>   | <b>47</b> |
| <b>Tabela 9 – Resultado das duas pesagens para determinação do peso seco e úmido .....</b>                                  | <b>48</b> |
| <b>Tabela 10 – Quantidade de resíduos x Precipitação antecedente de 24 horas .....</b>                                      | <b>49</b> |
| <b>Tabela 11 – Resumo dos totais pesados secos x chuva pluviômetro Semarh (abril de 2013) .....</b>                         | <b>52</b> |
| <b>Tabela 12 – Estatísticas .....</b>   | <b>56</b> |
| <b>Tabela 13 – Cargas estimadas .....</b>   | <b>57</b> |
| <b>Tabela 14 – Composição gravimétrica total dos resíduos sólidos carreados .....</b>                                       | <b>58</b> |
| <b>Tabela 15 – Resumo dos tipos preponderante .....</b>   | <b>59</b> |
| <b>Tabela 16 – Resíduos Sólidos secos e molhados e sua razão .....</b>  | <b>60</b> |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|          |  |
|----------|--|
| ABNT     | Associação Brasileira de Normas Técnicas                                   |
| ABRELPE  | Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais |
| CONAMA   | Conselho Nacional do Meio Ambiente   |
| CTEC     | Centro de Tecnologia   |
| EPI      | Equipamento de Proteção Individual   |
| Hidroweb | Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas           |
| Inmet    | Instituto Nacional de Meteorologia   |
| IPT      | Instituto de Pesquisa Tecnológica  |
| NBR      | Norma Brasileira   |
| PET      | PoliTereftalato de Etileno   |
| PNRS     | Política Nacional de Resíduos Sólidos                                      |
| Semarh   | Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos              |
| SLUM     | Superintendência de Limpeza Urbana de Maceió                               |
| UFAL     | Universidade Federal de Alagoas  |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1– Barragem hidráulica instalada e em operação.....   | 22 |
| Figura 2 – Localização do Riacho do Sapo com destaque para a Grota do Cigano.....                          | 28 |
| Figura 3 – Bacia Grota do Cigano e bairros .....   | 28 |
| Figura 4 – Bacia do Riacho do Sapo discretizada.....   | 29 |
| Figura 5 – Bacia Grota do Cigano com a ocupação total da área.....   | 30 |
| Figura 6 – Susceptibilidade ao depósito de Resíduos sólidos no riacho .....                                | 31 |
| Figura 7 - Equipe de trabalho .....  | 35 |
| Figura 8 – Instalação da primeira grade .....  | 36 |
| Figura 9 – Retirada dos resíduos sólidos após a Instalação da primeira grade.....                          | 37 |
| Figura 10 – Passo a passo da coleta e pesagem com a grade utilizada .....                                  | 37 |
| Figura 11 – Precipitação diária do mês de maio.....  | 38 |
| Figura 12 – Início da pesquisa e limpeza pela equipe da Slum .....   | 40 |
| Figura 13 – Grade instalada em Canberra, Austrália .....   | 41 |
| Figura 14 – Momento em que alguns resíduos começam a se prender nas grades utilizadas.....                 | 41 |
| Figura 15 – Resíduos e Construções irregulares na bacia da Grota do Cigano .....                           | 42 |
| Figura 16 – Lixos disposto de forma aleatória com facilidade de serem carreados para dentro do riacho..... | 46 |
| Figura 17 – Dispersão: quantidade de resíduos x precipitação antecedente de 24 horas (ano de 2012) .....   | 49 |
| Figura 18 – Comparação da chuva diária nos dois pluviômetros.....  | 50 |
| Figura 19 – Comparação da chuva de 7 dias nos dois pluviômetros .....                                      | 50 |
| Figura 20 – Comparação da chuva de 15 dias nos dois pluviômetros .....                                     | 51 |
| Figura 21 - Comparação da chuva de 30 dias nos dois pluviômetros.....                                      | 51 |
| Figura 22 – Comparação da dispersão precipitação acumulada x peso seco .....                               | 55 |
| Figura 23 – Dispersão n° de tipos de resíduos x Precipitação antecedente de 24 horas ..                    | 60 |
| Figura 24 – Resíduos Sólidos coletados molhados e secos .....  | 61 |
| Figura 25 – Limpeza e instalação da armadilha.....   | 62 |
| Figura 26 – Separação dos resíduos por tipo .....  | 62 |
| Figura 27 – Composição gravimétrica (23/06/2012).....  | 63 |
| Figura 28 – Composição gravimétrica (07/07/2012).....  | 63 |
| Figura 29 – Composição gravimétrica (21/07/2012).....  | 64 |
| Figura 30 – Composição gravimétrica (18/08/2012).....  | 65 |
| Figura 31 – Composição gravimétrica (01/09/2012).....  | 65 |
| Figura 32 – Composição gravimétrica total do 2º período das Caracterizações .....                          | 66 |
| Figura 33 – Precipitação mensal na campanha de 2013 .....  | 67 |
| Figura 34 – Composição gravimétrica (03/04/2013).....  | 67 |
| Figura 35– Composição gravimétrica (04/04/2012).....   | 68 |
| Figura 36 – Composição gravimétrica (05/04/2013).....  | 68 |
| Figura 37 – Composição gravimétrica (06/04/2013).....  | 69 |
| Figura 38 – Composição gravimétrica (08/04/2013).....  | 70 |
| Figura 39 – Composição gravimétrica (09/04/2013).....  | 70 |

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO.....  | 13        |
| 1.1 Objetivos.....   | 15        |
| 1.2 Resíduos Sólidos .....   | 16        |
| <b>1.2.1 Definição e classificação .....</b>   | <b>16</b> |
| <b>1.2.2 Danos provocados por resíduos sólidos .....</b>   | <b>18</b> |
| <b>1.2.3 Resíduos Sólidos em Maceió e Limpeza de canais.....</b>   | <b>19</b> |
| 1.3 Quantificação de resíduos sólidos na rede de drenagem urbana .....   | 22        |
| 2 ÁREA DE ESTUDO .....   | 27        |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS.....   | 32        |
| 3.1 Materiais .....  | 32        |
| 3.2 Métodos .....  | 33        |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 42        |
| 4.1 Descrições gerais das condições da bacia a partir de visita de campo .....   | 42        |
| 4.2 Massas de resíduos .....   | 46        |
| 4.3 Relação com a precipitação .....   | 47        |
| <b>4.3.1 Análise global precipitação x massa.....</b>  | <b>48</b> |
| <b>4.3.2 Análise precipitação x massa com dias anteriores.....</b>   | <b>52</b> |
| <b>4.3.3 Carga na bacia .....</b>  | <b>55</b> |
| <b>4.3.4 Análise global da precipitação x tipos de resíduos .....</b>  | <b>57</b> |
| 4.4 Detalhamento por caracterização.....   | 61        |
| <b>4.4.1 Caracterização dos Resíduos Sólidos no ano 2012 (23/06/2012) .....</b>  | <b>61</b> |
| <b>4.4.2 Segunda caracterização dos Resíduos Sólidos (07/07/2012) .....</b>  | <b>63</b> |
| <b>4.4.3 Terceira caracterização dos Resíduos Sólidos (21/07/2012) .....</b>   | <b>63</b> |
| <b>4.4.4 Quarta caracterização dos Resíduos Sólidos (04/08/2012).....</b>  | <b>64</b> |
| <b>4.4.5 Quinta caracterização dos Resíduos Sólidos (18/08/2012) .....</b>   | <b>64</b> |
| <b>4.4.6 Sexta caracterização dos Resíduos Sólidos (01/09/2012).....</b>   | <b>65</b> |
| <b>4.4.7 Total de todas as caracterizações dos Resíduos Sólidos no 2º período .....</b>  | <b>66</b> |
| <b>4.4.8 Caracterização dos Resíduos Sólidos no ano 2013 (03/04/2013) – Sétima<br/>caracterização dos Resíduos Sólidos .....</b> | <b>66</b> |
| <b>4.4.9 Oitava caracterização dos Resíduos Sólidos (04/04/2013).....</b>  | <b>67</b> |
| <b>4.4.10 Nona caracterização dos Resíduos Sólidos (05/04/2013) .....</b>  | <b>68</b> |
| <b>4.4.11 Décima caracterização dos Resíduos Sólidos (06/04/2013) .....</b>  | <b>69</b> |
| <b>4.4.12 Décima primeira caracterização dos Resíduos Sólidos (08/04/2013) .....</b>   | <b>69</b> |
| <b>4.4.13 Décima segunda caracterização dos Resíduos Sólidos (09/04/2013) .....</b>  | <b>70</b> |
| <b>4.4.14 Décima terceira caracterização dos Resíduos Sólidos (10/04/2013).....</b>  | <b>70</b> |
| 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....   | 72        |
| REFERÊNCIAS .....  | 73        |
| ANEXOS .....   | 78        |
| ANEXOS 1 .....   | 79        |
| ANEXOS 2 .....   | 80        |



## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial vem acompanhado de uma crescente urbanização, na maioria das vezes, desordenada. Segundo Tucci e Bertoni (2003), esse desordenamento da urbanização das cidades brasileiras tem provocado impactos significativos na população e no meio ambiente, pois a maioria da população procurou ocupar lugares cada vez mais impróprios para moradia, como barreiras, morros e às vezes o próprio leito dos rios, o que propicia carreamento de resíduos sólidos e inundações. Alia-se a isto o grande consumo de produtos de pequena durabilidade como os descartáveis, que provocam o aumento do volume e a diversificação dos resíduos sólidos produzido em todo o País. Dentro desse contexto, a população enfrenta grandes problemas, tais como: resíduos sólidos dispostos de forma inadequada que na maioria das vezes são carreados para riachos, rios e córregos sejam em cidades grandes ou pequenas. Os resíduos sólidos contribuem para a poluição dos recursos hídricos e do meio ambiente.

Durante muito tempo, o objetivo principal da drenagem urbana foi remover as águas da chuva em excesso de forma mais eficiente para minimizar transtornos, prejuízos, riscos de inundações e perdas de vidas. Várias medidas estruturais foram implantadas para solucionar tais problemas. Além de onerosas, por si só, tais medidas não foram eficazes e sustentáveis para solucionar os problemas complexos de drenagem urbana (TUCCI, 2004).

O crescimento da população urbana foi mais acentuado a partir da década de 70, estando próximo a 23% para os países desenvolvidos e 142% para os países em desenvolvimento, no período de 1975 a 2000 (RUBAN, 2003 *apud* SILVA, 2010). No ano de 1950 a população mundial era de 2,5 bilhões, mesmo com as taxas de natalidade decrescendo a população deverá chegar à casa dos 9,3 bilhões em 2050 (TUCCI, 2011).

No Brasil, a poluição das fontes hídricas tem se tornado frequente nos últimos anos, devido à disposição inadequada dos resíduos sólidos, diminuindo a qualidade de vida da população e causando impactos ao meio ambiente, sendo uma das causas o desenvolvimento urbano desordenado que produz aumento na produção de resíduos sólidos, contribuindo substancialmente para a degradação dos recursos hídricos e para a modificação do meio ambiente.

O desenvolvimento urbano envolve a implementação de infraestrutura vinculada ao saneamento básico, conforme a lei nº 11. 445/07 no Brasil o saneamento básico possui componentes, dentre os quais o manejo de águas pluviais, esgotamento sanitário, limpeza

urbana e manejo de resíduos sólidos. A forte interface destes componentes não se reflete na gestão por causa da forma setorial como ela é realizada (TUCCI, 2002). Os problemas ainda são agravados porque no Brasil e demais países semelhantes o desenvolvimento urbano acontece sob condições sócio-econômicas, tecnológicas e climáticas mais difíceis (SILVEIRA, 2001), experimentando 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).

Os sólidos totais em uma área ou bacia urbana podem ter duas origens principais: (a) usos da população; (b) sedimentos, vegetação, entre outros, gerados da erosão pela precipitação e do transporte pelo escoamento. Segundo Tucci (2002), os resíduos sólidos ocorrem em áreas de ocupação consolidada, onde grande parte da área já encontra-se urbanizada. Seu efeito na drenagem urbana aparece secundariamente na década de 1970 (SCHUELLER, 1987) e de forma mais frequente na década de 1990, na África do Sul, Austrália e Nova Zelândia.

Na última década, no Brasil, foram iniciadas as pesquisas sobre resíduos sólidos na drenagem urbana. As primeiras publicações apareceram em eventos científicos, com a abordagem de revisão bibliográfica de trabalhos realizados em outros países. Nos anos de 2004 e 2005 surgiram mais artigos de congresso, apontando para a quantificação de resíduos em rios e também estudos de concepção de estruturas de retenção, como em Jaworowski *et al* (2005). No ano de 2005, surgem dissertações de mestrado, como Brites (2005) e Armelin (2005), seguidas de publicações em congressos. No ano de 2006 surge uma tese de doutorado, (NEVES, 2006), seguida de artigos de revista em âmbito nacional, como Neves e Tucci (2008a e 2008b) e Salles *et al.* (2011), este em periódico internacional. Em 2009, saiu uma publicação em capítulo de livro, no âmbito de uma rede de pesquisa nacional, revisando o assunto (MARQUES *et al.*, 2009). Nos anos de 2010 e 2011, foi publicado um trabalho final de curso de graduação (CERVI, 2010), um capítulo de livro (TUCCI *et al.*, 2010), bem como a publicação em periódico nacional de Neves e Tucci (2011).

Recentemente, apareceram alguns trabalhos na área da bacia do riacho do Sapo, (SANTOS *et al.*, 2012) com e na sub-bacia Grota do Cigano (SANTOS, 2013). No entanto, estes trabalhos foram feitas estimativas da carga pelo método indireto.

As estatísticas de produção referem-se geralmente à coleta domiciliar, onde os valores representam somente o que é coletado. Quanto à limpeza urbana, existe pouca informação sobre os totais deste serviço. Os seus valores dependem da frequência e eficiência na limpeza

e da educação dos moradores. Geralmente, as áreas comerciais têm varrição diária; nas residenciais, há grande variação (ICNZZ, 1996, ALLISON *et al.*, 1998b, ARNOLD e RYAN, 1999). A parcela que atinge o sistema de drenagem é outra parcela com pouca informação e este projeto visa a contribuir para reverter isto, buscando dessa forma continuar os estudos na realidade brasileira de forma a situá-la nas pesquisas internacionais.

Na bacia estudada, a limpeza da área tem grande variação, de coleta, varrição e limpeza no sistema de drenagem. A coleta é diária, porém o horário não é definido, a varrição é de acordo com dias festivos e necessidade que possa ser solicitada através de ofício junto ao órgão de limpeza pública e a limpeza do canal é realizado conforme previsão de intensidade de chuva.

Considerando-se que o modo como ocorreu a urbanização na cabeceira da bacia do Riacho do Sapo (Sub-bacia Grota do Cigano) causou problemas diversos no sistema de drenagem e na própria qualidade de vida da população lá residente e considerando que se trata de uma área com uso do solo homogêneo, julgou-se importante o estudo na área.

Na bacia do riacho do Sapo já foram desenvolvidos diversos estudos como (NEVES, 2007; PIMENTEL, 2009; PEDROSA 2008; LUNA, 2009; OLIVEIRA 2011.), visando a torná-la uma bacia piloto para pesquisas na área de águas urbanas.

Dessa forma, o trabalho contribui para o conhecimento das relações entre variáveis hidrológicas e cargas poluentes, tratando especificamente dos resíduos sólidos que atingem a rede de drenagem da pequena bacia hidrográfica urbana em uma área caracterizada por ocupação em grotas. Estudos como este se fazem necessário para gerar conhecimentos e desenvolvimentos tecnológicos compatíveis às situações, para minimização dos impactos que atingem o meio ambiente. O estudo visa, ainda, a fornecer subsídios para políticas públicas que melhorem e gestão dos serviços públicos ligados e também para melhoria da qualidade de vida da população.

## **1.1 Objetivos**

Sendo assim, a pesquisa teve como principal objetivo caracterizar e quantificar os resíduos sólidos carreados dentro da bacia precisamente na cabeceira do Riacho do Sapo na Grota do Cigano no município de Maceió – AL. Para isso os objetivos específicos a serem alcançados são:

- Quantificar, caracterizar e identificar os tipos de resíduos sólidos carreados no canal até o exutório da referida bacia;
- Correlacionar os resultados obtidos de cada amostra das caracterizações com a precipitação e verificar se a precipitação implica no aumento ou diminuição de massa de resíduos sólidos na drenagem da bacia;
- Estimar a umidade dos resíduos sólidos identificado da bacia do riacho do Sapo;
- Identificar pontos de deposição dos resíduos sólidos e proteção ao redor da bacia.

## **1.2 Resíduos Sólidos**

### **1.2.1 Definição e classificação**

De acordo com a ABNT (2004), os resíduos sólidos são definidos como resíduos no estado sólido e semi-sólido, que resultam das atividades de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, dos serviços de limpeza pública urbana, ficando inclusos 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 o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

São várias as formas possíveis de se classificar os resíduos sólidos. Devido a suas diversidades, classificam-se de acordo com o local de origem ou natureza, as fontes geradoras e as características de contaminação do meio ambiente e hábitos de consumo da população. Segundo ABNT (2004), por meio da Norma Brasileira (NBR) 10.004, os resíduos sólidos são classificados:

Por sua natureza física: seco e molhado.

Por sua composição química: matéria orgânica e matéria inorgânica, sendo que esses resíduos poderão ser aproveitados para a reciclagem, a parte orgânica para a compostagem para a geração de composto e os inorgânicos para reutilizar ou gerar matéria prima para a produção de novos equipamentos.

Pelos riscos potenciais ao meio ambiente: perigosos, não inertes e inertes, são resíduos sólidos que requerem tratamento e destinação diferenciados devidos aos riscos elevados para a saúde pública e risco de morte.

Por exemplo: Resíduo classe I – perigosos, são os que apresentam características de periculosidade, de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, apresentando risco e provocando efeitos adversos a saúde pública e ao meio ambiente.

Resíduo classe II – não perigosos, são os resíduos que apresentam as características de combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água, podendo acarretar problemas a saúde pública.

Resíduo classe II a – não inertes – são os resíduos que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I perigosos ou de classe II B;

Resíduo classe II b – inertes – segundo a NBR nº 10007 e (ABNT, 2004) é qualquer resíduo cujas características não oferecem riscos à saúde pública e ao meio ambiente e quando amostrado de uma forma representativa, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, a temperatura ambiente, conforme NBR nº 10006 e (ABNT, 2004), não tiveram nenhum de seus constituintes solubilizado a concentrações superiores ao padrão de potabilidade de água, acentuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Outra forma de classificação dos resíduos é quanto à origem, onde se destacam: os domiciliares, comerciais, industriais, entulhos, públicos, os de serviços de saúde, portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários, e os resíduos agrícolas.

- Domiciliar: são os resíduos originados na vida diária das residências, constituídos por restos de alimentos (cascas de frutas, verduras, sobras, etc.), produtos deteriorados, jornais e revistas, garrafas, embalagens em geral, papel higiênico, fraldas descartáveis e uma grande diversidade de outros itens.

- Comercial: aquele originado nos diversos estabelecimentos comerciais e de serviços, tais como supermercados, estabelecimentos bancários, lojas, bares, restaurantes, etc. Os resíduos sólidos destes locais têm grande quantidade de papel, plásticos, embalagens diversas e resíduos de asseio dos funcionários, como papel-toalha, papel higiênicos, etc.

- Industriais: originado nas atividades dos diversos ramos da indústria tais como metalúrgicas, química, petroquímica, papéis, alimentícias, etc. Os resíduos desses setores são bastante variados, podendo ser representado por cinzas, lodos, óleos, resíduos alcalinos ou ácidos, plásticos, papéis, madeiras, fibras, borrachas, metais, vidros, cerâmicas, etc.

- Entulhos: são resíduos provenientes da construção civil, composto por materiais de demolições, restos de obras, solos de escavações diversas, geralmente um material inerte, passível de reaproveitamento, porém contêm materiais que podem conferir toxicidade como restos de tintas, solventes, peças de amianto e metais diversos, cujos componentes podem ser removidos caso o material não seja disposto adequadamente.

- Público: é aquele originado dos serviços de limpeza pública urbana: os resíduos de varrição das vias públicas, limpeza das praias, limpeza das galerias, córregos e terrenos vazios, restos de podas das árvores, corpos de animais, etc. Também estão incluídos os de limpeza em áreas de feira livres, constituído por restos vegetais diversos, embalagens, etc.

- Serviços de Saúde e Hospitalar: constituem os resíduos sépticos, ou seja, aqueles que contêm ou potencialmente podem conter germes patogênicos (agulhas, seringas, gazes, bandagens, algodões, órgãos e tecidos removidos, meios de culturas e animais usados em testes, sangue coagulado, luvas descartáveis, remédios com prazo de validade vencido, instrumentos de resina sintética, filmes fotográficos de raios-x, etc.); oriundos de locais como hospitais, clínicas, laboratórios, farmácias, clínicas veterinárias, postos de saúde, etc.

- Portos, Aeroportos e terminais rodoviários e ferroviários: são aqueles que contêm ou potencialmente podem conter germes patogênicos, que se constituem de materiais de higiene, asseio pessoal e restos de alimentos, os quais podem veicular doenças provenientes de outras cidades, estados e países.

