

### **III-011 – AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ECONÔMICO DE RECICLAGEM DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES PRODUZIDOS NO MUNICÍPIO DE MANAUS – AM: UM ESTUDO GRAVIMÉTRICO**

**Alcemir Ramos de Oliveira Filho** <sup>(1)</sup>

Bacharel em Estatística pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Estatístico da Secretaria Municipal de Limpeza Pública (SEMULSP).

**Marcos Sampaio Sepulveda** <sup>(2)</sup>

Graduado em Tecnologia em Processamento de Dados pela Faculdade Ruy Barbosa de Tecnologia. Assessor na Secretaria Municipal de Limpeza Pública (SEMULSP).

**Elisa Teresinha Muller** <sup>(3)</sup>

Técnica Ambiental pela Universidade Nilton Lins. Assessora na Secretaria Municipal de Limpeza Pública (SEMULSP).

**Paulo Ricardo Rocha Farias** <sup>(4)</sup>

Engenheiro Agrônomo. Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia (UFAM). Secretário Municipal de Limpeza Pública /SEMULSP.

**Neliton Marques da Silva** <sup>(5)</sup>

Agrônomo. Doutor em Entomologia pela Universidade de São Paulo. Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia (UFAM).

**Endereço** <sup>(1)</sup>: Avenida Brasil, Compensa I Nº. 1335 - Manaus-AM- CEP: 69.036-110 -**Telefone: 3216-8769**  
**Fax: 3216-8768 - E-mail:** semulsp@pmm.am.gov.br

#### **RESUMO**

A caracterização física dos resíduos sólidos em um Município quanto a sua composição gravimétrica permite avaliar o potencial de aproveitamento (reutilização ou reciclagem) desses resíduos, contribuindo para a atingimento de metas universais de reduzir, reutilizar e reciclar as matérias, evitando ou minimizando danos ao ambiente produzidos em um Município. O presente estudo tem como objetivo precípua avaliar o potencial de reciclagem dos resíduos sólidos domiciliares (lixo domiciliar) da cidade de Manaus. Neste sentido, realizou um estudo gravimétrico do lixo domiciliar de modo a estimar as frações percentuais das seguintes componentes: Matéria Orgânica, Polietileno de Baixa Densidade (PEBD), Polietileno de Alta Densidade (PEAD), Polietileno de tereftalato (PET), Polipropileno (PP), Tetra Pack; Isopor, Madeira, Papel e Papelão, Metais, Vidro e Rejeito. O universo considerado para o estudo foi composto de 187 roteiros que realizam atualmente o serviço de Coleta Domiciliar no Município e que cobrem toda área urbana de Manaus. Uma amostra de 12 roteiros do universo de estudo foi escolhida, os quais foram distribuídos nas seis zonas geográficas que abrangem a cidade, com a exigência de dois roteiros para cada zona. Os ensaios gravimétricos foram realizados no Aterro da cidade utilizando, com adaptações, as recomendações básicas da NBR 10007/ABNT, quais sejam: dilaceração, homogeneização e quarteamento dos resíduos. Os resultados convergem para o declínio do teor de matéria orgânica medido em 26,25%, quase a metade da média nacional. Por outro lado, um aumento expressivo na fração de recicláveis encaminhadas ao Aterro, igual a 53,50%, 21,6 pontos percentuais mais que a média nacional deste segmento, ratificando que Manaus segue a tendência da sociedade contemporânea, ou seja, utilizar cada vez mais embalagens plásticas devido a comodidades que as embalagens descartáveis proporcionam. A Receita Potencial atual pela comercialização de Materiais Recicláveis foi estimada em R\$ 477,07 por tonelada

**PALAVRAS-CHAVE:** Reciclagem, Resíduo Sólido Domiciliar, Composição Gravimétrica, Potencial Econômico, Manaus.

#### **INTRODUÇÃO**

Este estudo visa avaliar o potencial econômico de reciclagem dos resíduos sólidos domiciliares (RSD) utilizando como instrumento a caracterização gravimétrica dos RSD coletados e enviados ao Aterro de Manaus, realizada no período de 22 de maio a 21 de junho de 2013. Este estudo atende às exigências da

Política Nacional de Resíduos de Sólidos e subsidia nas futuras elaborações de projetos voltados à reciclagem no Município.