- Agrícolas: são os resíduos oriundos das atividades agrícolas e da pecuária. Incluem embalagens de fertilizantes e defensivos agrícolas, rações, restos de colheita e todos resíduos das atividades agrícolas e da pecuária, sendo esta última preocupação crescente pela enorme quantidade de esterco animal gerado nas fazendas de pecuária intensiva. As embalagens de agrotóxicos altamente tóxicos tem sido alvo de legislação específica quanto aos cuidados na sua destinação final.

Apesar do tratamento e a disposição final dos resíduos serem distintos, para cada classificação, infelizmente nem sempre esse procedimento ocorre na maioria dos municípios brasileiros, sendo misturados e colocados em uma única célula sem a devida segregação ou diretamente jogados em lixões transformando-os em um só resíduo.

### 1.2.2 Danos provocados por resíduos sólidos

O homem sempre procurou localizar-se próximos dos rios para obter água para sua sobrevivência e ao mesmo tempo dispor seus dejetos (TUCCI *et al.*, 2003). Contudo, do ponto de vista de saúde pública, a disposição inadequada possibilita não apenas a transmissão de doenças de veiculação hídrica a população, mas também o aumento de vetores e roedores. Nos resíduos sólidos urbanos são encontrados componentes químicos, que descartados de maneira inadequada, são potenciais contaminantes do solo, das águas superficiais e das subterrâneas. Também são encontrados nos resíduos sólidos urbanos componentes biológicos

causadores de doenças e pertencentes à microbiota normal humana, sendo responsáveis por doenças do trato intestinal (ABNT, 2004).

Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE (2011), o Brasil produziu 169 mil toneladas de resíduos sólidos por dia, o montante de resíduos gerados anualmente foi 61.963.368 milhões de toneladas. Desse valor foram coletados 55.534.440 milhões de toneladas/ano (89,6%). Do total de resíduos sólidos produzidos 6,4 milhões de toneladas/ano não receberam destinação adequada, atingindo mares, rios, córregos, sistemas de drenagem urbana, terrenos baldios, encostas, e em outros locais não apropriados para a disposição. Segundo ABRELPE (2011), a geração de resíduos sólidos urbano per capita no Brasil é cerca de 1,045 Kg/hab/dia, sendo que do total gerado, a produção de resíduos sólidos coletados são de aproximadamente de 0,99 kg/hab/dia.

Os valores coletados dependem da frequência e eficiência na limpeza e da educação dos moradores. (ALLISON *et al.*, 1998 b, ARNOLD e RYAN, 1999). Os serviços de varrição e limpeza são deficientes na maioria das cidades brasileiras, em alguns municípios esses serviços se resumem à varrição das ruas pavimentadas ou dos setores de comércio, em seus roteiros determinados de acordo com as prioridades imediatas, executando serviços de capinação e varrição dos logradouros públicos (MONTEIRO, *et al* 2001).

A legislação em vigor que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) nº 12.305/10, de 02 de agosto de 2010, busca soluções para os problemas graves causados pelos os resíduos que compromete a qualidade de vida das cidades e da população brasileira, tal lei aplicam a todos da federação e às pessoas físicas e jurídicas responsáveis, direta ou indiretamente, pela geração de seus resíduos sólidos e que desenvolvam ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos, com construções de seus aterros sanitários, com o intuito de eliminar todos as formas irregular de deposição de resíduo sólido.

### 1.2.3 Resíduos Sólidos em Maceió e limpeza de canais

Atendendo a lei nº 12.305/10, Maceió, desde o ano de 2010, dispõe de aterro sanitário, responsabilizando com o gerenciamento dos seus resíduos. Todo o serviço de limpeza urbana da cidade é de responsabilidade da Superintendência de Limpeza Urbana de Maceió – Slum, órgão da Prefeitura e as empresa terceirizada Viva Ambiental e Limpel, que executam os serviços de varrição, coletas, limpeza de ruas, praças, praias e limpezas e desobstruções de canais. Nas periferias, a varrição ocorre por motivos comemorativos, como eventos, apresentações culturais dentre outros, através de solicitação feita pelos presidentes das

associações de bairros, junto a Slum. A coleta dos resíduos sólidos é feita em dias alternados em toda a cidade. Na área em pesquisa a coleta é diária.

Os resíduos sólidos domiciliares são coletados por caminhões compactadores e caçambas de forma manual. Os resíduos de entulhos e de podas são realizados de forma mecanizada. Os resíduos sólidos de canais de drenagem são coletados com auxílios dos garis e por maquinários: caminhões coletores, caçambas, Poliguindaste, entre outros.

Não existe coleta seletiva dos resíduos domiciliares. Todos os resíduos coletados são levados para o aterro sanitário onde são depositados em uma única célula. Alguns resíduos sólidos são aproveitados no aterro sanitário. Os resíduos sólidos que vêm direto da construção civil e os de podas de árvores são reciclados, os das podas são utilizados na compostagem para fabricação de compostos orgânicos, sendo os mesmos utilizados nas praças públicas e jardins, e, os da construção civil são utilizados em pequenas construções no próprio aterro sanitário e para reparos em ruas não pavimentadas.

Com relação aos serviços de limpeza urbana na cidade de Maceió durante os anos de 2010, 2011 e 2012 destacam-se o órgão da prefeitura a Slum e as empresas terceirizada Viva Ambiental e Limpel. Quanto aos totais coletados entre resíduos domiciliares, poda de árvores e entulhos destaca-se a Viva Ambiental conforme a Tabela 1.

**Tabela 1– Resíduos sólidos coletados em Maceió**

| Cargas anuais de Resíduos Sólidos (ton./ano) |   |                     |       |        |
|--|---|---------------------|-------|--------|
| Empresas prestadoras de serviços             | Descrição dos resíduos coletados                | Períodos de Coletas |       |        |
|  |   | 2010                | 2011  | 2012   |
| Slum   | Resíduos Sólidos domiciliares e entulhos        | 1%                  | 0,5%  | 0,74%  |
| Limpel                                       | Resíduos Sólidos domiciliares, podas e entulhos | 44%                 | 46%   | 47,12% |
| Viva Ambiental                               | Resíduos Sólidos domiciliares, podas e entulhos | 54%                 | 53,5% | 52,13% |

Fonte: Slum (2012)

Atualmente, os serviços de limpeza dos canais são de responsabilidade da Slum. Segundo o órgão, no ano de 2011, foram realizados serviços de limpezas em 17 canais retirando um total de 138.107,96 toneladas.

**Tabela 2 – Limpeza de canais em Maceió**

| Itens       | Canais                      | 2011       |
|-------------|-----------------------------|------------|
|             |                             | ton./ano   |
| 01          | Riacho do Silva             | 24.619,03  |
| 02          | Riacho do Sapo              | 1.846,31   |
| 03          | Riacho Gulandim             | 2.286,00   |
| 04          | Canal Virgem dos Pobres     | 72,20      |
| 05          | Canal do Trapiche           | 11.590,74  |
| 06          | Riacho do Salgadinho        | 29.316,42  |
| 07          | Riacho das Águas Férreas    | 2.894,40   |
| 08          | Canal da grota do Arroz     | 4.058,73   |
| 09          | Canal da Levada             | 867,60     |
| 10          | Canal das Águas Negras      | 505,00     |
| 11          | Canal da Grota do Aterro    | 7.560,00   |
| 12          | Canal Leste – Oeste (Bolão) | 1.297,90   |
| 13          | Lagoa D’Inocoop             | 19.206,00  |
| 14          | Canal Grota do Cigano       | 1.585,30   |
| 15          | Canal da Chã da Jaqueira    | 366,84     |
| 16          | Canal Conj. Joaquim Leão    | 6.784,07   |
| 17          | Canal Rio Jacarecica        | 49.673,00  |
| TOTAL GERAL |                             | 138.107,96 |

Fonte: SLUM (2012)

Durante o ano de 2011 no riacho do Sapo, a limpeza utilizou o sistema de barragem hidráulica móvel, onde as águas do canal foram represadas como mostra a figura 1. Foi retirado do canal do Riacho do Sapo um volume de 431,51 toneladas de material seco. Para a desobstrução do canal e melhor resultado. Foram efetuadas 137 descargas divididas entre os meses de fevereiro, maio, junho, julho, agosto, setembro e dezembro, provocando uma descarga diária, próximo ao shopping, considerando que após as descargas reduziu mais de 90% a infestações de mosquitos. Utilizando a retro escavadeira foi retirado um volume de 1.414,80 toneladas de material seco no trecho da Avenida Gustavo Paiva ao Shopping, os resíduos retirados do canal são levados para a ladeira do óleo próximo ao riacho do Sapo, onde são depositados e após dois ou mais dias para que os resíduos molhados sequem daí são levados para o aterro totalizando esses valores de materiais seco (SLUM, 2012). Este serviço será retomado no ano de 2014, segundo a prefeitura de Maceió.

Na cabeceira do riacho do Sapo na bacia da Grota do Cigano, no ano de 2011, seguindo o cronograma de limpeza de canais entre os meses de janeiro, março e dezembro, foi retirado do canal o volume de 1.585,30 toneladas de material seco, utilizando de equipamento de retro escavadeira - poclain.

**Figura 1– Barragem hidráulica instalada e em operação**



Fonte: Prefeitura de Maceió (2014)

### 1.3 Quantificação de resíduos sólidos na rede de drenagem urbana

Todo o processo de urbanização vem acompanhado dos seus efeitos inseparáveis que são, na maioria das vezes, traduzidas por ocupação indevida de áreas e geração de resíduos sólidos. Segundo Tucci (2004), no desenvolvimento urbano são observados estágios distintos da produção de resíduos sólidos na drenagem, sendo que no estágio final, as superfícies urbanas já estão estabilizadas, restando apenas produção de resíduos sólidos urbanos com algumas parcelas de sedimentos das áreas em construção.

A quantidade de resíduos sólidos produzidos por uma população depende de uma série de fatores, como renda, época do ano, modo de vida, movimento da população nos períodos de férias, fins de semana e novos métodos de acondicionamento de mercadorias e uso de embalagens não retornáveis (CUNHA, 2002).

Vários estudos estimam a quantidade de resíduos sólidos que atingem a drenagem urbana. As vertentes deste tipo de estudo e os resultados estão bem sintetizados em Neves e Tucci (2008a e 2008b).

Recentemente, na Malásia, Lariyah *et al.* (2011), analisaram os resíduos sólidos em duas bacias em área residencial urbana localizada na cidade de Selangor (período de 4 anos). Na área selecionada no *campus* da universidade concluíram que o valor médio das cargas poluidoras brutas obtidas foi de  $347,41 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  e no município Bandar Botanic foi de  $32,46 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ . A autora compara os valores obtidos com outros estudos realizados: Allison *et al.* (1998 b) na Austrália  $41 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ , Cornelius *et al.* (1994) na Nova Zelândia  $0,54 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  e Armitage e Rooseboom, (1998) na África do Sul  $96 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ . Pode-se

perceber que os valores encontrados pela a autora são bastantes elevados em relação aos estudos comparados.

Na Cidade do Cabo, Marais *et al.* (2004) monitorou 9 bacias pilotos de uso do solo e condições socioeconômicas diferentes durante dois anos, divididas em duas etapas: de fevereiro a setembro de 2000 e de fevereiro de 2001 a janeiro de 2002. As etapas tiveram grande importância para avaliar e definir estratégias para a continuação do monitoramento com cestas nas entradas de bocas de lobo e redes nos pontos finais dos condutos de saída das bacias. Foram excluídos das cargas, areia, resíduos de construção civil, pedra e vegetação. As conclusões obtidas foram: entre o ano de 2000 a 2001 houve um aumento na quantidade de material plástico na carga; quanto maior o poder aquisitivo, menores foram as contribuições; os materiais plásticos se sobressaíram em todas as bacias estudadas, exceto as bacias de Summer Greens e Welgemoed. A maior carga em área residencial foi de  $72 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ .

No Brasil, segundo Neves e Tucci (2008a), há várias pesquisas no tema. Na bacia do Bananal em São Paulo, em uma área num processo final de urbanização, foi retirado  $138 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$  de resíduos no sistema de drenagem da bacia, sendo que 13% da população reside nas margens dos córregos em habitações subnormais (ARMELIN, 2005).

Na cidade de Santa Maria, Brites (2005), realizou pesquisa avaliando os resíduos sólidos carreados pelo sistema de drenagem em duas bacias hidrográficas urbanas no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul: a bacia Cancela e a bacia Alto da Colina foram estudadas no ano de 2004, no período de abril a dezembro. A bacia Cancela apresenta área de  $4,95 \text{ Km}^2$ , com 56% de área urbanizada. A bacia Alto da Colina possui área de  $3,34 \text{ Km}^2$ , com área de 22,3% urbana, e 77,7% de área rural. As coletas realizadas após evento de precipitação, onde o material retirado das redes de drenagem foi classificado em matéria orgânica e matéria inorgânica. Os resultados obtidos na bacia Cancela são compostos de matéria orgânica, folhas, caules, raízes e vegetação. No que se refere a matérias inorgânicas o principal constituinte foram às sacolas plásticas de supermercados. Na bacia Alto da Colina a matéria orgânica apresentou 62,9% do volume total de todo o resíduo coletado, composta de folhas e caules de médio porte. Apenas 29% do volume total constituiu-se de sacolas plásticas de supermercado e garrafas PET. Comparando as duas bacias, afirma-se que ambas apresentam maiores quantidades de plásticos composta basicamente de garrafas PET e sacolas plásticas, a bacia Cancela apresentou uma carga de resíduos sólidos, igual a  $8,41 \text{ Kg ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$  na bacia Alto da Colina obteve carga de resíduos de  $3,22 \text{ Kg ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ , para a autora as diferenças encontradas estão relacionadas com as características próprias de cada bacia.

No município de Foz do Iguaçu, Cervi (2010), caracterizou e quantificou os resíduos sólidos na rede de drenagem do arroio Ouro Verde, na região do Porto Meira, em três pontos distintos da bacia, ponto 1: perímetro rural, ponto 2: área urbana/comercial e ponto 3: área urbana. Utilizando de redes retentoras com malha de 3 cm para reter os resíduos. Foram feitas as análises semanalmente no período de cinco meses, totalizando 8 coletas. Nos pontos mais afastados das áreas urbana/comercial no ponto 3, não houve coleta dos resíduos nas 3 primeiras coletas. Porém, a intensidade da precipitação mostra que os resíduos sólidos são carreados, mostrando captura dos mesmos em todos os pontos onde se encontravam as armadilhas. A carga diária obtida na rede de drenagem do arroio Ouro Verde é de 13,54 kg·dia<sup>-1</sup> em média durante cinco meses, o período da pesquisa, multiplicado por 30 dias temos uma carga de 406,20 kg·mensal<sup>-1</sup> multiplicando esse valor por 5 meses e dividindo o resultado pelo número de habitantes temos uma carga *per capita* de 0.053kg·dia<sup>-1</sup>.

Como se pode ver, os valores encontrados por Lariyah *et al.* (2011), na Casa Amanah campus é de 347,41 kg·ha<sup>-1</sup>·ano<sup>-1</sup>, bem mais elevados que aqueles encontrados nos estudos realizados na África do Sul e Brasil.

Na cidade de São Paulo, Armelin (2005), durante 11 meses, entre setembro 2003 a agosto de 2004, estimou de forma indireta os resíduos sólidos que atingiram o reservatório de retenção da bacia do córrego do Bananal, localizada no Jardim Vista Alegres no Distrito de Brasilândia. Durante a pesquisa foram coletados dados de coleta de resíduos sólidos na bacia, e da população atendida pelo serviço de coleta de resíduos sólidos, através das subprefeituras e dados dos setores censitários. Admitindo algumas hipóteses, o valor obtido foi de 194 kg·ano<sup>-1</sup>. A autora multiplicou o número de domicílio que dispunha seus resíduos sólidos na bacia, pela taxa de ocupação de domicílio, pela taxa *per capita* de produção lixo, estimada em 0,83 Kg hab<sup>-1</sup>·dia<sup>-1</sup>. O valor de 194 kg·ano<sup>-1</sup> corresponde a 138 kg·ha<sup>-1</sup>·ano<sup>-1</sup> sendo um valor maior que o observado na África do Sul.

No Sul do país, em Viamão – Rio Grande do Sul foi realizado estudo para monitoramento dos resíduos sólidos em um riacho urbano. A bacia hidrográfica tem área aproximadamente 0,82 km<sup>2</sup>, com densidade demográfica elevada, praticamente urbanizada. Os resíduos são capturados por armadilha construída no local pra essa finalidade. Após 11 medições, os valores médios de resíduos capturados na armadilha foram de 295 Kg. Concluiu que a maioria dos resíduos coletados trata-se de matérias orgânicas, seguindo de plásticos rígidos e mole, calçados e grande volume de isopor. A pequena parcela coletada de PET (Politereftalato de etileno) e alumínio está relacionada ao valor comercial, sendo retirados pelos catadores antes de chegar ao canal (JAWOROWSKI, 2008).

Nas pesquisas realizadas na área de resíduos sólidos na drenagem urbana, geralmente são abordados a questão da quantificação e caracterização dos resíduos e eficiência de armadilha. A Tabela 3 e a Tabela 5 mostram resultados de pesquisas com a quantificação e caracterização dos resíduos.

**Tabela 3 – Pesquisa de quantificação de resíduos sólidos na Drenagem Urbana**

| Local                                   | Descrição  | Peso<br>kg.ha-<br>1.ano-1   | Volume<br>m3.ha-<br>1.ano1 | Fonte   |
|---|--|---|----------------------------|---|
| Springs,<br>África do<br>Sul            | <i>Central Busines District</i> ; área de 299 ha com 85% de uso comercial/industrial e 15% de uso residencial; 82,5% é limpo das ruas e 17,5% vai para o sistema de drenagem                                 | 82  | 0,86                       | ARMITA<br>GE et al.<br>(1998)                               |
| Joanesburg<br>o                         | Distrito Central, com 8 km <sup>2</sup> , área residencial, comercial e industrial   | 48  | 0,5                        | idem  |
| Auckland,<br>Nova<br>Zelândia           | Residencial.<br>Industrial.<br>Comercial.  | 5,22<br>1,03<br>2,20  | 0,054<br>0,011<br>0,023    | CORNELI<br>US et al,<br>1994                                |
| Cidade do<br>Cabo,<br>África do<br>Sul. | Área com 90% residencial, 5% comercial, e 5% industrial. Os autores não informaram a área, estimando para a região metropolitana.  | 18  | 0,189                      | ARNOLD<br>e RYAN,<br>(1999)                                 |
| Melbourne,<br>Austrália                 | 1. 50 ha de área com 35% de área comercial e 65% residencial.<br>2. **Dois eventos diários, área residencial-comercial 15,8 ha.<br>Residencial – 20,2 ha.<br>Industrial leve – 2,5.<br>Saída da bacia total. | 6*<br>0,116 e<br>0,410<br>0,34 e<br>0,127<br>0,162 e<br>0,020<br>0,077 e<br>0,163 | 0,02*                      | ALLISON<br>et al, 1998                                      |
| Sydney,<br>Austrália                    | Área comercial, industrial e comercial com 322,5 ha.   | 1,81*   | 0,019*                     | BROWNL<br>EE, 1995<br>apud<br>ARMITA<br>GE et al.<br>(1998) |
| Bacia<br>Cancela,<br>Santa<br>Maria/RS  | Área de 4,95 km <sup>2</sup> , com 56% de área urbana e 35% de sua área total impermeabilizada.  | 1,47*   | 0,01*                      | BRITES<br>(2005)  |

| Local                                | Descrição  | Peso<br>kg.ha-<br>1.ano-1 | Volume<br>m3.ha-<br>1.ano1 | Fonte          |
|--------------------------------------|--|---------------------------|----------------------------|----------------|
| Bacia Alto da Colina, Santa Maria/RS | Área de 3,34 km <sup>2</sup> , sendo 22,3% área urbana e 77,7% rural.  | 0,91*                     | 0,01*                      | Idem           |
| Bacia do córrego Bananal, São Paulo  | Em processo final de urbanização, com 13% da população residente assentada em habitações subnormais, nas margens dos córregos. | 138                       |                            | ARMELIN (2005) |

Fonte: Neves e Tucci, (2008a)

\*os autores fizeram os cálculos sem vegetação e sedimentos; \*\*eventos diários, a unidade é de kg/ha por dia do evento.

**Tabela 4 - Resumo da quantificação de resíduos no sistema de drenagem, na Cidade do Cabo (MARAIS et al., 2004)**

| Cargas anuais de lixo (kg.ha-1.ano-1) |   |                       |      |           |
|---------------------------------------|---|-----------------------|------|-----------|
| Nome da Bacia                         | Descrição   | Período de observação |      |           |
|                                       |   | 2000                  | 2001 | 2000/2001 |
| Imizamo yethu                         | Residencial informal com população muito pobre e sem varrição nas ruas  | 59                    | 40   | 45        |
| Ocean View                            | Residencial com população pobre e sem varrição nas ruas. Presença de condomínios com apartamentos de 3 andares e com densidade habitacional (DH) em torno de 60 hab/ha)                         | 72                    | 19   | 41        |
| Cidade do Cabo CBD (C)                | Centro comercial da cidade, com prédios de escritórios, hotéis, lojas, comércio informal, terminal de ônibus. Ruas varridas até 3 vezes ao dia com eficiência de remoção de aproximadamente 99% | 42                    | 14   | 23        |
| Cidade do Cabo CBD (D)                |   | 46                    | 10   | 22        |
| Cidade do Cabo CBD (E)                |   | 111                   | 35   | 59        |
| Fresnaye                              | Residencial com apartamentos e população de maior poder aquisitivo e DH inferior a 20 hab/ha  | -                     | 0    | 0         |
| Summer Greens                         | Residencial com população de classe média e sem varrição nas ruas. DH superior a 55 hab/ha  | 6                     | 6    | 6         |
| Montague Gardens                      | Indústrias leves e sem varrição das ruas  | 51                    | 14   | 28        |
| Welgemoed                             | Residencial com população de renda alta e sem varrição nas ruas. DH em torno de 15 hab/ha   | 0                     | 0    | 0         |

Fonte: Neves e Tucci (2008)

Ainda no Brasil Neves e Tucci (2008b) realizaram um balanço de massa em uma bacia hidrográfica na cidade de Porto Alegre, através de métodos indiretos para determinar a carga potencial que pode atingir a rede de drenagem e por medição direta para determinar a carga

real. Os resultados estão resumidos na Tabela 5. Os valores são baixos porque há serviço de coleta regular e não há pontos de despejo clandestino na bacia.

**Tabela 5– Balanço de massa em uma bacia urbana de Porto Alegre**

| Item  | Característica   |
|---|--|
| Area  | 192ha  |
| População (2000)                            | 13.019hab  |
| Densidade populacional                      | 67,8hab/ha   |
| Uso e ocupação do solo                      | 42% residencial, 21% comercial e o restante praticamente sem habitação   |
| Parcela da bacia na programação de varrição | 0,956km <sup>2</sup> ou 49,8% da área  |
| Densidade de ruas programadas para varrição | 0,16km/ha  |
| Frequências de varrição                     | Uma vez por semana na maior parte da área residencial, dias alternados na menor parte da área residencial, diariamente na área comercial, quinzenalmente em dois trechos de duas avenidas. |
| Coleta Domiciliar                           | 1.652 toneladas em 8 meses ou 0,53 kg.hab-1.dia-1  |
| Coleta da varrição                          | 4,97 kg.hab-1.ano-1  |
| Lixo na entrada da drenagem                 | 108,3g.hab-1.ano-1   |
| Lixo na saída da drenagem <sup>1</sup>      | 11,7kg.ha-1.ano-1<br>33,2g.hab-1.ano-1 ou<br>3,58kg.ha-1.ano-1   |
| Retido na drenagem                          | 75,1g.hab-1.ano-1  |
| Papel na entrada                            | 42,3g.hab-1.ano-1  |
| Papel na saída                              | 2,5g.hab-1.ano-1   |

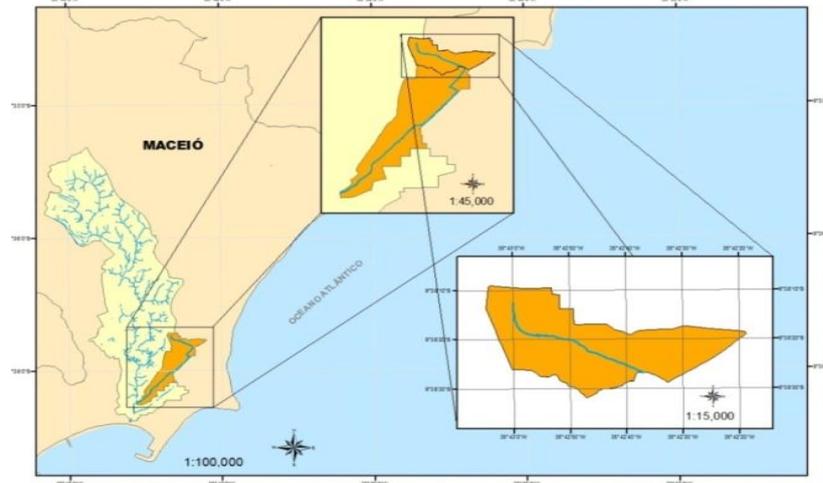
Fonte: Neves e Tucci, 2008b)

<sup>1</sup> valor calculado em função da área ocupada da bacia

## 2 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo foi a bacia Grota do Cigano, que compreende a cabeceira da bacia do hidrográfico do riacho do Sapo, já estudada em diversos trabalhos anteriores (SANTOS, 2013, PEPLAU, 2013, BARROS, 2012 e HENRIQUE, 2012). A mostra a localização da área de estudo em relação à cidade de Maceió e à bacia do Riacho do Sapo.

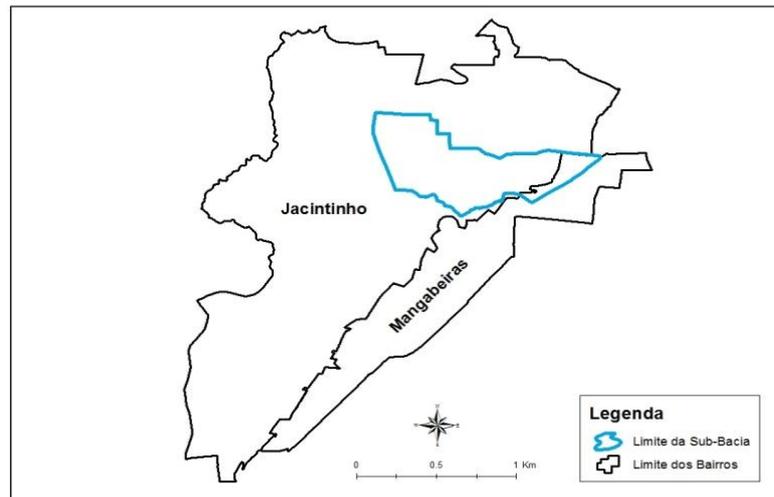
**Figura 2 - Localização do Riacho do Sapo com destaque para a Grota do Cigano.**



Fonte: Santos (2013)

A bacia da Grota do Cigano tem uma área de  $0,48 \text{ km}^2$  (48 hectares), com acesso tanto na cabeceira quanto no seu exutório pela Rua São Jorge (cabeceira) ou rua da Esperança (exutório), transversais, respectivamente, a duas das principais vias da cidade de Maceió: rua Cleto Campelo no bairro do Jacintinho e Avenida Comendador Gustavo Paiva no bairro de Mangabeiras (Figura 3).

**Figura 3 – Bacia Grota do Cigano e bairros.**



Fonte: Santos (2013)

Na Figura 4 estão as sub-bacias utilizadas em diversos trabalhos realizados na bacia, dentre as quais as sub-bacias 1 e 2 compõem a Grota do Cigano.

**Figura 4 - Bacia do Riacho do Sapo discretizada**



Fonte: Peplau (2013)

Peplau (2013) obteve as declividades médias destas sub-bacias por geoprocessamento e na Tabela 6 pode-se ver que a declividade média da bacia Grota do Cigano é alta, o que pode ser um fator facilitador do arraste de resíduos, haja vista que declividades grandes geram escoamentos com velocidades altas, mesmo em eventos de precipitações mais frequentes.

**Tabela 6 – Declividades da bacia Grota do Cigano**

| Sub-bacia | Área (ha) | Declividade (%) |
|-----------|-----------|-----------------|
| 1         | 6         | 6,5             |
| 2         | 42        | 20,1            |

Fonte: Autora (2012) a partir do levantamento de Peplau (2013)

Também a partir do levantamento de seções transversais realizado por Peplau (2013), obtiveram-se algumas declividades em trechos do canal na Grota do Cigano, sendo este canal o início do riacho do Sapo. Perto da cabeceira, a declividade atinge cerca de 4% e perto do exutório 1%, de modo que mais a montante predomina a capacidade de arraste, enquanto que a jusante predomina a capacidade de armazenamento.

Santos (2013) utilizou um método indireto de estimação de carga de resíduos na drenagem urbana proposto por Armelin (2005), baseado em dados de setores censitários do IBGE (Figura 5). A população da bacia foi estimada em 15.811 habitantes e a carga de resíduos sólidos no canal foi estimada em  $262 \text{ Kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ .

Trata-se de uma sub-bacia que tem suas águas canalizadas, e em grande parte o canal é coberto com construções irregulares, dificultando a limpeza e desobstrução do mesmo.

O riacho do Sapo nesta localidade está canalizado e a presença de resíduos sólidos é significativa. É comum ver construções sobre o canal e despejo de resíduos sólidos e líquidos. Nessa área não ocorre nenhum tipo de varrição e a coleta domiciliar não a atinge totalmente, pois as ruas transversais às ruas Esperança e São Jorge são estreitas e íngremes, típico das grotas na cidade de Maceió, fazendo com que grandes quantidades de resíduos sólidos sejam depositados pela população em pontos não identificados pela prefeitura, na pista principal que corta a grotá. Estes resíduos acabam sendo carreados pelo escoamento superficial para o riacho sem obstáculos que possam impedi-los ou na maioria das vezes jogados pelos próprios moradores. Como mostra a Figura 6.

**Figura 5 - Bacia Grotá do Cigano com a ocupação total da área**



Fonte: Google (2012)

**Figura 6 – Susceptibilidade ao depósito de Resíduos sólidos no riacho**



Fonte: Autora (2012)

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Materiais

Os materiais abaixo foram utilizados nas coletas de resíduos no canal:

- Equipamentos de proteção individual – EPI's (roupas próprias de uso individual, capas plásticas para chuva, óculos, luvas impermeáveis, botas de borracha cano longo, máscaras);
- Materiais para a separação dos resíduos sólidos (pás, enxadas, garfos, ciscadores);
- Sacos plásticos de 100 litros, para acondicionar, transportar as amostras e facilitar a pesagem do mesmo;
- Uso de balança digital com peso máximo de 60 kg e balança de precisão, Modelo Ay 220;
- Grade de ferro como armadilha.

Os EPI's foram emprestados pela Slum (Superintendência de Limpeza Urbana do Município), e pelo LSA (Laboratório de Saneamento Ambiental da UFAL). Os materiais para separação dos resíduos foram adquiridos pela equipe, bem como sacos plásticos. Quanto às balanças, inicialmente foi utilizada uma balança que estava em desuso pelo Lema (Laboratório de Estruturas e Materiais da UFAL) e depois outra balança digital portátil adquirida pela autora. Houve uma comparação entre as duas balanças e as mesmas apresentaram resultados praticamente iguais.

Quanto à armadilha, era de interesse desta dissertação o projeto e a construção de um modelo para uso. Este modelo teve um projeto preliminar (CARVALHO e NEVES, 2012), mas sua construção foi abortada, pois o desenvolvimento do trabalho e a leitura de outros estudos anteriores (SALLES *et al.*, 2011) mostraram ser mais viável a instalação de barreira móvel. Após as primeiras coletas, percebeu-se que na bacia da Grota do Cigano, a quantidade de resíduo despejado no canal é muito maior do que se previa, de modo que colocar uma armadilha fixa sem a garantia de ter pessoal para observar o que acontecia continuamente poderia causar muito transtorno à população dos arredores do ponto de estudo.

Quanto à precipitação, primeiramente foram obtidos dados de precipitação de um pluviômetro de báscula instalado na Maternidade Santa Mônica, a cerca de 2,5 km, em linha reta, para jusante do exutório da bacia Grota do Cigano. Por problemas neste pluviômetro, somente foi possível ter dados para relacionar com as caracterizações entre os meses de junho de 2012 a fevereiro 2013. Obtiveram-se também dados de um pluviômetro instalado na

Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Semarh, distante cerca de 4 km, em linha em reta, do exutório da bacia.

### 3.2 Métodos

A pesquisa teve início no mês de junho do ano de 2012 e terminou no mês de abril do ano de 2013. Foram feitas 13 coletas, sendo que no primeiro momento foram realizadas seis coletas no período de dois meses 10 dias compreendendo as datas de 22 de junho a 01 de setembro do ano de 2012. Foram realizadas 6 coletas no primeiro momento utilizando-se de um intervalo de 15 dias de uma coleta para outra, sempre das sextas feiras para os sábados, com a instalação seguida da retirada dos resíduos após 24h, com datas mostradas na Tabela 7.

**Tabela 7– Datas das realizações das coletas e instalação da armadilha**

| Data das realizações | armadilha | Coletas    | armadilha | Dias da Semana |
|----------------------|-----------|------------|-----------|----------------|
| 22/06/2012           | instalada |            |           | Sexta          |
| 23/06/2012           |           | 1ª coleta  | retirada  | Sábado         |
| 06/07/2012           | instalada |            |           | Sexta          |
| 07/07/2012           |           | 2ª coleta  | retirada  | Sábado         |
| 20/07/2012           | instalada |            |           | Sexta          |
| 21/07/2012           |           | 3ª coleta  | retirada  | Sábado         |
| 03/08/2012           | instalada |            |           | Sexta          |
| 04/08/2012           |           | 4ª coleta  | retirada  | Sábado         |
| 17/08/2012           | instalada |            |           | Sexta          |
| 18/08/2012           |           | 5ª coleta  | retirada  | Sábado         |
| 31/08/2012           | instalada |            |           | Sexta          |
| 01/09/2012           |           | 6ª coleta  | retirada  | Sábado         |
| 02/04/2013           | instalada |            |           | Terça          |
| 03/04/2013           |           | 7ª coleta  |           | Quarta         |
| 04/04/2013           |           | 8ª coleta  |           | Quinta         |
| 05/04/2013           |           | 9ª coleta  |           | Sexta          |
| 06/04/2013           |           | 10ª coleta |           | Sábado         |
| 08/04/2013           |           | 11ª coleta |           | Segunda        |
| 09/04/2013           |           | 12ª coleta |           | Terça          |
| 10/04/2013           |           | 13ª coleta | retirada  | Quarta         |

Fonte: Autora (2013)

Para a retenção dos resíduos sólidos da bacia da Grota do Cigano, foi instalada uma grade reaproveitada da construção civil e adaptada na seção do exutório onde já havia duas

barras de ferro colocadas pelo serviço da Prefeitura para o mesmo fim. O que se fez então foi aumentar, em relação a grade da Prefeitura a eficiência de retenção dos resíduos no local. O canal era limpo a montante do local para a instalação da grade, pois a mesma era instalada verticalmente e amarrada com arames para fixá-la de maneira segura. Sempre era instalada pela manhã 09:00h de um dia e retirada no dia seguinte também às 09:00h. Neste intervalo de 24 horas era feita a retirada de todos os resíduos carreados, dando início ao processo de pesagem e caracterização. A seguir os passos detalhados:

- Visitas à bacia: foi feita investigação acerca da coleta dos resíduos sólidos na bacia, através de visitas a campo e ao órgão responsável pela limpeza da área (Slum). Nos primeiros dias foram levantadas as frequências de coletas domiciliares e comerciais, os dias das varrições, calendário e registros de limpezas de canais. A bacia foi percorrida a pé, sendo obtidas informações da população. Foram identificados pontos de deposição dos resíduos sólidos de forma aleatória, falta de muretas ao redor do canal, residências construídas em cima do canal dificultando as retiradas de resíduos sólidos e com suas instalações hidrosanitárias lançando diretamente para dentro do canal todos os dejetos;
- Definição do gradeamento para retenção dos resíduos: para reter os resíduos sólidos carreados no riacho até a seção, fez-se necessária a construção de uma armadilha com 6 (seis) barras de aço usada para construção civil. Conforme Figura 8, foram 4 (quatro) barras posicionadas na vertical, de comprimento próximo a 1,20 m, com ancoragem tipo gancho na extremidade superior adaptada para se fixar na soleira previamente existente no trecho do canal e 2(duas) barras de comprimento próximo de 2,20 m (largura da seção transversal do canal) posicionadas na horizontal. A largura máxima dos espaços entre as barras foi de aproximadamente 30 cm. No entanto, logo após a primeira coleta dos resíduos ela foi danificada e logo substituída por 2 (duas) grades de ferro reaproveitadas de resíduos da construção civil, suas dimensões eram de 1,5mx1m com separações das barras de 10 cm, foram posicionadas na vertical para melhor eficiência;
- Instalação de gradeamento: para as realizações das coletas no primeiro momento a grade era instalada no canal com antecedência de 24h da coleta dos resíduos. Todos os resíduos sólidos ali encontrados no dia da limpeza eram retirados até cerca de 10 m a montante do local da instalação, instalando-se em seguida a grade. Sempre era instalada pela manhã 09:00h do dia marcado e só retirada no dia seguinte as 09:00h, após o intervalo de 24 h da instalação. A retirada dos resíduos sólidos retidos na armadilha era realizada por funcionários da Slum ou morador contratado para o dia da coleta e a equipe de estudantes composta por Lucile, Thaís (Engenharia Ambiental e sanitária), Pedro Paulo (Engenharia

Civil), José Paulo e Luciene da Silva (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) como mostra a Figura 7.

**Figura 7 - Equipe de trabalho**



Fonte: Autora (2013)

- Coletas de resíduos na grade: toda a massa de resíduo sólido foi coletada manualmente, utilizando-se de pá. Foram feitas 13 coletas no exutório da bacia da Grota do Cigano, no período da manhã após 24h passada da instalação da armadilha;
- Pesagem e caracterização: após a retirada dos resíduos sólidos do canal, fazia-se a pesagem e anotação dos valores. Nas amostras coletadas, os resíduos retidos na armadilha eram retirados e colocados no solo, sendo esta área limpa previamente. Os resíduos sólidos retirados eram separados manualmente, acondicionados por tipo em sacos plásticos de 100 litros e pesados separadamente. Alguns tipos de resíduos trazem consigo bastante água, sobretudo os plásticos, os tecidos e restos de madeira. Eles foram pesados assim, mesmo sabendo que o interesse estava no resíduo seco, correspondente aquele despejado no canal, pois não havia tempo para secagem do material. A forma encontrada para se estimar o quanto de água ficava retido nos materiais foi retirar amostras de tecido, sacolas plásticas e madeira, sendo estas colocadas para secar durante uma semana. A secagem ocorreu ao ar livre, pois houve o receio de levá-las contaminadas para a estufa do laboratório;
- A análise da relação com a precipitação foi realizada com os dados dos dois pluviômetros e procurou verificar se a quantidade de resíduo tem relação somente com a precipitação ocorrida no mesmo intervalo de tempo do acúmulo de resíduos na grade ou se também tem a influência de dias anteriores, haja vista que visitas a bacia mostraram a constância no despejo impróprio no canal.

Um fato foi determinante, após o dia 23/05/2012, quando da colocação da segunda grade móvel em substituição à primeira grade fixa. Após a colocação da grade fixa (Figura 8), nas 24hs não chegou material. A partir desse momento, foram feitas visitas diárias para observar se já havia resíduos sólidos retidos, o que não foi verificado nem no primeiro nem no segundo dia. No terceiro dia de visita ao canal, a equipe foi surpreendida com a grande quantidade carreada na rede de drenagem (Figura10), que se acumulou e transbordou para a rua conforme a (Figura 11). Foram registrados no dia 25 de maio, 22,2mm e 14,25mm, nos pluviômetros Semarh e Stª Mônica, respectivamente, depois de vários dias secos.

**Figura 8 – Instalação da primeira grade**



Construção da primeira grade



Limpeza antes da colocação



Primeira grade colocada

Fonte: Autora (2012)

Foram retiradas aproximadamente 25 toneladas de resíduos sólidos (sedimentos, materiais orgânicos).

**Figura 9 – Retirada dos resíduos sólidos após a instalação da primeira grade**



Fonte: Autora (2012)

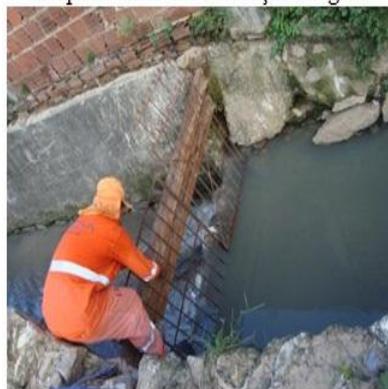
**Figura 10 – Passo a passo da coleta e pesagem com a grade utilizada**



Limpeza antes da colocação da grade



Resíduos retirados do canal

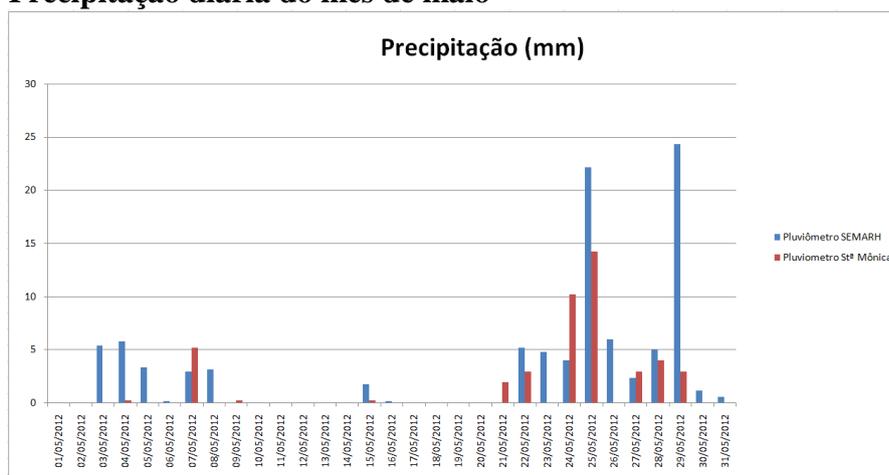


Colocação da grade móvel



Pesagem

Fonte: Autora (2012)

**Figura 11 - Precipitação diária do mês de maio**

Fonte: Semarh (2012) e Autora (2012)

No dia 30 de maio, uma equipe da empresa Viva Ambiental, prestadora de serviços de limpeza, terceirizada pela prefeitura do município, retirou os resíduos acumulados, resultando, segundo o encarregado de limpeza, no total de 25 toneladas (Figura 12). A última limpeza tinha ocorrido em novembro de 2011, seguindo o cronograma anual de limpeza. Devido a atrasos em licitações com as empresas, não foi possível seguir o cronograma para o ano de 2012, nos meses de abril, maio, junho, outubro e novembro, ficando o canal pra ser limpo conforme necessidade.