Neste artigo também é analisado a variação dos componentes na série histórica de estudos gravimétricos realizados em Manaus desde 1982.

A caracterização, identificação e quantificação dos resíduos sólidos permitem avaliar sua geração e deste modo, selecionar equipamentos específicos, conceber rotas de coleta, elaborar programas de recuperação de materiais e obter indicadores. Permitem, também, identificar os materiais que podem ser desviados do fluxo de resíduos, as oportunidades de reuso e reciclagem, e as especificações dos compradores de materiais recuperados (TCHOBANOGLIOUS, 1993 *apud* BASSANI, 2011).

De acordo com Rocha e Lang (2003), a caracterização dos resíduos sólidos domiciliares, por meio da determinação da composição gravimétrica, torna possível identificar a quantidade e a qualidade do resíduo gerado pelos domicílios.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Federal 12.305 aprovada em 2 de agosto de 2010 que institui sobre os princípios, objetivos e instrumentos, diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento dos resíduos, define as responsabilidades dos geradores e do poder público, a qual trata em seu art. 19 da obrigatoriedade de elaboração dos Planos de Gestão Integrada de Resíduos, atendendo a um conjunto mínimo de exigências, entre a qual destaca-se para este referido estudo o item XI, sobre os programas e ações voltadas para os grupos interessados, em especial para cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda.

Sobre a reciclagem no âmbito nacional há diversos trabalhos que abordam sobre a riqueza que é desperdiçada junto com os resíduos quando estes são destinados em lixões e aterros (Naime e Mengden 2008; Freitas e Oliveira Filho, 2009 APUD . Com esta postura o país perde por ano em torno de R\$ 8 bilhões por deixar de reciclar os diversos resíduos que são enviados aos aterros e lixões das cidades (IPEA, 2008). De acordo com dados do CEMPRE (Compromisso Empresarial Para a Reciclagem) realizado em 2008 quantidades que em 2003 era de 5 milhões de toneladas saltou para 7,1 milhões de toneladas em 2008. Quando se trata de materiais como o plástico, vidro, metais, papel e borracha, o índice de reciclagem que em 2004 era de 17% foi para 25% em 2008 acompanhado do retorno financeiro que já movimentava R\$ 12 bilhões por ano.

Desta maneira respaldada pela base legal da Política Nacional de Resíduos Sólidos, a Secretaria Municipal de Limpeza Pública aplicou-se na atualização de dados relativos à Composição Gravimétrica dos Resíduos Domiciliares de Manaus contribuindo também para o atingimento de metas universais de reduzir, reutilizar e reciclar as matérias, evitando ou minimizando danos ao ambiente.

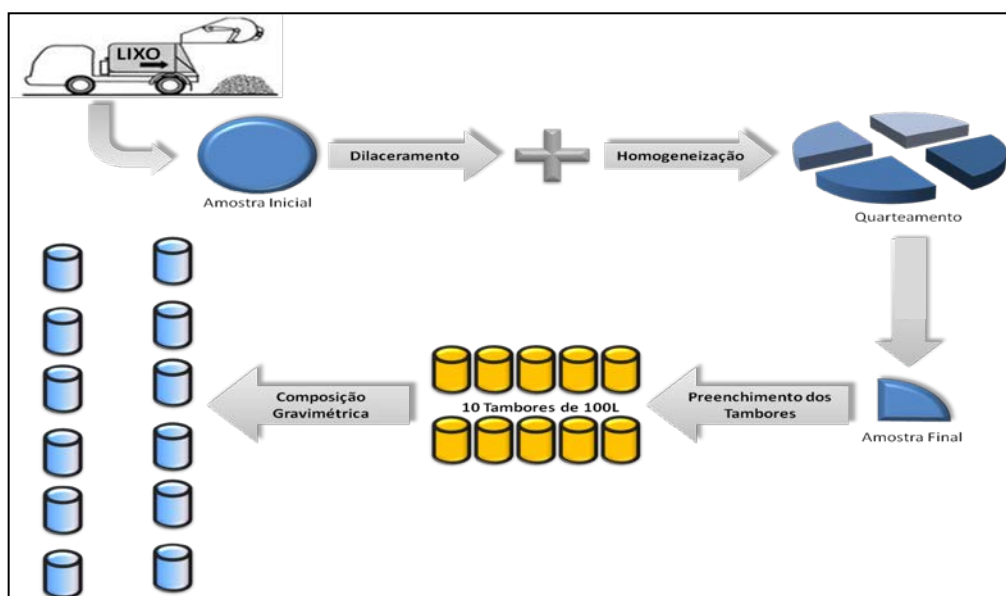
## MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios experimentais do presente estudo foram realizados no Aterro do Município no período de 22/05/2013 a 21/06/2013. As amostras iniciais escolhidas para a determinação da caracterização gravimétrica consistiram nas cargas de resíduos sólidos domiciliares (RSD), descartadas no Aterro durante o período supracitado, provenientes de 12 roteiros significativos da Coleta Domiciliar. Estes roteiros abrangem as seis zonas geográficas (Norte, Sul, Leste, Oeste, Centro-Oeste, Centro-Sul) da área urbana da cidade, sendo amostrados dois roteiros por zona.