Este acontecimento fez com que fossem tomadas três decisões:

- 1) Não era possível construir uma armadilha que pudesse ser deixada no local por muitos dias, pois em eventos chuvosos ela poderia provocar inundações no local. Seria um investimento com perda certa;
- 2) mesmo uma armadilha simplificada como a construída inicialmente não poderia ser deixada permanentemente no local;
- 3) decidiu-se então colocar uma armadilha provisória, de tal forma que fosse somente colocada no local quando se tivesse a certeza de que haveria uma equipe para trabalhar nela em dias determinados.

De certa forma, então, houve uma subestimação do potencial de massa de resíduos que poderia atingir o exutório de uma bacia tão pequena, o que mostra a dificuldade deste tipo de pesquisa em áreas caracterizadas por um aspecto de grotas, comuns em muitos pontos da cidade de Maceió.

As coletas ocorreram nos meses de junho, julho e agosto de 2012 e nos meses: março e abril de 2013. As coletas ocorreram em dias de sábado, por causa da disponibilidade da

equipe. No entanto, no mês de abril de 2013, foi realizada uma série de visitas para coletas durante 10 dias seguidos.

A análise das relações entre o que foi precipitado e a quantidade dos resíduos sólidos carreados no canal procederam-se da forma seguinte:

- 1) Primeiramente observou-se se havia alguma relação entre a precipitação e a massa nas 24 horas correspondentes ao intervalo entre a limpeza/colocação da grade e a retirada do resíduo/pesagem/retirada da grade;
- 2) Em segundo lugar, observaram-se os dados de precipitação em dias anteriores ao dia de coleta de resíduos, para verificar como chuvas em dias anteriores influenciavam a quantidade de resíduos pesados nesse dia.

Uma observação importante é a seguinte: a grade não tem 100% de eficiência na retenção dos resíduos, de modo que a quantidade coletada não é a quantidade que atinge o canal, no ponto escolhido. Nos trabalhos de realizado por Neves (2006) e Neves e Tucci (2008b) foi utilizada uma eficiência de 65%, baseando-se em outras referências (ALLISON et al., 1998a) e justificando que o sistema era semelhante aquele que possui uma eficiência com este valor. Este sistema consiste em armadilhas presentes em bacias projetadas para, dentre outras funções, reter sedimentos (Figura 13).

**Figura 12– Início da pesquisa e limpeza pela equipe da Slum**



Limpeza antes da instalação da armadilha

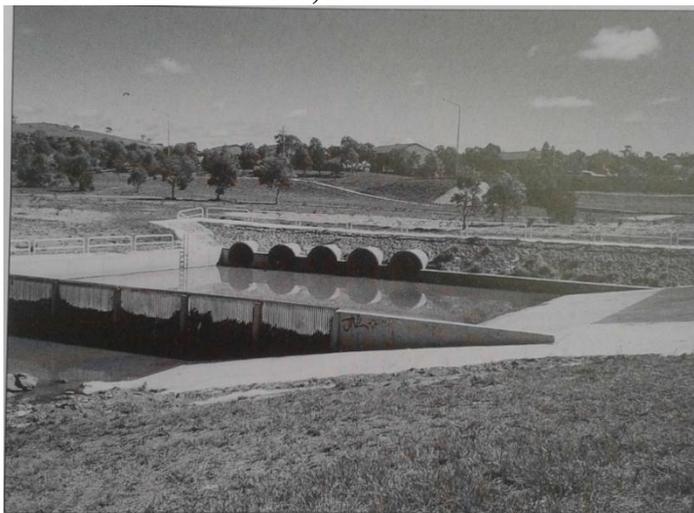
Armadilha instalada na bacia Grota do Cigano

Fonte: Autora (2012)

Allison et al. (1998a) cita trabalhos realizados na Austrália que determinaram eficiências entre 5% e 14%, sendo estes valores baixos devido principalmente a problemas bloqueio e escoamentos que ultrapassam o nível da grade em vazões altas.

Na grade instalada deste trabalho, pode-se dizer que a eficiência de retenção é baixa logo após a instalação (canal limpo) porque os primeiros itens de materiais passam entre as grades. A eficiência melhora um pouco quando alguns resíduos começaram a se prender na grade, gerando um efeito de “diminuição da malha”. Em dias com chuva, esta “diminuição da malha” ocorria de forma mais rápida. Após a maior parte da chuva passar, certamente há o problema de o resíduo passar por cima da armadilha, fazendo cair novamente a eficiência.

**Figura 13- Grade instalada em Canberra, Austrália**



Fonte: Allison et al. (1998a)

Sendo assim, esta pesquisa fornecerá resultados vindos da coleta, fazendo, no entanto, uma estimativa de um intervalo de valores a partir dos valores de 5% e 65%. Seria necessária a instalação, a jusante da grade, de alguma estrutura que garantisse eficiência próxima de 100%, com um monitoramento praticamente diário, com equipes de limpeza para fazer isto, o que foi inviável no local e no período de estudo.

**Figura 14 – Momento em que alguns resíduos começam a se prender nas grades utilizadas**



Fonte: Autora (2012)

Deve-se registrar que houve a dificuldade para explicar a equipe da Prefeitura ou de empresas terceirizadas do por que da necessidade de dois dias de limpeza; os ajudantes sempre pensavam que a pesquisa era sobre limpeza e não entendiam o fato de terem que voltar no dia seguinte. Alegava-se, dessa forma, que o canal tinha sido limpo dias anteriores e não existia a necessidade de deslocar pessoas para retirar os resíduos sólidos retidos na armadilha.

Isto obrigou a equipe a contar com a ajuda de moradores do local para realizar o serviço. Daí aparecia outra dificuldade, que era de convencer a estas pessoas do uso dos equipamentos de proteção da forma correta, de fazer o trabalho e ainda ter que desembolsar dinheiro para elas. Em uma ocasião, por exemplo, a pessoa que ajudou a equipe na limpeza retirou o resíduo pela manhã cedo, antes de completar 24h, prejudicando a pesagem neste dia.

A falta de segurança na área de trabalho e o risco de vir uma chuva e provocar alagamentos no local não permitiam que se deixasse a armadilha sem que houvesse alguém vigiando, pois a mesma poderia ser retirada. Sendo a bacia pequena e não havendo possibilidade de permanência da armadilha era necessária a presença de alguém para ficar responsável pela segurança da mesma. A instalação dependia da disponibilidade da equipe, sendo quase aleatória, o que nem sempre era proveitoso em termo de eficiência. Isto é, se a chuva ocorresse à noite, pela manhã não mais havia detritos a ser retidos, pois em duas ou três horas os detritos já haviam sido carregados para o corpo de água.

Se a sorte fosse a favor e a chuva ocorresse após a instalação, havia a possibilidade de não haver condições de catalogar todo o material recolhido devido à grande quantidade apontada e o transtorno devido ao barramento que propiciava a invasão da rua pelos detritos.

Dessa maneira foram apenas algumas captações bem sucedidas em termos de condições de chuva e de mão de obra para fazer a caracterização de maneira precisa. Muitos foram imprecisos ou pela falta da chuva ou a presença, pois o canal já estava lavado, ou por excesso, aporte muito rápido e abundante de material.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Descrições gerais das condições da bacia a partir de visita de campo**

Como já dito, a pesquisa iniciou-se com a caracterização da bacia, a partir das informações disponíveis obtida em outros trabalhos e visitas a campo de maneira a detalhar informações tais como porque os resíduos chegavam com tanta facilidade ao canal. Buscou-se visualizar detalhes do uso do solo através de fotos.

A área estudada é a mesma pesquisada por Santos (2013), onde foi estimada por método indireto a carga de resíduos sólidos carregado no canal, utilizando o método realizado por Armelin (2005) no reservatório de detenção do Bananal, localizado no trecho final do córrego do Bananal no Jardim Vista Alegre – Distrito de Brasilândia em São Paulo, afluente

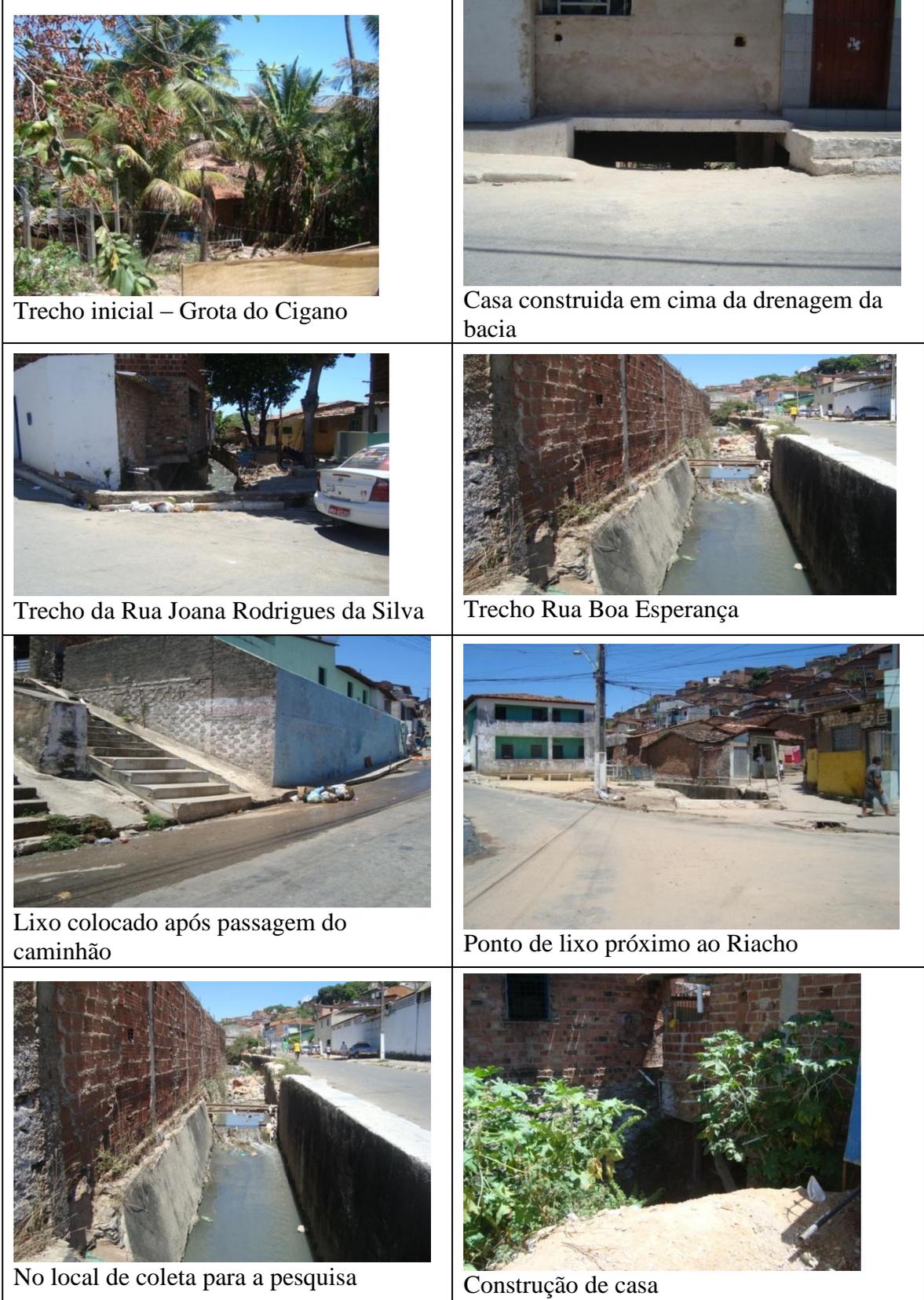
do córrego Cabuçu de Baixo, que na época do estudo estava em processo final de urbanização.

Nessa área não existe nenhum tipo de varrição, de maneira que os resíduos depositados próximo ao riacho são carregados pelo escoamento superficial diretamente para dentro do canal sem obstáculos, que possam impedi-los. Na área da bacia percebem-se pequenas construções, algumas com lajes sobre o canal (Figura 15). É comum ver tubulações hidrosanitárias voltadas para dentro do canal, contribuindo para o aumento de dejetos. Foi percorrido um trecho entre a Avenida Comendador Gustavo Paiva e a Rua Cleto Campelo (final da Rua São Jorge) para a identificação dos pontos onde são depositados os resíduos sólidos. Foram levadas em consideração as facilidades com que os resíduos são carregados para dentro da bacia nos períodos secos e chuvosos, sem nenhum obstáculo, contribuindo diretamente com o aumento do volume dos resíduos sólidos.

Santos (2013), a partir dos dados IBGE, estimou a população de 15.811 habitantes na bacia da Grota do Cigano, o que significa uma densidade habitacional de cerca de 329 habitantes por hectare. Isto ocorre também porque a maior parte do território da bacia pertence ao bairro do Jacintinho, que é o segundo bairro mais populoso de Maceió com 86.514 habitantes.

A bacia do riacho do Sapo por se encontrar em área de grade declividade de valas e morros, tem seu sistema de drenagem com fácil carregamento para a foz, dos resíduos e dos sedimentos depositados inadequadamente. A Figura 16 mostram trechos de ruas limítrofes da bacia e as condições de despejo inadequado dos resíduos, respectivamente.

**Figura 15 – Resíduos e Construções irregulares na bacia da Grota do Cigano**



Fonte: Autora (2012)

Por ser uma área de difícil acesso e totalmente cercada por grotas, existe uma grande dificuldade em realizar os serviços de coletas, pois é necessário o comprometimento dos moradores em colocar seus resíduos na única rua asfaltada por onde passa o caminhão coletor. Segundo alguns deles, o serviço de coleta realizado pela prefeitura não falha. Os resíduos são recolhidos em dias alternados segunda, quarta e sexta nos horários da manhã. Os moradores acusam a falta de comprometimento da maioria em não seguir esses horários de disposição dos resíduos para a coleta e que a situação fica pior nos períodos chuvosos. Os serviços prestados pela prefeitura continuam, porém o lixo é carregado pelas águas para dentro do riacho aumentando o volume dos resíduos já existentes.

**Figura 16 – Lixos disposto de forma aleatória com facilidade de serem carreados para dentro do riacho**



Fonte: Autora (2012)

A seguir os resultados da pesagem e da caracterização e a caracterização da relação com a chuva.

#### **4.2 Massas de resíduos**

A Tabela 8 mostra os totais pesados de resíduos sólidos em cada data. Nela, estão os valores pesados dos resíduos secos e molhados, segundo o procedimento descrito no item de métodos.

**Tabela 8 – Massa pesada em cada data**

| Data       | Dia da semana | Total de resíduo molhado (Kg) | Total de resíduo seco (Kg) |
|------------|---------------|-------------------------------|----------------------------|
| 23/06/2012 | Sábado        | 91,11                         | 37,2                       |
| 07/07/2012 | Sábado        | 18,89                         | 7,8                        |
| 21/07/2012 | Sábado        | 29,26                         | 13,7                       |
| 04/08/2012 | Sábado        | 0,0                           | 0,0                        |
| 18/08/2012 | Sábado        | 42,56                         | 18,64                      |
| 01/09/2012 | Sábado        | 4,89                          | 1,44                       |
| 03/04/2013 | Quarta        | 68,35                         | 27,28                      |
| 04/04/2013 | Quinta        | 6,05                          | 1,49                       |
| 05/04/2013 | Sexta         | 11,18                         | 3,71                       |
| 06/04/2013 | Sábado        | 69,08                         | 38,8                       |
| 07/04/2013 | Domingo       | Não houve coleta              | Não houve coleta           |
| 08/04/2013 | Segunda       | 94,99                         | 46,1                       |
| 09/04/2013 | Terça         | 121,68                        | 52,8                       |
| 10/04/2013 | Quarta        | 0,0                           | 0,0                        |

Fonte: Autora (2013)

A Tabela 9 mostra os totais pesados para a determinação da razão média (peso seco/peso molhado) em cada tipo de resíduo encontrado. Nas duas análises realizadas, foram recolhidos materiais e pesados, na primeira análise foi no momento da coleta, depois, esperou-se que estes materiais secassem para pesá-los novamente. Na segunda análise foram separados resíduos limpos e secos para serem pesados e após foram imersos em um balde com água, esperou-se um intervalo de 1h para pesar os resíduos molhado.

### **4.3 Relação com a precipitação**

A análise com a precipitação utilizou dados de dois pluviômetros: um instalado na maternidade Santa Mônica (pluviômetro Santa Mônica) e outro na Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH), chamado pluviômetro Semarh. Uma análise comparativa dos dados os dois pluviômetros é feita já no primeiro item de análise da relação chuva x resíduos.

**Tabela 9 – Resultado das duas pesagens para determinação do peso seco e úmido**

|                      | Peso em Gramas |      |       |            |        |        | Razão média |
|----------------------|----------------|------|-------|------------|--------|--------|-------------|
|                      | 07/07/2012     |      |       | 16/04/2013 |        |        |             |
|                      | Molhado        | Seco | Razão | Molhado    | Seco   | Razão  |             |
| Tecido               | 1000,00        | 180  | 0,180 | 410,00     | 120,20 | 0,293  | 0,237       |
| Sacola Plástica      | 1480           | 80   | 0,054 | 25,20      | 5,65   | 0,224  | 0,139       |
| Madeira              | 1040           | 640  | 0,615 | 50,20      | 44,23  | 0,881  | 0,748       |
| Calçados - sapato    |                |      |       | 460        | 250    | 0,543  | 0,543       |
| Isopor               |                |      |       | 1,37       | 0,55   | 0,399  | 0,399       |
| Emb. Pipoca          |                |      |       | 11,08      | 4,37   | 0,394  | 0,394       |
| Borracha             |                |      |       | 160        | 160    | 1,000  | 1,000       |
| Papelão              |                |      |       | 78,58      | 26,49  | 0,337  | 0,337       |
| Pet guaraná de 1 l   |                |      |       | 41,00      | 34,47  | 0,8407 | 0,8407      |
| Isopor               |                |      |       | 1,37       | 0,55   | 0,3993 | 0,3993      |
| Emb. Pipoca          |                |      |       | 11,08      | 4,37   | 0,3944 | 0,3944      |
| 2 copos descartáveis |                |      |       | 4,90       | 3,20   | 0,6531 | 0,6531      |
| Vidro                |                |      |       | 180,00     | 175,36 | 0,9742 | 0,9742      |
| Lata leite 400 g     |                |      |       | 94,66      | 86,64  | 0,9153 | 0,9153      |
| Sabão em pó 500 g    |                |      |       | 78,58      | 26,49  | 0,3371 | 0,3371      |
| Tampa latão geléia   |                |      |       | 11,41      | 11,13  | 0,9755 | 0,9755      |
| Emb. Veja            |                |      |       | 53,93      | 38,12  | 0,7068 | 0,7068      |
| Emb. ADES 1 l        |                |      |       | 37,60      | 29,79  | 0,7923 | 0,7923      |
| Latinhas Alumínio    |                |      |       | 14,11      | 13,31  | 0,9433 | 0,9433      |
| Outros (escova)      |                |      |       | 51         | 40     | 0,7843 | 0,7843      |
| Latinhas             |                |      |       | 35         | 30,00  | 0,8571 | 0,8571      |
| Borracha             |                |      |       | 160,00     | 160,00 | 1      | 1           |

Fonte: Autora (2013)

#### 4.3.1 Análise global precipitação x massa

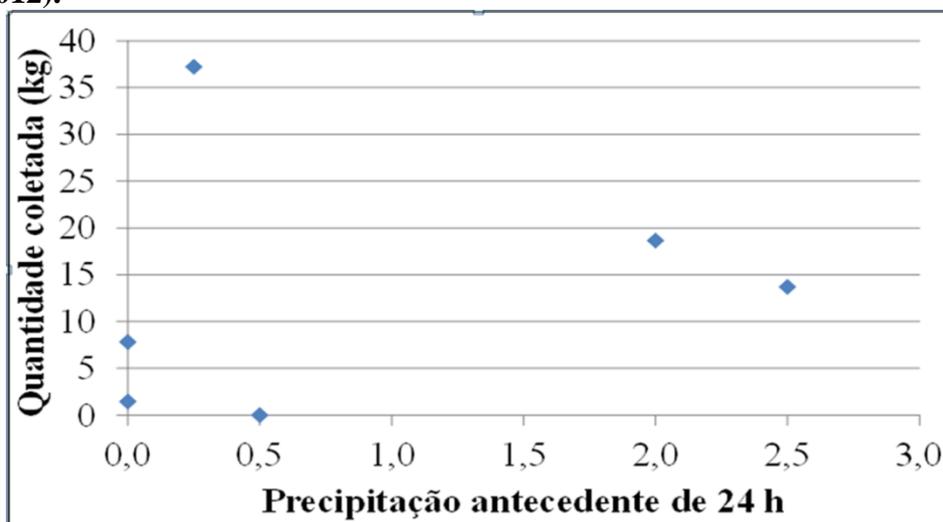
Na Tabela 10 estão a quantidade de resíduos e a precipitação antecedente de 24 horas, obtida dos pluviômetros da maternidade Santa Mônica e Semarh. A precipitação na data de 23/04/2012 significa na verdade a precipitação total de um dia anterior, desde as 9:00h do dia 22/04/2012, quando foi realizada a limpeza do canal e a instalação da grade.

Como mostrado na Figura 17, não há uma tendência que aponte uma correlação entre os valores de precipitação antecedente de 24 horas e o total coletado nas mesmas 24 horas.

**Tabela 10 – Quantidade de resíduos x Precipitação antecedente de 24 horas**

| Data       | Coletas          | Pluviômetro Santa Mônica Chuva (mm) | Pluviômetro SEMARH Chuva (mm) | Total de resíduo seco (Kg) | Total de resíduo úmido (Kg) |
|------------|------------------|-------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 23/06/2012 | 1ª coleta        | 0,25                                | 2,8                           | 37,2                       | 91,11                       |
| 07/07/2012 | 2ª coleta        | 0,0                                 | 1,00                          | 7,8                        | 18,89                       |
| 21/07/2012 | 3ª coleta        | 2,50                                | 5,6                           | 13,7                       | 29,26                       |
| 04/08/2012 | 4ª coleta        | 0,50                                | 0,0                           | 0,0                        | 0,0                         |
| 18/08/2012 | 5ª coleta        | 2,00                                | -                             | 18,64                      | 42,56                       |
| 01/09/2012 | 6ª coleta        | 0,0                                 | 0,0                           | 1,44                       | 4,89                        |
| 03/04/2013 | 7ª coleta        |                                     | 0,0                           | 27,28                      | 68,35                       |
| 04/04/2013 | 8ª coleta        |                                     | 3,8                           | 1,49                       | 6,05                        |
| 05/04/2013 | 9ª coleta        |                                     | 0,0                           | 3,71                       | 11,18                       |
| 06/04/2013 | 10ª coleta       |                                     | 0,2                           | 38,8                       | 69,08                       |
| 07/04/2013 | Não houve coleta |                                     | -                             | -                          | -                           |
| 08/04/2013 | 11ª coleta       |                                     | 0,0                           | 46,1                       | 94,99                       |
| 09/04/2013 | 12ª coleta       |                                     | 0,0                           | 52,8                       | 121,68                      |
| 10/04/2013 | 13ª coleta       |                                     | 0,0                           | 0,0                        | 0,0                         |

Fonte: Autora (2013)

**Figura 17 – Dispersão: quantidade de resíduos x precipitação antecedente de 24 horas (ano de 2012).**

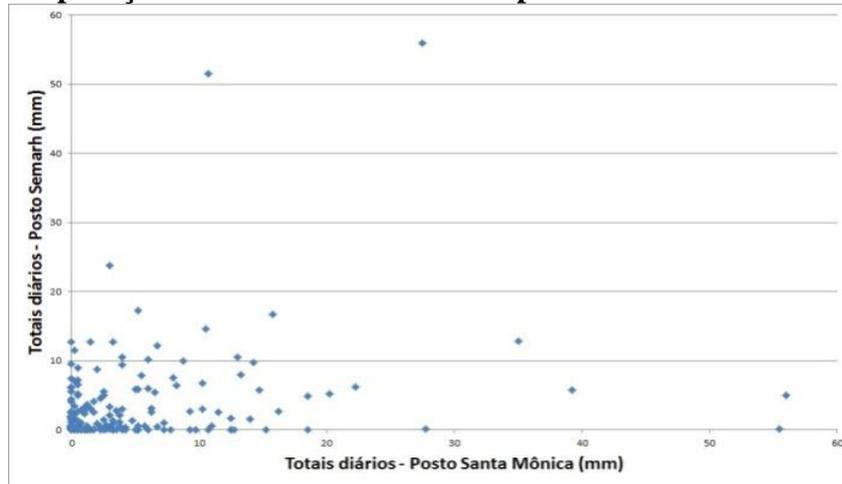
Fonte: Autora (2013)

A Figura 18 compara os dados de precipitação diária registradas nos dois pluviômetros, durante todo o período de dados disponível no pluviômetro Santa Mônica.

A Figura 19 faz a comparação com precipitações de 7 dias. A Figura 20 faz o mesmo com as precipitações de 15 dias e a Figura 21 com as precipitações de 30 dias. Todas as somas (7 dias, 15 dias e 30 dias) foram feitas a partir de 04/05/2012. É de se esperar que, à medida

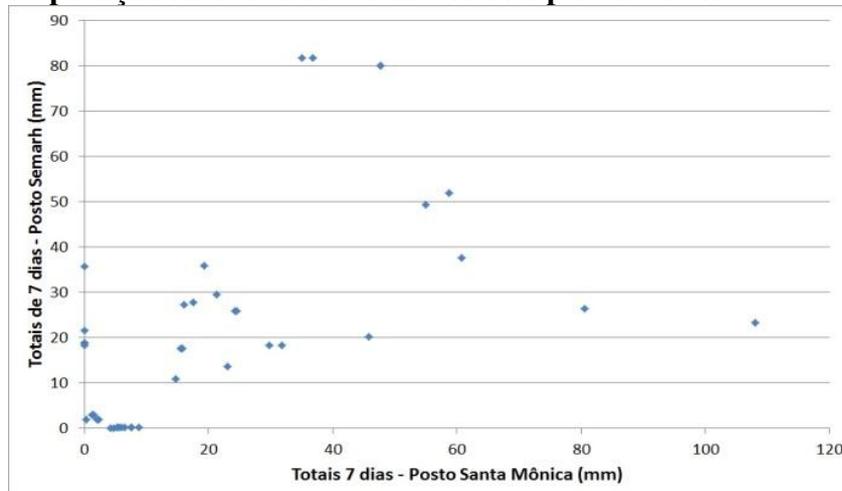
que o intervalo de tempo de análise aumente, fique mais clara a concordância do regime de chuva, ou seja, a variabilidade espacial aparece mais nos intervalos diários e de sete dias do que nos intervalos de 15 e 30 dias.

**Figura 18 – Comparação da chuva diária nos dois pluviômetros**



Fonte: Autora (2013)

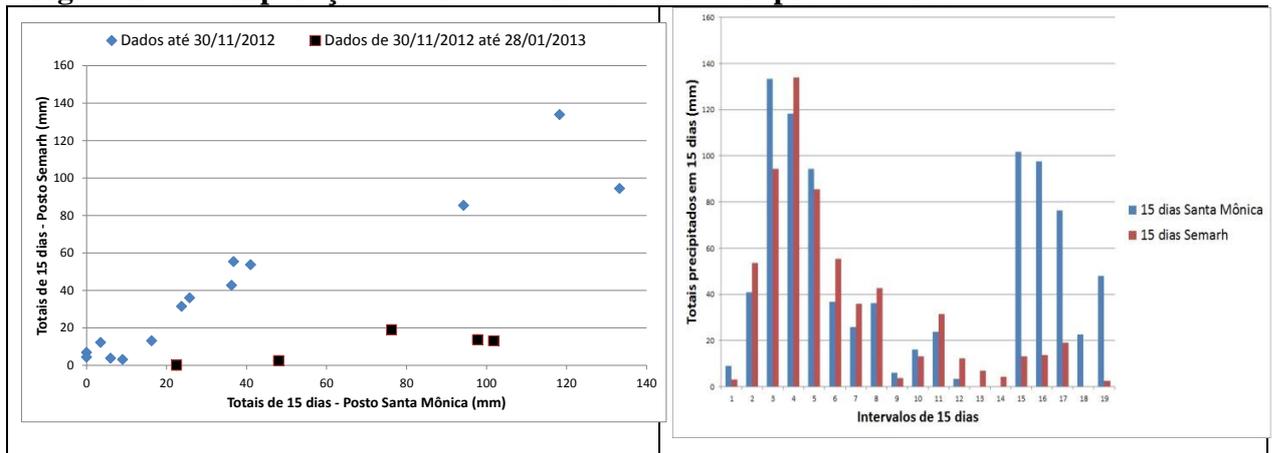
**Figura 19– Comparação da chuva de 7 dias nos dois pluviômetros**



Fonte: Autora (2013)

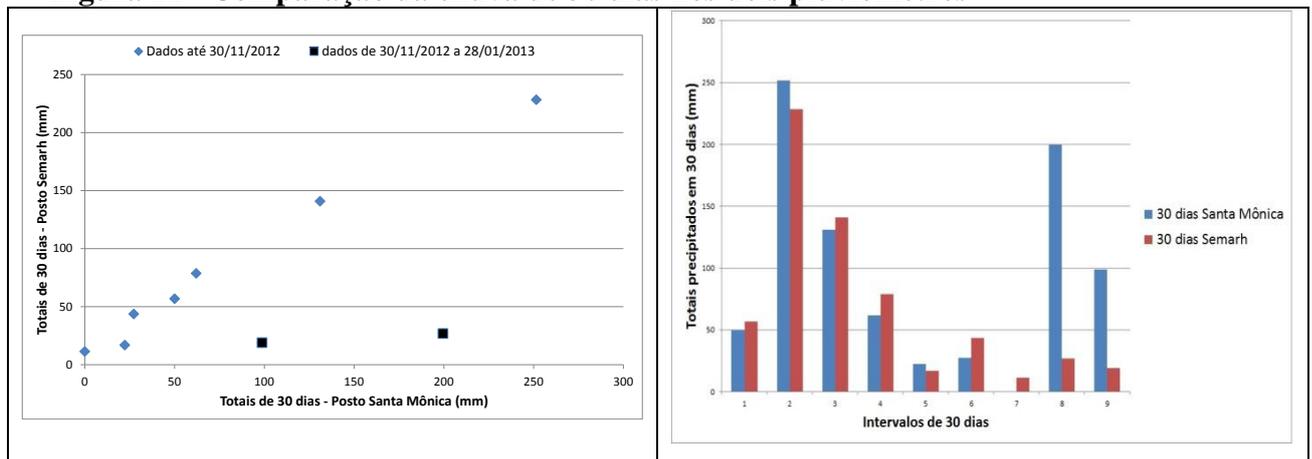
Percebe-se em todas as figuras que os dois pluviômetros estão consistentes no período chuvoso, havendo uma discordância maior nos meses de dezembro e janeiro, cujos pontos são destacados em cores diferentes nos gráficos de dispersão, para chuvas de 15 dias e 30 dias (Figura 20 e Figura 21).

**Figura 20 – Comparação da chuva de 15 dias nos dois pluviômetros**



Fonte: Autora (2013)

**Figura 21 - Comparação da chuva de 30 dias nos dois pluviômetros**



Fonte: Autora (2013)

Os gráficos de barras confirmam o que dizem os gráficos de dispersão. O pluviômetro Santa Mônica, nos meses de dezembro de 2012 e janeiro de 2013, mostraram grande discordância nos totais precipitados. Consultando a equipe que instalou o pluviômetro Santa Mônica, descobriu-se que houve uma visita de campo para baixar dados dele depois de vários meses sem visita. Na visita, descobriu-se o mesmo estava entupido e que os dados foram registrados até o dia 15/02/2013. Provavelmente, nesta data houve um entupimento definitivo ou a pilha teve sua energia exaurida.

Diante do exposto, decidiu-se que a análise da primeira fase de coleta será feita com os dois pluviômetros mais próximos e a análise da segunda fase com o pluviômetro Semarh por causa da falta de dados do pluviômetro Santa Mônica.

#### 4.3.2 Análise precipitação x massa com dias anteriores

Analisando em detalhes os dados (datas, precipitação e total coletado), que estão nas tabelas do anexo, pode ser feita uma análise da relação do total coletado em determinada data com as condições de chuva em dias anteriores. Na tabela A.1 do anexo estão os totais precipitados (pluviômetro Santa Mônica) em todas as datas, desde a instalação do pluviômetro, para o ano de 2012. Este pluviômetro teve problemas e não registrou a chuva após 15/02/2013, de modo que não foi possível continuar a tabela para o segundo período de coleta. Na tabela A.2 do anexo estão os totais precipitados (pluviômetro Semarh).

A diferença das tabelas dos anexos para a Tabela 10 é que nessa, o total de 24 horas é contabilizado de meia-noite a meia-noite do dia seguinte, enquanto que na Tabela 10 o total é contabilizado das 09:00 h do dia em que se instalou a armadilha até as 09:00h do dia seguinte. Busca-se com esta análise detalhada alguma indicação do que pode ter ocorrido nos dias anteriores à chegada dos resíduos na armadilha. A Tabela 11 mostra os totais coletados no segundo período de coleta, com os dados da Semarh.

**Tabela 11 - Resumo dos totais pesados secos x chuva pluviômetro Semarh (abril de 2013)**

| Data       | Chuva (mm) | Total (Kg) | Data       | Chuva (mm) | Total (Kg)    |
|------------|------------|------------|------------|------------|---------------|
| 15/03/2013 | 0,0        | -          | 01/04/2013 | 0,0        | -             |
| 16/03/2013 | 0,0        | -          | 02/04/2013 | 0,0        | -             |
| 17/03/2013 | 0,0        | -          | 03/04/2013 | 0,0        | 30,65         |
| 18/03/2013 | 0,0        | -          | 04/04/2013 | 0,0        | 1,62          |
| 19/03/2013 | 0,0        | -          | 05/04/2013 | 0,0        | 4,00          |
| 20/03/2013 | 0,0        | -          | 06/04/2013 | 0,0        | 44,6          |
| 21/03/2013 | 0,0        | -          | 07/04/2013 | 0,0        | Não realizada |
| 22/03/2013 | 0,0        | -          | 08/04/2013 | 0,0        | 59,9          |
| 23/03/2013 | 0,0        | -          | 09/04/2013 | 0,0        | 61,1          |
| 24/03/2013 | 0,0        | -          | 10/04/2013 | 0,0        | 0,0           |
| 25/03/2013 | 0,0        | -          |            |            |               |
| 26/03/2013 | 0,0        | -          |            |            |               |
| 27/03/2013 | 0,0        | -          |            |            |               |
| 28/03/2013 | 0,0        | -          |            |            |               |
| 29/03/2013 | 0,0        | -          |            |            |               |
| 30/03/2013 | 0,0        | -          |            |            |               |
| 31/03/2013 | 0,0        | -          |            |            |               |

Fonte: Semarh (2013)

Na primeira coleta realizada no 23/06/2012, pesaram-se 37,2kg (resíduo seco). Pelos dados do pluviômetro Santa Mônica, houve uma chuva de 18,5 mm (cinco dias antes da coleta), uma chuva de 13,25 mm (dez dias antes da coleta) e uma chuva de 56 mm no dia 12/06/2012 (onze dias antes da coleta). Pelos dados do pluviômetro da Semarh, a chuva 5 dias antes da coleta foi de 4,9 mm e dez dias antes da coleta 7,9 mm. A precipitação no dia 12/06/2012 não foi tão grande quanto o registrado no pluviômetro Santa Mônica, mas no dia 11/06/2012 foi de 55,9 mm.

Isto, juntamente como mostrado na Tabela 10, é indício de que o material que atinge a seção de medição seja carregado bem antes disso. Há também uma parte que é arrastada diariamente feita pelo escoamento.

Na segunda coleta do dia 07/07/2012 (7,8 kg de resíduo seco), houve uma chuva de 22,25 mm (quatro dias antes da coleta), uma chuva de 10,50 mm (sete dias antes da coleta) e uma chuva no final do mês anterior (26/06/2012) foi de 39,25 mm (onze dias antes da coleta) e também houve uma chuva de 10,75 mm no dia 25/06/2013 (doze dias antes da coleta). Como houve limpeza para a colocação da armadilha no dia 06/07, e não houve chuva nas 24h subsequentes, o resíduo desagregado corresponde aquele acumulado na rede de drenagem. Pelos dados do pluviômetro da Semarh, a chuva 4 dias antes da coleta foi de 6,2 mm e sete dias antes da coleta 14,6mm. A precipitação onze dias antes não foi tão grande quanto o registrado no pluviômetro Santa Mônica, mas doze dias antes (25/06/2012) foi de 51,5mm.

Antes do dia 21/07/2012 parece ter havido o mesmo fenômeno, pois choveu muito pouco entre as 09:00h do dia 20/07 e as 09:00 h do dia 21/07. Chovendo um total de 0,25 mm nas 24h. Houve uma chuva de 35 mm no dia 17/07/2012 (quatro dias antes da coleta) e 14 mm no dia 13/07/2013 (oito dias antes da coleta). Pelos dados do pluviômetro da Semarh, no dia 17/07/2012 houve 12,8 mm, mas houve 23 mm no dia 23/07/2012. A chuva com oito dias de antecedência foi de 1,5 mm, entretanto com nove dias (12/07/2012) foi de 12,7 mm.

A tabela A.1 apresenta ausência de resíduos sólidos, na quarta coleta realizada, no dia 4 de agosto de 2012. O pluviômetro Santa Mônica registrou 3,75 mm no dia 03/08/2012, 4,75 mm dois dias antes, 2,50 mm três dias antes e 6 mm seis dias antes. A sequência registrada no pluviômetro Semarh foi 2,10 mm (um dia antes), 1,3 mm (dois dias antes), 1,2 mm (três dias antes), 5 mm (quatro dias antes) e 10,20 mm (seis dias antes da coleta).

Como pode ser observado na tabela A.2, na primeira semana do mês de abril de 2013 foram realizadas da sétima até a décima terceira coleta. Foram 7 coletas consecutivas exceto a coleta do dia 07 de abril (coletada no dia 08 devido o final de semana e por não conseguir

pessoas que pudessem auxiliar na retirada dos resíduos). A coleta no dia 08/04/2013, com os resíduos acumulados dos dois dias totalizou 59,9 kg de resíduos secos. Isso deve ter ocorrido porque havia uma equipe da empresa terceirizada Viva Ambiental retirando os resíduos que ficavam acumulados embaixo das residências (lamas e obstáculos) de modo que possibilitou que os resíduos antes presos chegassem a seção.

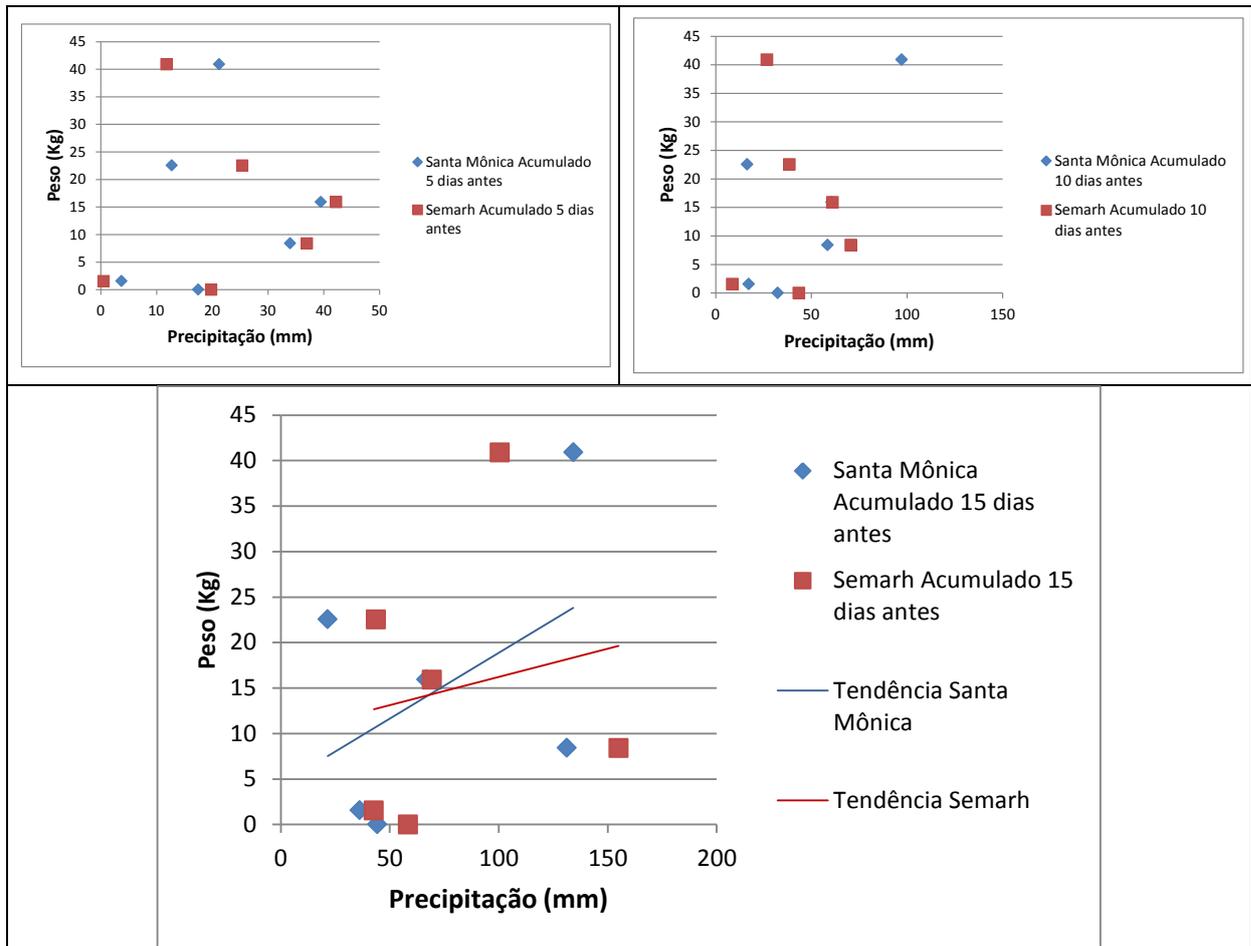
Na coleta do dia 9 de abril nas 24h resultou no total de 61,1kg seco. No dia anterior a última coleta no dia 10 de abril, o canal foi limpo pela mesma equipe de forma mecanizada com uma máquina escavadeira New Holland 90 de modo que o canal ficasse limpo resultando na ausência de resíduos.

Nesta campanha (início de abril de 2013), não houve dados no pluviômetro Inmet e o pluviômetro da Semarh registrou chuva nula. A título de verificação, o pluviômetro Inmet, na Ufal, também marcou chuva nula nos dias 01 e 02/04/2013 e do dia 05/04/2013 em diante. Houve registro de 2,20 mm no dia 03/04/2013 e 1,4 mm no dia 04/04/2013.

Dessa forma, a busca de evidência de alguma relação entre a precipitação e a quantidade de resíduos foi focada na primeira fase da pesquisa (ano de 2012).

A Figura 22 mostra gráficos de dispersão precipitação acumulada (5 dias, 10 dias e 15 dias) x peso seco, para os dois pluviômetros, com os dados da primeira fase (ano de 2012). Testes formais de correlação linear não foram feitos e é pouco possível que se assim ocorresse não haveria correlação. No entanto, percebe-se uma tendência melhor definida com a precipitação acumulada de 15 dias. Nos gráficos acumulados de 15 dias aparece um ponto que fica mais fora da tendência, que é o ponto correspondente à data 07/07/2012.

**Figura 22 – Comparação da dispersão precipitação acumulada x peso seco**



Fonte: Autora (2013)

#### 4.3.3 Carga na bacia

Como desenvolvido nos itens anteriores, parece não haver uma relação direta entre o total precipitado e a quantidade de resíduos sólidos que atinge o exutório da bacia da Grota do Cigano. Parece ser uma característica da ocupação e das condições de serviço de coleta e limpeza o despejo contínuo de resíduos no canal. A bacia possui uma ocupação densa, e de difícil acesso; o caminhão passa com frequência na rua principal, mas em um horário do dia, de modo que é necessária a disciplina das pessoas em colocar sempre o saco de lixo no local certo e na hora certa.

Isto, aliado ao fato de a superfície da bacia possuir declividades muito altas, aumenta a possibilidade de um arraste dos resíduos até os pontos mais baixos com chuvas menos intensas. Com o resíduo próximo ao canal, este fica sempre suscetível de recebê-lo; o canal tem uma declividade a montante bem maior que a declividade a jusante, favorecendo o arraste do resíduo até o exutório.

O processo que ocorre na bacia parece depender de todos estes fatores, de modo que somente a precipitação não explica as cargas. Assim, não havendo como se estabelecer uma correlação com a precipitação, para estimar a carga em 24 horas, podem-se estimar médias.

A Tabela 12 mostra a média dos pesos secos de todas as datas e mostra o desvio padrão muito alto.

**Tabela 12 – Estatísticas**

| Data          | Coleta (kg) |
|---------------|-------------|
| 23/06/2012    | 40,90       |
| 07/07/2012    | 8,40        |
| 21/07/2012    | 15,90       |
| 04/08/2012    | 0,00        |
| 18/08/2012    | 22,53       |
| 01/09/2012    | 1,53        |
| 03/04/2013    | 30,65       |
| 04/04/2013    | 1,62        |
| 05/04/2013    | 4,00        |
| 06/04/2013    | 44,60       |
| 07/04/2013    | -           |
| 08/04/2013    | 59,90       |
| 09/04/2013    | 61,10       |
| 10/04/2013    | 0,00        |
| Média         | 22,39       |
| Desvio Padrão | 21,93       |

Fonte: Autora (2012)

Tomando a média, pode-se dizer que a carga diária é de  $22,4 \text{ kg}\cdot\text{dia}^{-1}$ . Levando-se em conta a faixa de eficiências, foi citado anteriormente que trabalhos realizados na Austrália que determinaram eficiências entre 5% e 14% para situações semelhantes à situação deste trabalho e eficiências que podem atingir até 65% em condições mais favoráveis onde o escoamento atinge uma bacia projetada para reter sólidos, diminuindo a velocidade (ALLISON et al., 1998a).

Utilizando a média obtida e a pior situação de eficiência (5%) para grades em canais sem bacia de retenção de sólidos, a carga diária de resíduos pode atingir.

$$\frac{22,4}{0,05} = 447,9 \text{ kg}\cdot\text{dia}^{-1}$$

Utilizando a média obtida e a melhor situação de eficiência (14%) para grades em canais sem bacia de retenção de sólidos, a carga diária de resíduos pode atingir.

$$\frac{22,4}{0,14} = 160,0 \text{ kg}\cdot\text{dia}^{-1}$$

Santos (2013) estimou uma carga no canal de 50,4 kg·dia<sup>-1</sup>. Utilizando a eficiência sugerida com bacia de retenção de sólidos, o valor é de 34,5 kg·dia<sup>-1</sup>.

Santos (2013) estimou a coleta diária de 5.375,7 kg·dia<sup>-1</sup>. Para as duas situações possíveis de eficiência, uma faixa de cargas possíveis pode se estimada. Estes valores, mas o que os mesmos representam na quantidade coletada na bacia e também os valores em kg.ha.ano-1 estão na Tabela 13. Comparando a literatura, os valores são bastante altos, o que pode ser indicador das características da bacia da Grota do Cigano.

**Tabela 13 – Cargas estimadas**

| Situação     | kg/dia | kg/hab/dia | g/hab/dia | % da carga coletada | kg/ha/ano |
|--------------|--------|------------|-----------|---------------------|-----------|
| Melhor (14%) | 160,0  | 0,01       | 10,1      | 2,98                | 1.216,4   |
| Pior (5%)    | 447,9  | 0,03       | 28,3      | 8,33                | 3.405,8   |

Fonte: Autora (2013)

#### 4.3.4 Análise global da precipitação x tipos de resíduos

Este item busca observar possíveis relações entre os tipos de resíduos obtidos nas caracterizações e a precipitação. A Tabela 14 mostra a composição gravimétrica global, considerando todo o período de coleta. De forma geral, podem-se perceber os itens que mais se destacaram; entre eles estão madeiras (36,74%), em segundo lugar aparecem com garrafas não Pet (12,61%), em terceiro as sacolas plásticas (10,92%), e em seguida os demais tipos. Essa variedade de resíduos era esperada, uma vez que se trata de uma área urbanizada por residências. Houve uma ausência de latinhas de refrigerante em alumínio (apenas 0,03%) provavelmente à sua procura para comercialização.

**Tabela 14 – Composição gravimétrica total dos resíduos sólidos carreados**

| Resíduos sólidos    | Peso (kg) | %     |
|---------------------|-----------|-------|
| Borracha            | 1,66      | 0,69  |
| Sapatos             | 2,24      | 0,93  |
| Madeira             | 88,92     | 36,74 |
| Garrafa PET         | 21,50     | 8,88  |
| Sacolas Plásticas   | 26,42     | 10,92 |
| Tecido              | 15,37     | 6,75  |
| Garrafa Não PET     | 30,51     | 12,61 |
| Papelão             | 6,44      | 2,66  |
| Vidro               | 17,92     | 7,40  |
| Embalagens diversas | 12,36     | 5,11  |
| Outros              | 18,02     | 7,44  |
| Latinhas lata       | 0,59      | 0,24  |
| Latinhas Alumínio   | 0,08      | 0,03  |
| Isopor              | 7,02      | 2,90  |

Fonte: Autora (2013)

A Tabela 15 é um resumo por dia de coleta. Duas colunas procuram observar se há variabilidade do número de tipos de uma coleta para outra. O que se vê é que, apesar de haver algumas diferenças nos tipos em geral, há certa uniformidade no número de tipos preponderantes.

Destacam-se quase sempre as sacolas plásticas, pois elas sempre são utilizadas para descartes de resíduos. Conforme foi encontrado em Neves e Tucci (2011), as sacolas sempre aparecem mesmo em bacias hidrográficas com boa abrangência de serviços de limpeza.

O tipo Madeiras teve uma frequência semelhante ao tipo sacolas plásticas, pois a população costuma despejar no canal restos de utensílios domésticos e móveis. O mesmo pode-se dizer acerca das garrafas não Pet.

A Figura 23 mostra um gráfico de dispersão, para a campanha do ano de 2012, do número de tipos (1ª coluna da tabela anterior) x precipitação antecedente de 24 h. Mais uma vez não há indícios de uma correlação.

**Tabela 15 - Resumo dos tipos preponderante**

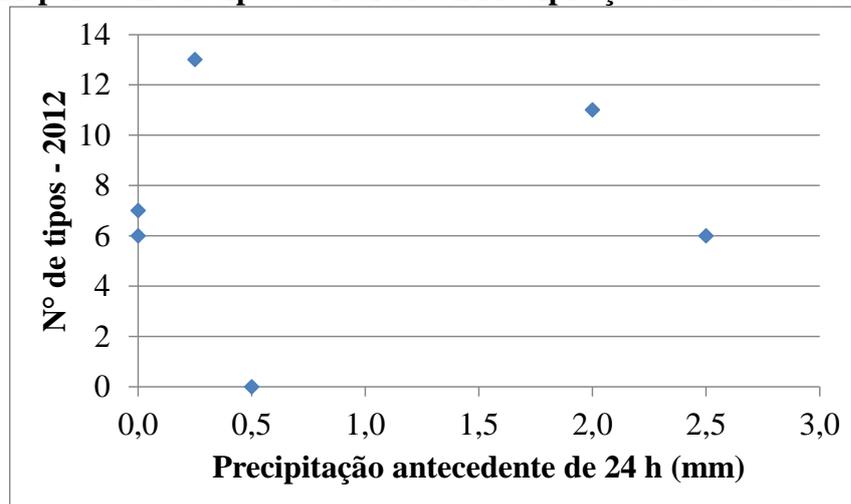
| Data       | Nº de tipos | Nº de tipos preponderantes (com participação maior ou igual a 10%) | Tipos preponderantes  | Mais destaques  |
|------------|-------------|--|---|---|
| 23/06/2012 | 13          | 4  | Outros com 30% do peso, madeira com 24% e tecido com 16% e sacolas plásticas com 11%                                  |   |
| 07/07/2012 | 7           | 4  | Madeira 50% do peso e outros com 24%, sacolas plásticas com 13% e tecido com 11%                                      |   |
| 21/07/2012 | 6           | 5  | Garrafa não Pet com 36%, vidro com 25%, garrafa pet com 15%, sacolas plásticas com 11%, e embalagens diversas com 10% | Grande presença de isopor, com e presença de isopor com 9%  |
| 04/08/2012 | -           | -  | Ausência de resíduos  |   |
| 18/08/2012 | 11          | 3  | Madeira com 28 %, Outros com 27%, tecido com 20%  | Grande presença de papelão com 5,93%  |
| 01/09/2012 | 6           | 4  | Papelão com 30%, sacola plástica com 28%, vidro com 14% e garrafa não Pet com 12%                                     | Garrafa PET atingiu 7% e latas com 4%   |
| 03/04/2013 | 10          | 4  | Garrafa não Pet com 25%, madeira com 22%, sacolas plásticas com 15% e vidro com 11%                                   | Garrafa PET atingiu 9%  |
| 04/04/2013 | 3           | 2  | Garrafa Pet com 45% do peso e sacolas plásticas com 46%   | Grande presença de isopor, com e presença de isopor com 9%  |
| 05/04/2013 | 5           | 3  | Garrafa Pet com 42%, embalagens diversas com 33% e 21% de sacolas plásticas   |   |
| 06/04/2013 | 8           | 3  | Madeira com 57% e garrafa não PET com 17%.  | Garrafa PET atingiu 8%  |
| 08/04/2013 | 9           | 1  | Madeira com 52%   | Outros bem distribuídos<br>Garrafas não 4PET, garrafas PET e sacolas plásticas, todos com 9%. Vidro atingiu 8%. |
| 09/04/2013 | 9           | 4  | Madeira com 35%, garrafa não Pet com 14%, sacolas plásticas com 11% e garrafas Pet com 11%                            | Vidro atingiu 9% e embalagens   |

| Data       | Nº de tipos | Nº de tipos preponderantes (com participação maior ou igual a 10%) | Tipos preponderantes | Mais destaques |
|------------|-------------|--|----------------------|----------------|
|            |             |  |                      | diversas 7%    |
| 10/04/2013 | -           | -  | Ausência de resíduos |                |

Fonte: Autora (2013)

A Tabela 16 apresenta a amostragem realizada para se determinar a quantidade média de água contida em alguns tipos de resíduos, pois o interesse está nos resíduos secos.

**Figura 23 – Dispersão nº de tipos de resíduos x Precipitação antecedente de 24 horas**



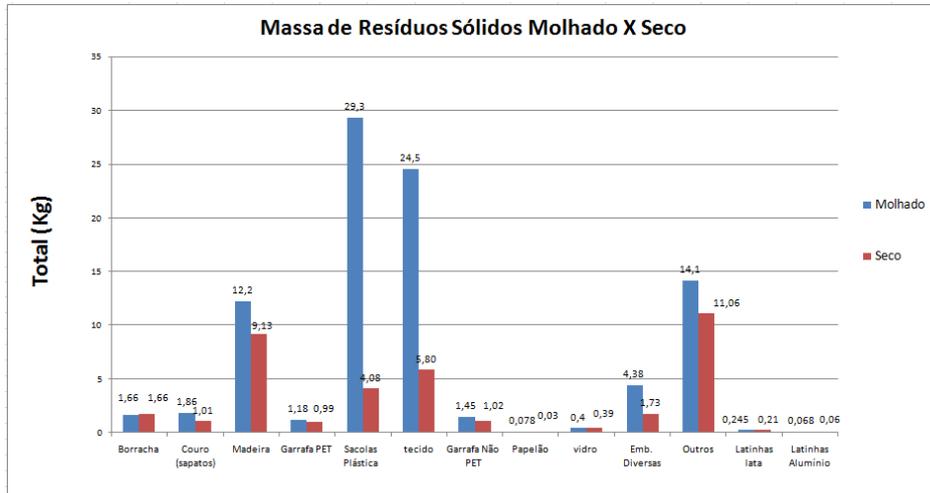
Fonte: Autora (2013)

**Tabela 16 – Resíduos Sólidos secos e molhados e sua razão**

| Tipo de resíduo         | Amostra 1- Data 07/07/2012<br>(gramas) |              |       | Amostra 1- Data 16/04/2013<br>(gramas) |              |       | Razão<br>média |
|-------------------------|--|--------------|-------|--|--------------|-------|----------------|
|                         | Peso<br>molhado                        | Peso<br>seco | Razão | Peso<br>molhado                        | Peso<br>seco | Razão |                |
| Tecido                  | 1000                                   | 180          | 0,180 | 410                                    | 120,20       | 0,293 | 0,237          |
| Sacola Plástica         | 1480                                   | 80           |       | 25,20                                  | 5,65         | 0,224 | 0,139          |
| Madeira                 | 1040                                   | 640          | 0,615 | 50,20                                  | 44,23        | 0,881 | 0,748          |
| Pet guaraná 1 L         |  |              |       | 41,00                                  | 34,47        | 0,841 | 0,841          |
| Isopor                  |  |              |       | 1,37                                   | 0,55         | 0,399 | 0,399          |
| Papelão                 |  |              |       | 78,58                                  | 26,49        | 0,337 | 0,337          |
| Emb. Pipoca             |  |              |       | 11,08                                  | 4,37         | 0,394 | 0,394          |
| 2 copos<br>descartáveis |  |              |       | 4,90                                   | 3,20         | 0,653 | 0,653          |
| Vidro                   |  |              |       | 180,00                                 | 175,36       | 0,974 | 0,974          |
| Lata de Leite 400 g     |  |              |       | 94,66                                  | 86,64        | 0,915 | 0,915          |
| Sabão em pó 500 g       |  |              |       | 78,58                                  | 26,49        | 0,337 | 0,337          |
| Tampa latão geléia      |  |              |       | 11,41                                  | 11,13        | 0,975 | 0,975          |
| Emb. Veja               |  |              |       | 53,93                                  | 38,12        | 0,707 | 0,707          |
| Emb. ADES 1 l           |  |              |       | 37,60                                  | 29,79        | 0,792 | 0,792          |
| Latinhas alumínio       |  |              |       | 14,11                                  | 13,31        | 0,943 | 0,943          |
| Outros                  |  |              |       | 51,00                                  | 40,00        | 0,784 | 0,784          |
| Latinhas lata           |  |              |       | 35,00                                  | 30,00        | 0,857 | 0,857          |
| Borracha                |  |              |       | 160,00                                 | 160,00       | 1,000 | 1,000          |
| Sapatos                 |  |              |       | 460,00                                 | 250,00       | 0,543 | 0,543          |

Fonte: Autora (2013)

Como podem ser observados na Figura 24, da primeira caracterização, os valores encontrados foram de 91,11 kg de resíduos molhados que resultou em 37,2 kg de resíduos sólidos secos. Na primeira caracterização, podem-se destacar vários tipos de resíduos: sacolas plásticas com 29,3 Kg, seguido dos tecidos com 24,5 Kg. Após o material seco o valor em destaque ficou para os resíduos outros (seringa, escova de cabelo, pincel, panela de alumínio etc., materiais que não estão citados na lista dos resíduos pesquisados) com 11,06 Kg, seguido de madeira com 9,13 Kg.

**Figura 24 – Resíduos Sólidos coletados molhados e secos.**

Fonte: Autora (2013)

#### 4.4 Detalhamento por caracterização

As caracterizações dos resíduos foram realizadas em dois períodos distintos. No ano de 2012 foram realizadas 6 caracterizações, entre os meses de junho ao início de agosto, as coletas eram realizadas quinzenalmente. O canal era limpo aproximadamente 10m a montante da armadilha sempre no horário da manhã às 9h, nas sextas feira e os resíduos eram retirados após 24h.

No ano de 2013 foram realizadas sete caracterizações, todas realizadas no mês de abril, as coletas foram feitas diariamente.

##### 4.4.1 Caracterização dos Resíduos Sólidos no ano 2012 (23/06/2012)

A Figura 25 mostra a limpeza e instalação da armadilha, realizada pela empresa Viva Ambiental, terceirizada da prefeitura de Maceió.

**Figura 25– Limpeza e instalação da armadilha**



Fonte: Autora (2012)

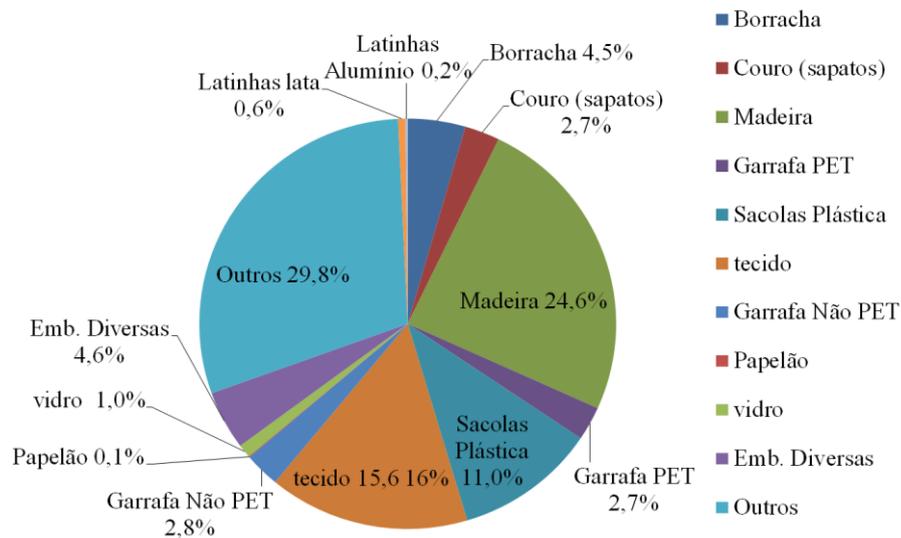
Após a retirada de todos os resíduos retidos na armadilha, os mesmos foram separados manualmente por tipo, sendo depois acondicionados em saco plástico e pesados (Figura 16).

Na composição gravimétrica, destacaram-se os resíduos do tipo outros (seringa, escova de cabelo, pincel, panela de alumínio etc.) encontrados em maior quantidade com 30% seguido de madeira com 24%. Destacam-se ainda tecidos e sacolas plásticas (Figura 27).

**Figura 26 – Separação dos resíduos por tipo**



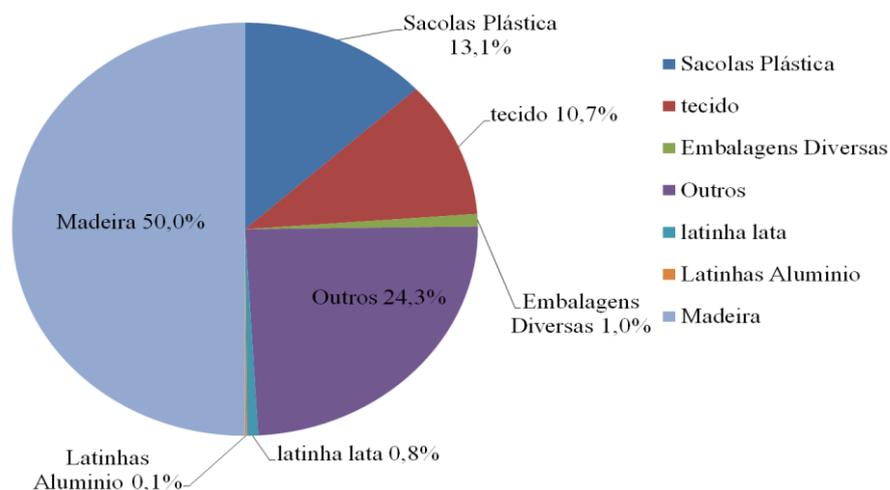
Fonte: Autora (2012)

**Figura 27 – Composição gravimétrica - 23/06/2012**

Fonte: Autora (2013)

#### 4.4.2 Segunda caracterização dos Resíduos Sólidos (07/07/2012)

Na composição gravimétrica, destacaram-se os mesmos tipos da primeira caracterização.

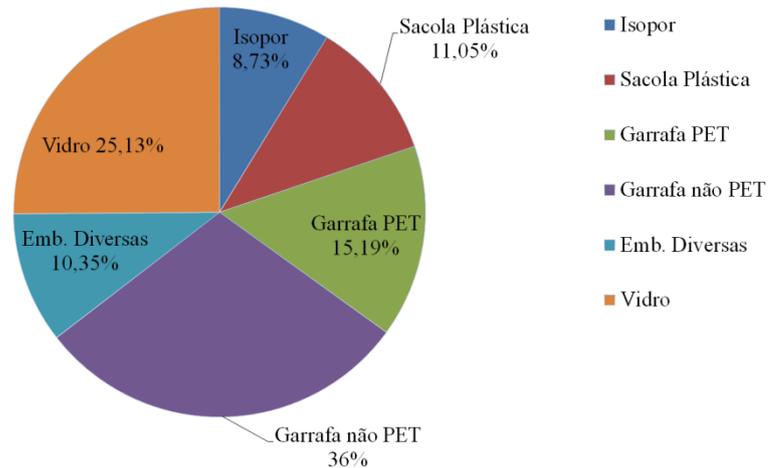
**Figura 28 – Composição gravimétrica - 07/07/2012**

Fonte: Autora (2013)

#### 4.4.3 Terceira caracterização dos Resíduos Sólidos (21/07/2012)

A composição gravimétrica mostra menos diversidade que nos dias anteriores, não obstante a presença sempre marcante das sacolas plásticas. O destaque ficou para as garrafas não PET com 36% seguido de vidros com 25% e garrafas PET com 15%. Destaca-se neste dia o aparecimento de isopor com 9% (Figura 29).

**Figura 29 – Composição gravimétrica - 21/07/2012**



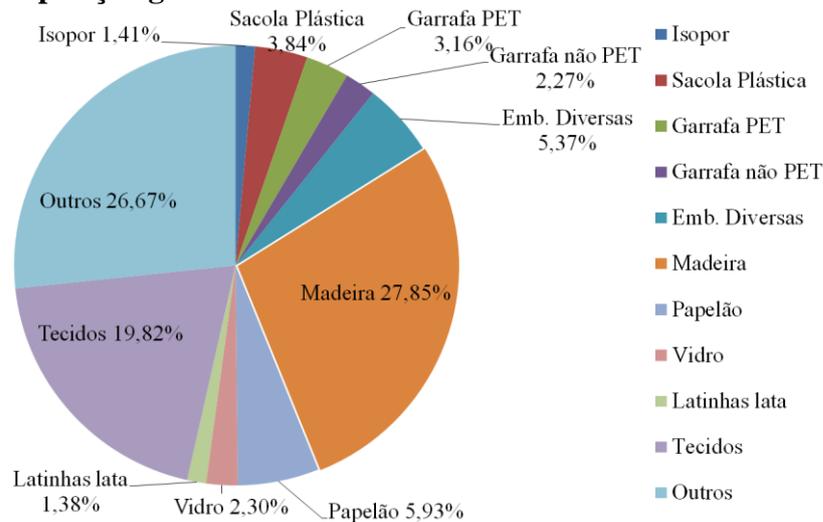
Fonte: Autora (2013)

#### 4.4.4 Quarta caracterização dos Resíduos Sólidos (04/08/2012)

Na caracterização do dia 04 de agosto houve ausência de resíduos. A precipitação registrada foi nula nas 24h entre a instalação da armadilha e a caracterização.

#### 4.4.5 Quinta caracterização dos Resíduos Sólidos (18/08/2012)

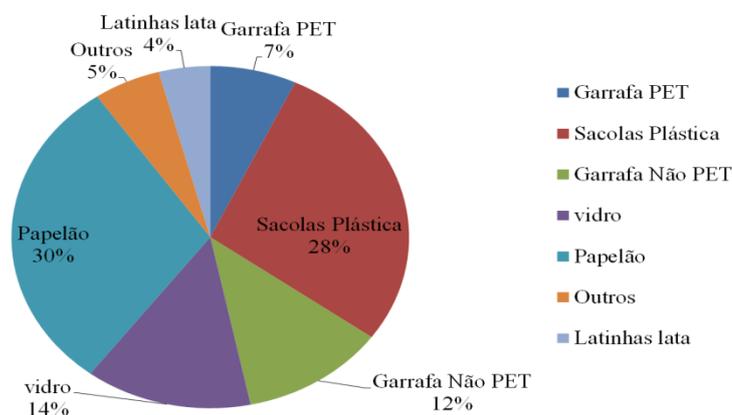
Na composição gravimétrica o destaque ficou para os tipos madeira, outros, tecidos e papelão (Figura 30). A composição é diversa, como foi o caso do dia 23/06/2013.

**Figura 30 – Composição gravimétrica - 18/08/2012**

Fonte: Autora (2013)

#### 4.4.6 Sexta caracterização dos Resíduos Sólidos (01/09/2012)

A sexta caracterização ocorreu 15 dias após a quinta caracterização. Nesse período não houve precipitação no intervalo das 24h entre a instalação da armadilha e a caracterização como mostraram os dois pluviômetros. Na composição gravimétrica, o destaque ficou por conta do papelão com 30%, provavelmente despejado no canal próximo ao horário da nossa coleta por ser um resíduo que dissolve rapidamente na água (Figura 31).

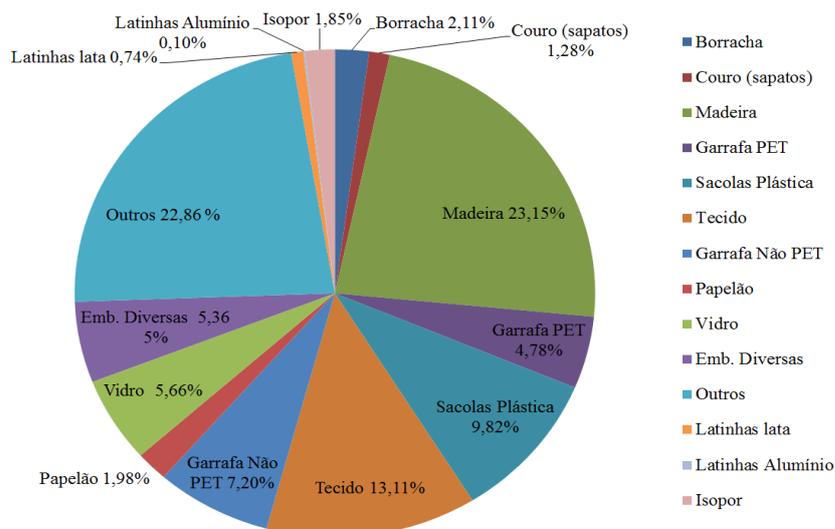
**Figura 31 – Composição gravimétrica - 01/09/2012**

Fonte: Autora (2013)

#### 4.4.7 Total de todas as caracterizações dos Resíduos Sólidos no 1º período

O total das caracterizações realizada no 1º período das coletas mostra que na composição gravimétrica, o destaque ficou por conta da madeira com 23,15%, seguindo de outro com 22,86% (resíduos não citados. Ex: sedimentos e materiais orgânicos).

**Figura 32 – Composição gravimétrica total do 1º período das Caracterizações**



Fonte: Autora (2013)

#### 4.4.8 Caracterização dos Resíduos Sólidos no ano 2013 (03/04/2013) - Sétima caracterização dos Resíduos Sólidos

A partir da sétima caracterização foram modificados os intervalos das coletas visto que instalar a armadilha e retirar-la após 24h existia um custo. Ficou combinado de instalar a armadilha e só retirá-la depois de serem realizadas todas as coletas, que passaram a ser diárias. Foram realizadas sete coletas sem interrupção, exceto no domingo por não conseguir pessoas disponíveis para a realização do trabalho, visto que da sétima até a décima terceira caracterização contamos com ajuda da equipe da Slum. Houve mudança nos dados de chuva, pois perdemos os dados do pluviômetro instalado na maternidade Stª. Mônica, passando a trabalharmos apenas com os dados do pluviômetro da Semarh. A Figura 33 mostra um intervalo de 18 dias do início mês sem precipitação.

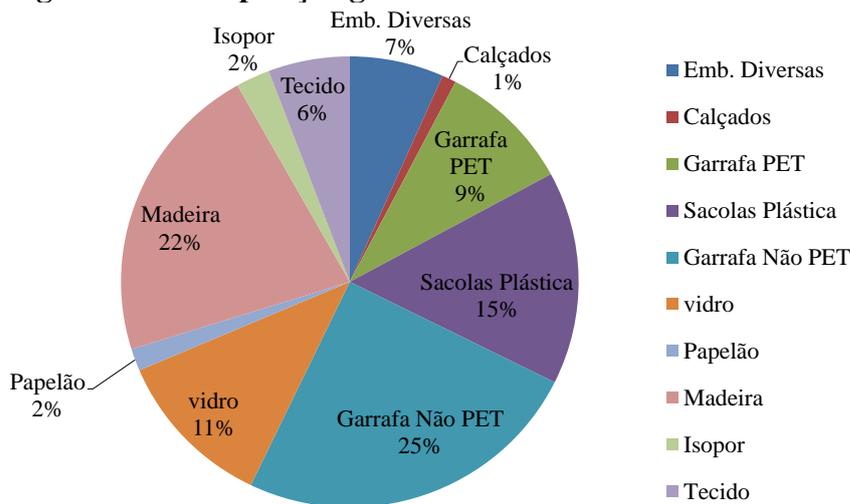
Mesmo com ausência da chuva os resíduos atingiram a armadilha. Na composição, destacam-se as garrafas não PET com 25%, seguido de madeiras com 22% do total coletado. Foi considerável a presença de sacolas plásticas (15%), conforme mostra a Figura 34.

**Figura 33 – Precipitação mensal na campanha de 2013**



Fonte: Semarh (2013)

**Figura 34 – Composição gravimétrica - 03/04/2013**

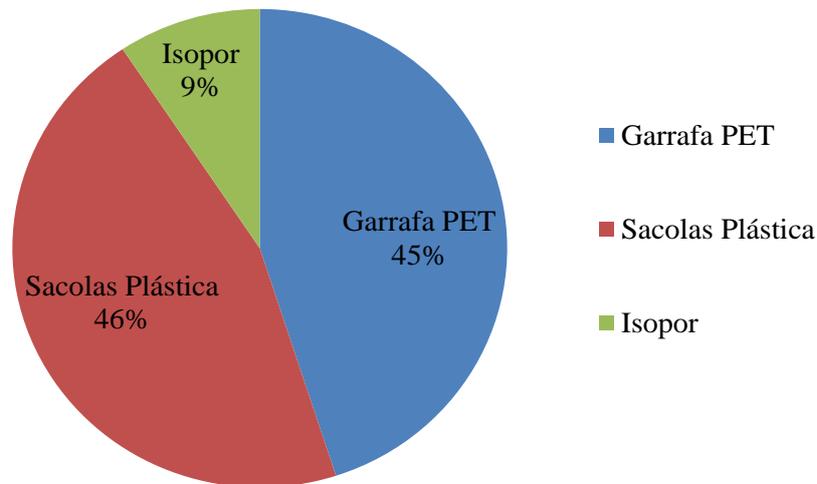


Fonte: Autora (2013)

#### 4.4.9 Oitava caracterização dos Resíduos Sólidos (04/04/2013)

Não houve precipitação. Na composição gravimétrica ficaram em destaque as garrafas PET seguidas da sacola plástica respectivamente 45% e 46% (Figura 35).

**Figura 35– Composição gravimétrica - 04/04/2012**

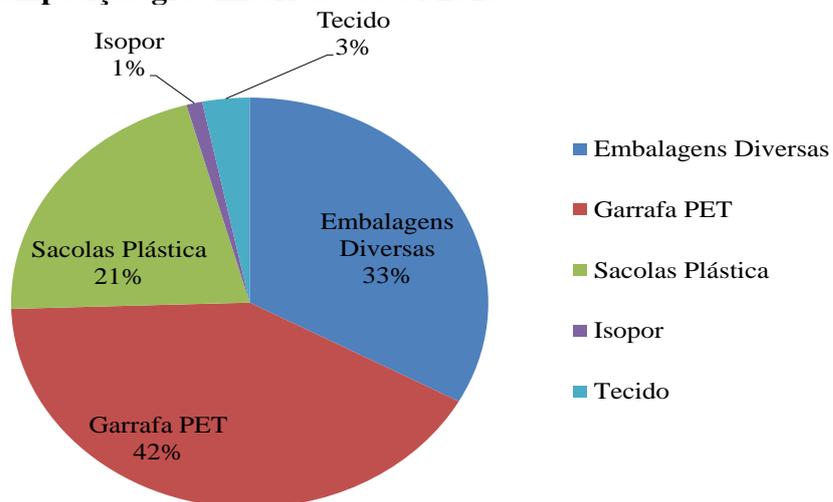


Fonte: Autora (2013)

#### 4.4.10 Nona caracterização dos Resíduos Sólidos (05/04/2013)

Houve mais tipos de resíduos com aparecimento de isopor e outros (panela, pente, escova de dente, móveis), com destaque novamente para as sacolas plásticas, destacando-se também as garrafas PET com 42% seguido de embalagens diversas com 33% (Figura 36).

**Figura 36 – Composição gravimétrica - 05/04/2013**

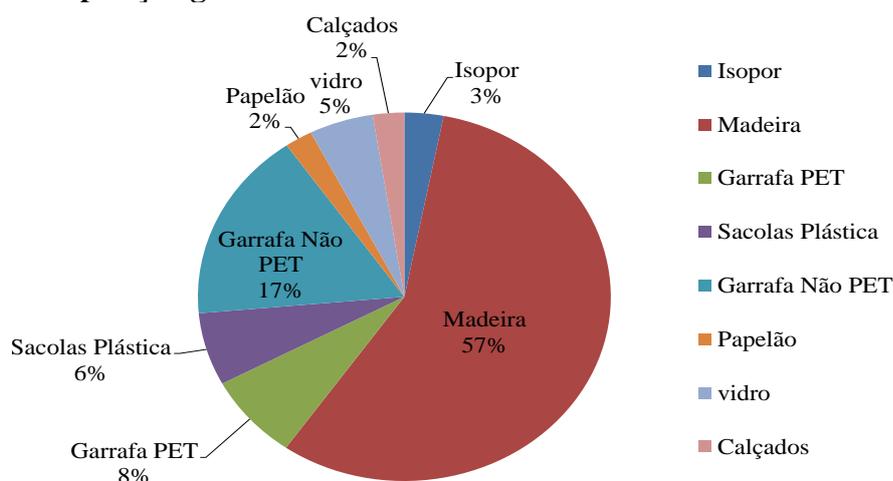


Fonte: Autora (2013)

#### 4.4.11 Décima caracterização dos Resíduos Sólidos (06/04/2013)

No intervalo das 24h da caracterização anterior continuou a chegada de resíduos de tipos diferentes como o calçado, vidro, porém o destaque ficou para a madeira com 57%, garrafa não PET. Na composição gravimétrica ficou em destaque a madeira com 57% seguido de garrafa não PET com 17%, como mostra a Figura 37.

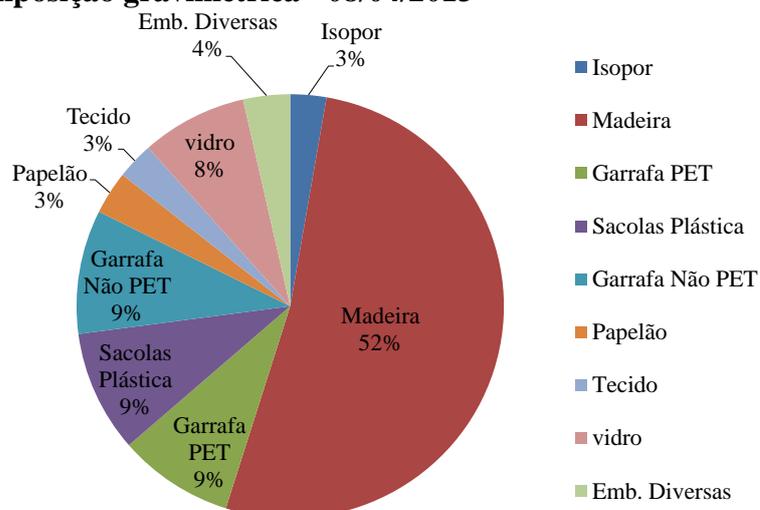
**Figura 37 – Composição gravimétrica - 06/04/2013**



Fonte: Autora (2013)

#### 4.4.12 Décima primeira caracterização dos Resíduos Sólidos (08/04/2013)

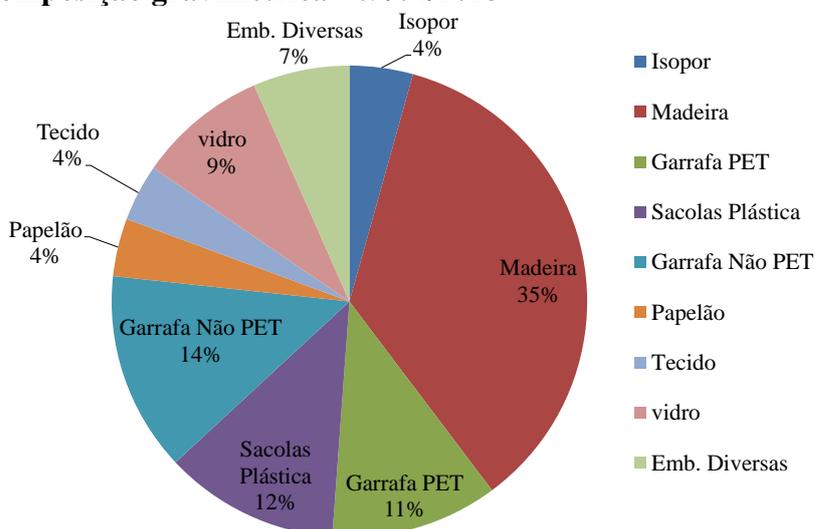
Nessa caracterização foram acumulados os resíduos sólidos das 48hs, pois o dia 07/04/2013 foi um domingo e não conseguimos pessoas para ajudar na coleta. Nessa semana das caracterizações diárias surgiu bastante madeira (57%), como mostra a composição gravimétrica (Figura 38).

**Figura 38 – Composição gravimétrica - 08/04/2013**

Fonte: Autora (2013)

#### 4.4.13 Décima segunda caracterização dos Resíduos Sólidos (09/04/2013)

Os resíduos continuaram a chegar, até em grande quantidade, com destaque para a madeira com 35% (Figura 39).

**Figura 39 – Composição gravimétrica - 09/04/2013**

Fonte: Autora (2013)

#### 4.4.14 Décima terceira caracterização dos Resíduos Sólidos (10/04/2013)

Na décima terceira caracterização não houve evento de precipitação e ausência total dos resíduos. Visto que nessa última caracterização fomos informados pela equipe da SLUM que existia outra equipe ao longo do canal fazendo limpeza, iniciando pela nascente da

bacia, retirando todos os resíduos fazendo com que os resíduos próximos à armadilha fossem carreados até a mesma, com a desobstrução do canal à montante.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Nas condições em que a pesquisa foi realizada com os resultados deste estudo é possível concluir que:

O riacho do Sapo nesta localidade está canalizado e a presença de resíduos sólidos é significativa. É comum ver construções sobre o canal e despejo de resíduos sólidos e líquidos. Nessa área não ocorre nenhum tipo de varrição e a coleta domiciliar não atinge a área em sua totalidade, pois as ruas transversais às ruas Esperança e São Jorge são estreitas e íngremes, típico das grotas na cidade de Maceió, fazendo com que grandes quantidades de resíduos sólidos sejam depositados pela população em pontos não identificados pela prefeitura, na pista principal que corta a grota. Estes resíduos acabam sendo carreados pelo escoamento superficial para o riacho sem obstáculos que possam impedi-los ou na maioria das vezes jogados diretamente dentro do riacho pelos próprios moradores

Da relação precipitação e resíduos sólidos, pode-se afirmar que não há uma correlação nítida entre as variáveis precipitações de 24 h e quantidade de resíduos de 24 h. O despejo de resíduos é contínuo, há uma grande quantidade que atinge o exutório da bacia com a precipitação, mas também grandes quantidades ocorrem em dias sem chuva.

Dessa forma, a partir do valor médio entre os valores vindos das coletas realizadas, obteve-se a estimativa de carga diária obtida na de  $22,4 \text{ kg}\cdot\text{dia}^{-1}$ . Considerando eficiências possíveis de retenção dos resíduos na grade disponíveis na literatura, tem-se uma carga que pode variar entre  $1.216,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$  e  $3.405,8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$  na bacia da Grota do Cigano.

A composição gravimétrica de resíduos secos apresentou madeira 36%, sacola plástica 11%, garrafa não PET 12%, garrafa PET 9%, vidros e outros 7%, tecido 6%, embalagens diversas 5%, isopor 3%, papelão 2%, couro 1% do volume total quantificado.

Recomenda-se que seja feitos estudos mais detalhados, com relação ao uso de uma armadilha planejada para essa finalidade, devido à perda parcial de alguns resíduos durante a coleta. As dificuldades encontradas para a realização do trabalho apontam para que haja, em pesquisas futuras, um estudo de observação visual prévia das cargas, pois as grotas apresentam um grande despejo inadequado de resíduos, o que exige grande equipe de trabalho e equipamentos de apoio.

## REFERÊNCIAS

- ALLISON, R.A., CHIEW F.H.S. & MCMAHON, T.A. 1998 a. *A decision-suport-system for determining effective trapping strategies for gross pollutants*. Report 98/3. Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology.
- ALLISON, R.A., WALKER, T.A., CHIEW, F.H.S., O'NEILL, I.C. & MCMAHON, T.A. 1998 b. *From roads to rivers – Gross pollutant removal from urban waterways*. Research Report for the Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, Austrália, 98 pp.
- ARMELIN, L. F. 2005. *A questão do acúmulo de resíduos sólidos em bacias de detenção urbanas na região metropolitana e São Paulo*. 128f. Dissertação (mestrado em engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ARMITAGE, N.; ROOSEBOOM, A. *The removal of litter from stormwater conduits in the developing world*. In: BUTER, D.; MAKSIMOVIC, C. 2000. *Developments in urban drainage modelling (UDM'98)*. London: Pre-prints of fourth international conference.
- ARNOLD, G.; RYAN, P. 1999. *Marine Litter originating from Cape Town's residential, commercial and industrial áreas: the connection between streer litter and storm water debris. A co-operative community approach*. Island Care New Zealand Trust, C/- Department of Geographay. The University of Auckland, New Zealand.PercyFitzPatrick Institute, University of Cape Town.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil*. ed. 2009. São Paulo.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil*. ed. 2010. São Paulo.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil*. ed.2011. São Paulo.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10004: Resíduos sólidos. 2. ed.: [S.l. : s.n.],2004. 71 f.
- \_\_\_\_\_.NBR 10.004: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- \_\_\_\_\_.NBR 12980: Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos, 1993.
- BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O. 2002. *Aspectos institucionais e de financiamento dos sistemas de drenagem urbana*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 7, n.1. ABRH.
- BARROS, A. M. 2012. *Efeito da mudança do uso do solo no escoamento na bacia do riacho do Sapo*. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Alagoas.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF, 02 fevereiro 2010.

BRASIL. Lei nº 11.445/07 de 05 de janeiro de 2007. Estabelece Diretrizes Nacional de Saneamento Básico; altera as Leis nºs 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 dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm). Acesso em: 22 de maio de 2014.

BRITES, A. P. Z. 2005. Avaliação da qualidade da água e dos resíduos sólidos no sistema de drenagem urbana. 177f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, área de concentração Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS.

CARVALHO, P. P. M.; NEVES, M. G. F. P. Concepção de uma armadilha para resíduos sólidos em canais urbanos. In: Encontro Nacional de Águas Urbanas, 9., 2012, Belo Horizonte. **Anais**. Belo Horizonte: ABRH, 2012. 1 CD-ROM.

CERVI, E. C. 2010. Qualificação e Quantificação de Resíduos Sólidos do arroio Ouro Verde no município de Foz do Iguaçu – PR. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Ambiental) – Faculdade Dinâmica das Cataratas.

CORNELIUS, M.; CLAYTON, T.; LEWIS, G. ARNOLD, G. e CRAIG, J. 1994. Litter associated with storm water discharge in Auckland city New Zealand. Auckland: Island Care New Zealand Trust.

CUNHA, V.; 2002. Gerenciamento da Coleta de Resíduos Sólidos Urbanos: Estruturação e Aplicação de Modelo não-linear de Programa por Metas. Revista Gestão & Produção. Volume 9, n.2. p. 143-161, ago. 2002. G&P.

HENRIQUE, D. C. 2012. Caracterização preliminar da qualidade da água no Riacho do Sapo, Maceió AL. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Alagoas.

IPT – Instituto de Pesquisas tecnológicas 2000. LIXO MUNICIPAL: Manual de Gerenciamento Integrado. 2º ed. São Paulo.

ISLAND CARE NEW ZEALAND TRUST – ICNZT. 1996. Reducing the incidence of storm water debris and street litter in the marine environment: a co-operative community approach. Auckland: Island Care New Zealand Trust.

JAWOROWSKI, A. L. O. ; SCHETTINI, E. ; SILVEIRA, A. L. L. Qualidade da água e caracterização de resíduos sólidos em arroio urbano da região metropolitana de Porto Alegre. XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2005, João Pessoa – PB.

JAWOROWSKI, A. L. O. 2008. Qualidade da água e caracterização de resíduos sólidos em arroio urbano. Porto Alegre: UFRGS - Curso de Pós-Graduação Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Tese (Doutorado em andamento em Engenharia).

LARIYAH, M. S. et al 2011. Cross Pollutants Analysis in Urban Residential Area for a Tropical Climate Country. In: 12th International Conference on Urban Drainage, Porto Alegre/Brazil, 11-16 September 2011 Malásia: Kajang, Selangor.

LUNA, H. A. 2009. *Caracterização hidrológico-hidráulica da bacia do riacho do Sapo*. Monografia. (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal de Alagoas, Maceió-AL.

MARAIIS, M., ARMITAGE, N. e WISE, C. 2004. The mensurament and reduction of urban litter entering stormwater drainage systems: paper 1 – Quantifying the problem using the city of Cape Town as case study. Water SA. No. 4. Vol. 30.

MARQUES, D. M.; A. L.L. Silveira; GEHLING, G. R. Resíduos Sólidos na Drenagem Pluvial Urbana. In: RIGHETTO, A. M.. (ORG.). *Manejo de Águas Pluviais Urbanas*. 1 Ed. Natal: ABES, 2009, v. 4, p. 198-217.

MONTEIRO, J. H. P. et al., 2001. IBAM – Instituto Brasileiro de Administração Municipal (2001). *GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS: Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos*. 15º ed. Rio de Janeiro.

NEVES, M. G. F. P.; SOUZA, V. C. B.; PEPLAU, G. R.; SILVA JÚNIOR, R. I.; PEDROSA, H. T S; CAVALCANTE, R B. L. Características da bacia do riacho Reginaldo em Maceió-AL e suas implicações no escoamento superficial. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 17., 2007, São Paulo. Anais... São Paulo: ABRH, 2007. 1 CD-ROM.

NEVES, M. G. F. P.; TUCCI, C. E. M. 2008a. “Resíduos sólidos na drenagem urbana: aspectos Conceituais”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 13, n.3, Jul/Set 2008, p. 125-135. ABRH.

NEVES, M. G. F. P.; TUCCI, C. E. M. 2008b. “Resíduos sólidos na drenagem urbana: estudo de caso”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 13, n.4, Out/Dez 2008, p. 43-54. ABRH.

NEVES, M. G. F. P.; TUCCI, C. E. M. 2011. “Composição de resíduos de varrição e resíduos carreados pela rede de drenagem, em uma bacia hidrográfica urbana”. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 16, p. 331-336. ABES.

OLIVEIRA, D. T. S. 2011. Estruturação e Parametrização de um modelo Hidrodinâmico a um Canal Urbano. Maceió: Curso de Engenharia Civil (Trabalho de Conclusão de curso). Maceió – AL 2011.

PEDROSA, H.F.S. 2008. Avaliação do impacto das diretrizes do Plano Direto de Maceió sobre o escoamento superficial. Estudo de caso: Bacia do Riacho Reginaldo. Dissertação de Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento – Universidade Federal de Alagoas.

PEPLAU, G.J.R. 2013. Análise de critérios para a determinação da vazão de restrição ao escoamento superficial urbano. Estudo de caso: bacia hidrográfica do Riacho do Sapo, Maceió/AL. Dissertação de Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento – Universidade Federal de Alagoas.

PIMENTEL, I. M. C. 2009. Avaliação quali-quantitativa do Riacho Reginaldo e seus afluentes. Maceió: UFAL - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento. Dissertação de Mestrado em Engenharia.

PREFEITURA *vistoria de uso de nova tecnologia para limpeza de canais*. Disponível em: <http://www.maceio.al.gov.br/slum/noticias/prefeito-vistoria-uso-de-nova-tecnologia-para-limpeza-de-canais/>. Acesso em 29/01/2014.

PREFEITURA *apresenta nova metodologia para limpeza de canais*. Disponível em: <http://www.maceio.al.gov.br/slum/noticias/prefeitura-apresenta-nova-metodologia-para-limpeza-de-canais/>. Acesso em 22/01/2014.

SALLES, A.; WOLFF, D. B.; SILVEIRA, G.L. 2011. **Solid wastes drained in an urban river sub-basin**. Urban Water Journal. DOI: 10.1080/1573062X.2011.633612.

SANTOS, Y. B.; SILVA, L.; NEVES, M. G. F. P.; FREIRE, P. H. F; CARVALHO, P. P. M.. Estimativa da carga de resíduos sólidos na drenagem urbana do Riacho do Sapo - Maceió/AL através de um método indireto. In: XI Simpósio De Recursos Hídricos do Nordeste, 2012, João Pessoa. Xi Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2012.

SANTOS, Y. B. 2013. Método Indireto de Estimação da Carga de Resíduos Sólidos na Drenagem Urbana. Maceió/AL. Relatório final de conclusão de curso de Engenharia Ambiental e Sanitária – Universidade Federal de Alagoas.

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

Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – SEMARH. 2012. Banco de dados Hidrometeorológico – BDHM. Posto 217 – Jacarecica. Maceió – AL. 2012.

Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – SEMARH. Banco de dados Hidrometeorológico – BDHM. Posto 217 – Jacarecica. Maceió – AL. 2013.

SILVA, A. S. 2010. Resíduos sólidos drenados em sub-bacia Hidrográfica urbana em Santa Maria – RS. Santa Maria: UFSM - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Dissertação de Mestrado em Engenharia.

SILVEIRA, A. L. L. 2001. Problems of urban drainage in developing countries. In: International Conference on Innovative Technologies in Urban Storm Drainage, 1, 2001, Lyon. Novatech, p. 143-150.

SUPERITENDENCIA DE LIMPEZA URBANA DE MACEIÓ – SLUM. 2011. Relatório de Resíduos Sólidos. Maceió – AL.

SUPERITENDENCIA DE LIMPEZA URBANA DE MACEIÓ – SLUM. 2012. Relatório de Resíduos Sólidos. Maceió – AL.

SUPERITENDENCIA DE LIMPEZA URBANA DE MACEIÓ – SLUM. 2013. Relatório de Resíduos Sólidos. Maceió – AL.

SUPERINTENDENCIA DE LIMPEZA URBANA DE MACEIÓ – SLUM 2011. Plano de Trabalho para Execução de Desassoreamento e Limpeza nos rios e canais na cidade de Maceió. Maceió – AL.

SUPERINTENDENCIA DE LIMPEZA URBANA DE MACEIÓ – SLUM 2012. Plano de Trabalho para Execução de Desassoreamento e Limpeza nos rios e canais na cidade de Maceió. Maceió – AL.

TAVARES, J. C. L. 2008. Caracterização dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Maceió-AL: UFAL - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento. Dissertação de Mestrado em Engenharia.

TUCCI, C. E. M. 2002. Gerenciamento da Drenagem Urbana. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 7, n.1.ABRH.

TUCCI, Carlos E. M.; PARKINSON, J. N. ; GOLDENFUM, J. A. ; NEVES, M. G. F. P. Interactions between solid waste management and urban storm water drainage. In: Jonathan N. Parkinson, Joel A. Goldenfum e Carlos E. M. Tucci. (Org.). Integrated urban water management: humid tropics. 1 ed. Paris: Unesco e Taylor & Francis Netherlands, 2010, v. 6, p. 69-87.

TUCCI, Carlos E. M. 2003. Inundações Urbanas na América do Sul. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre.

TUCCI, Carlos E. M. 2004. Hidrologia: Ciência e Aplicação. 4ª ed. – Porto Alegre. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: ABRH.

TUCCI, Carlos E. M. 7 Bilhões de Pessoas. Disponível em <<http://blog.rhama.net/>>. Acesso em 27.02.2011.

## **ANEXOS**

**Tabela A.1 – Totais pesados secos x chuva pluviômetro Santa Mônica (2012)**

| Data       | Chuva (mm) | Total (Kg) |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 01/06/2012 | 1,25       | -          | 25/06/2012 | 10,75      | -          | 19/07/2012 | 1,00       | -          | 12/08/2012 | 0,25       | -          |
| 02/06/2012 | 0,00       | -          | 26/06/2012 | 39,25      | -          | 20/07/2012 | 0,50       | -          | 13/08/2012 | 0,25       | -          |
| 03/06/2012 | 14,75      | -          | 27/06/2012 | 6,00       | -          | 21/07/2012 | 3,00       | 15,9       | 14/08/2012 | 0,25       | -          |
| 04/06/2012 | 5,25       | -          | 28/06/2012 | 1,75       | -          | 22/07/2012 | 0,00       | -          | 15/08/2012 | 0,25       | -          |
| 05/06/2012 | 0,00       | -          | 29/06/2012 | 2,00       | -          | 23/07/2012 | 0,00       | -          | 16/08/2012 | 0,25       | -          |
| 06/06/2012 | 0,00       | -          | 30/06/2012 | 10,50      | -          | 24/07/2012 | 8,25       | -          | 17/08/2012 | 0,50       | -          |
| 07/06/2012 | 3,25       | -          | 01/07/2012 | 4,25       | -          | 25/07/2012 | 2,25       | -          | 18/08/2012 | 2,00       | 21,16      |
| 08/06/2012 | 1,00       | -          | 02/07/2012 | 0,00       | -          | 26/07/2012 | 5,25       | -          | 19/08/2012 | 6,25       | -          |
| 09/06/2012 | 4,00       | -          | 03/07/2012 | 22,25      | -          | 27/07/2012 | 6,25       | -          | 20/08/2012 | 0,25       | -          |
| 10/06/2012 | 1,25       | -          | 04/07/2012 | 3,50       | -          | 28/07/2012 | 0,00       | -          | 21/08/2012 | 2,75       | -          |
| 11/06/2012 | 27,50      | -          | 05/07/2012 | 3,25       | -          | 29/07/2012 | 1,25       | -          | 22/08/2012 | 0,25       | -          |
| 12/06/2012 | 56,00      | -          | 06/07/2012 | 5,00       | -          | 30/07/2012 | 6,00       | -          | 23/08/2012 | 0,25       | -          |
| 13/06/2012 | 13,25      | -          | 07/07/2012 | 0,00       | 8,4        | 31/07/2012 | 0,50       | -          | 24/08/2012 | 2,75       | -          |
| 14/06/2012 | 5,00       | -          | 08/07/2012 | 0,25       | -          | 01/08/2012 | 0,25       | -          | 25/08/2012 | 0,00       | -          |
| 15/06/2012 | 1,75       | -          | 09/07/2012 | 0,50       | -          | 02/08/2012 | 2,50       | -          | 26/08/2012 | 0,00       | -          |
| 16/06/2012 | 0,00       | -          | 10/07/2012 | 0,25       | -          | 03/08/2012 | 0,00       | -          | 27/08/2012 | 1,00       | -          |
| 17/06/2012 | 0,25       | -          | 11/07/2012 | 0,00       | -          | 04/08/2012 | 0,00       | 0,00       | 28/08/2012 | 0,00       | -          |
| 18/06/2012 | 18,50      | -          | 12/07/2012 | 1,50       | -          | 05/08/2012 | 0,00       | -          | 29/08/2012 | 0,00       | -          |
| 19/06/2012 | 0,00       | -          | 13/07/2012 | 14,00      | -          | 06/08/2012 | 0,00       | -          | 30/08/2012 | 0,00       | -          |
| 20/06/2012 | 0,00       | -          | 14/07/2012 | 0,00       | -          | 07/08/2012 | 0,00       | -          | 31/08/2012 | 0,00       | -          |
| 21/06/2012 | 2,50       | -          | 15/07/2012 | 5,75       | -          | 08/08/2012 | 0,00       | -          | 01/09/2012 | 0,00       | 1,53       |
| 22/06/2012 | 6,50       | -          | 16/07/2012 | 3,00       | -          | 09/08/2012 | 0,25       | -          | 02/09/2012 | 0,00       | -          |
| 23/06/2012 | 0,50       | 37,8       | 17/07/2012 | 35,00      | -          | 10/08/2012 | 2,50       | -          | 03/09/2012 | 0,00       | -          |
| 24/06/2012 | 15,75      | -          | 18/07/2012 | 0,00       | -          | 11/08/2012 | 0,00       | -          | 04/09/2012 | 0,25       | -          |

**Fonte: Autora (2012)**

**Tabela A.2 – Totais pesados secos x chuva pluviômetro Semarh (2012)**

| Data       | Chuva (mm) | Total (Kg) |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 01/06/2012 | 0,00       | -          | 25/06/2012 | 51,50      | -          | 19/07/2012 | 0,00       | -          | 12/08/2012 | 0,30       | -          |
| 02/06/2012 | 12,70      | -          | 26/06/2012 | 5,70       | -          | 20/07/2012 | 5,20       | -          | 13/08/2012 | 0,10       | -          |
| 03/06/2012 | 5,70       | -          | 27/06/2012 | 6,00       | -          | 21/07/2012 | 3,30       | 15,9       | 14/08/2012 | 5,80       | -          |
| 04/06/2012 | 0,00       | -          | 28/06/2012 | 4,10       | -          | 22/07/2012 | 0,00       | -          | 15/08/2012 | 7,80       | -          |
| 05/06/2012 | 0,00       | -          | 29/06/2012 | 8,70       | -          | 23/07/2012 | 0,00       | -          | 16/08/2012 | 2,70       | -          |
| 06/06/2012 | 0,00       | -          | 30/06/2012 | 14,60      | -          | 24/07/2012 | 6,40       | -          | 17/08/2012 | 9,00       | -          |
| 07/06/2012 | 0,00       | -          | 01/07/2012 | 0,30       | -          | 25/07/2012 | 0,40       | -          | 18/08/2012 | 9,90       | 21,16      |
| 08/06/2012 | 3,20       | -          | 02/07/2012 | 9,50       | -          | 26/07/2012 | 17,20      | -          | 19/08/2012 | 12,20      | -          |
| 09/06/2012 | 9,40       | -          | 03/07/2012 | 6,20       | -          | 27/07/2012 | 2,50       | -          | 20/08/2012 | 2,20       | -          |
| 10/06/2012 | 0,30       | -          | 04/07/2012 | 2,80       | -          | 28/07/2012 | 0,00       | -          | 21/08/2012 | 0,70       | -          |
| 11/06/2012 | 55,90      | -          | 05/07/2012 | 12,70      | -          | 29/07/2012 | 3,60       | -          | 22/08/2012 | 2,60       | -          |
| 12/06/2012 | 5,00       | -          | 06/07/2012 | 5,80       | -          | 30/07/2012 | 10,20      | -          | 23/08/2012 | 3,10       | -          |
| 13/06/2012 | 7,90       | -          | 07/07/2012 | 0,30       | 8,4        | 31/07/2012 | 5,00       | -          | 24/08/2012 | 0,10       | -          |
| 14/06/2012 | 0,00       | -          | 08/07/2012 | 0,40       | -          | 01/08/2012 | 1,20       | -          | 25/08/2012 | 2,40       | -          |
| 15/06/2012 | 2,50       | -          | 09/07/2012 | 0,30       | -          | 02/08/2012 | 1,30       | -          | 26/08/2012 | 0,00       | -          |
| 16/06/2012 | 1,10       | -          | 10/07/2012 | 1,50       | -          | 03/08/2012 | 2,10       | -          | 27/08/2012 | 0,50       | -          |
| 17/06/2012 | 3,40       | -          | 11/07/2012 | 0,00       | -          | 04/08/2012 | 3,10       | 0,00       | 28/08/2012 | 0,00       | -          |
| 18/06/2012 | 4,90       | -          | 12/07/2012 | 12,70      | -          | 05/08/2012 | 0,00       | -          | 29/08/2012 | 0,00       | -          |
| 19/06/2012 | 0,00       | -          | 13/07/2012 | 1,50       | -          | 06/08/2012 | 0,00       | -          | 30/08/2012 | 0,00       | -          |
| 20/06/2012 | 0,10       | -          | 14/07/2012 | 4,10       | -          | 07/08/2012 | 0,00       | -          | 31/08/2012 | 0,00       | -          |
| 21/06/2012 | 1,40       | -          | 15/07/2012 | 0,50       | -          | 08/08/2012 | 0,00       | -          | 01/09/2012 | 0,00       | 1,53       |
| 22/06/2012 | 5,40       | -          | 16/07/2012 | 23,80      | -          | 09/08/2012 | 11,50      | -          | 02/09/2012 | 0,00       | -          |
| 23/06/2012 | 5,00       | 37,8       | 17/07/2012 | 12,80      | -          | 10/08/2012 | 1,30       | -          | 03/09/2012 | 0,70       | -          |
| 24/06/2012 | 16,70      | -          | 18/07/2012 | 0,40       | -          | 11/08/2012 | 0,00       | -          | 04/09/2012 | 1,10       | -          |

**Fonte: Semarh (2012)**