A técnica de quarteamento (NBR 10.007/2004, ABNT) foi aplicada em cada uma dessas amostras iniciais, resultando em 12 amostras finais de RSD, com volume aproximado de 1000 m<sup>3</sup>. Em cada amostra final foi realizada a separação dos resíduos em doze componentes: Matéria orgânica, Polietileno de Baixa Densidade (PEBD), Polietileno de Alta Densidade (PEAD), Polietileno de Tereftalato (PET), Polipropileno (PP), Tetra Pack; Isopor, Madeira, Papel e Papelão, Metais, Vidro, Rejeito.

Uma equipe de cinco funcionários treinados identificou cada das doze componentes, principalmente os diversos tipos de plásticos. A figura 1 exibe uma representação gráfica do fluxo dos procedimentos utilizados para realização da gravimetria.

Uma pá mecânica foi utilizada na homogeneização dos resíduos de cada amostra inicial. As pesagens das doze componentes foram realizadas em uma balança com capacidade máxima de 500 Kg.



**Figura 1:** Fluxo dos procedimentos para realização da gravimetria.

Finalizados os ensaios, os dados de pesagens foram coligidos e calculou-se as estimativas das frações relativas das componentes em três níveis: por roteiro, por zona geográfica e em todo Município.

Para cada um dos doze roteiros, a estimativa em cada componente foi calculada pela razão entre o peso líquido da componente e o peso total da amostra final.

A estimativa em cada componente de uma dada zona foi calculada pela média aritmética das frações relativas da componente, calculadas nos dois roteiros pertencentes a esta zona

A estimativa da composição gravimétrica dos resíduos domiciliares produzidos em Manaus foi estimada, considerando o tamanho populacional da zona geográfica. A fração relativa de cada componente foi obtida pela média aritmética ponderada das frações relativas médias, relativas à componente, estimadas nas seis zonas geográficas. Os pesos de cada zona são exibidos na tabela 1.

**Tabela 1: Participação populacional relativa por zona geográfica**

Zona	População hab.	Ponderação w
Norte	501.055	0,28
Leste	447.946	0,25
Sul	286.488	0,16
Oeste	253.589	0,14
Centro-Sul	151.753	0,08
Centro-Oeste	148.333	0,08
Total	1.789.164	1,00

Fonte: IBGE, Censo demográfico 2010.

## RESULTADOS

A tabela 2 apresenta as estimativa da composição gravimétrica dos RSD para o todo município de Manaus e por zona geográfica. Destes valores médios, infere-se:

- Uma fração média de 53,50%, de materiais recicláveis descartados pelos domicílios, o que aponta para um grande desperdício de materiais que poderiam ser reaproveitáveis e comercializados;
- Presenças predominantes da componente Matéria orgânica e Papel e Papelão com frações médias iguais a 26,25% e 23,55% respectivamente;
- No grupo Recicláveis destacam-se PET, Metais com participações relativas superiores a 5%;
- A *Madeira e Rejeitos*, juntos, representam uma quantidade significativa de resíduos encontrados nos resíduos domésticos;
- No agregado dos Recicláveis, a Zona Centro-Sul apresentou a maior fração porcentual, com 60% de materiais recicláveis desperdiçados, sendo este índice acima da média municipal de 53,50%. O Tetra Pack também foi um reciclável que predominou nesta zona em relação às demais. Estes resultados são esperados devido a grande concentração de centros comerciais, restaurantes, lanchonetes e bares nesta zona além de ser uma região de classe média alta. Segundo o Censo Demográfico do IBGE 2010, o rendimento médio mensal dos domicílios particulares permanente desta zona é na ordem de R\$ 6.150;
- Quantidades significativas de embalagens PET e PEBD foram encontradas na parte Centro-Oeste da cidade, com valores superiores às médias municipais determinadas para estes componentes (5,89% e 2,11%, respectivamente);
- A Matéria orgânica obteve um valor elevado na Zona Norte (34,95%), bem acima da fração média calculada no Município igual a 26,25%. O Papel e Papelão predominou na Zona Norte, 5,33 pontos percentuais acima do valor típico desse componente obtido no Município;
- Os Rejeitos são encontrados de maneira predominante na Zona Leste. Roupas usadas, trapos e borrachas foram os resíduos encontrados com maior frequência neste grupo.

**Tabela 2: Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domiciliares - Manaus, 2013.**

Componentes	Fração Porcentual por componente						Média (%)
	Norte	Sul	Oeste	Leste	Centro-Sul	Centro-Oeste	
Matéria Orgânica	34,95	17,21	23,33	27,56	25,33	28,51	26,25
Recicláveis	56,37	49,47	53,78	48,47	60,01	57,4	53,50
Papel e Papelão	28,88	17,38	27,23	18,56	26,38	22,65	23,55
Tetra Pak	1,29	1,44	1,28	0,85	2,65	1,57	1,40
PET	6,68	6,04	4,27	5,84	4,95	6,99	5,89
PEAD	3,21	5,01	2,91	4,25	4,62	4,38	3,98
PEBD	1,96	1,41	1,46	2,99	1,71	4,93	2,11
PP	2,41	3,43	4,65	6,29	0,73	1,17	3,33
Metais	7,16	9,37	8,22	5,24	5,09	6,79	7,40
Isopor	1,12	1,07	1,04	1,26	1,85	1,88	1,24
Vidro	3,66	4,32	2,72	3,19	12,03	7,04	4,60
Madeira	1,83	13,52	14,37	2,08	2,51	2,5	6,91
Rejeitos	6,88	19,84	8,55	21,93	12,2	11,61	13,37
<b>TOTAL</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,1</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

A tabela 3 e a figura 2 apresentam os resultados dos quatro estudos de caracterização dos resíduos sólidos de Manaus citados acima bem como os resultados do presente estudo. Destacam-se os seguintes padrões de comportamento das componentes dos resíduos domiciliares:

- A retração da *Matéria Orgânica*, a qual no estudo de STROSKY (2001), respondia com 58% dos resíduos domiciliares, em 2013 passou para uma fração de 26%, redução de 55 %;
- Em contrapartida, o *Papel e Papelão* apresenta uma tendência de crescimento com uma fração atual de 23,5%;
- A fração dos *Plásticos* caiu em 2013 em relação a 2006, alcançando a média de 15,31%;
- Aumento substancial no O descarte de Vidro e de metais no Aterro em 2013, com participações de 4,6% e 7,40% no lixo domiciliar respectivamente, o dobro das estimativas dos anos de 1992, 2001 e 2006;
- A componente Madeira teve destaque em 2013 aumentando a fração em 175% relativamente à média calculada nos quatro últimos estudos.

**Tabela 3: Estudos de Composição Gravimétrica realizados na Cidade de Manaus.  
1982-1992-2001-2006-2013**

Material	1982	1992	2001	2006	2013
<i>Material orgânico</i>	51,10	58,70	45,20	35,84	26,25
<i>Papel e Papelão</i>	29,00	18,90	18,90	21,18	23,55
<i>Plásticos</i>	2,80	8,60	18,50	29,34	15,31
<i>Metais</i>	6,80	4,30	3,60	3,47	7,40
<i>Madeira</i>	2,10	2,90	3,60	1,44	6,91
<i>Vidro</i>	4,70	2,20	2,00	1,58	4,60
<i>Outros</i>	-	-	-	2,29	2,64
<i>Rejeitos</i>	3,50	4,40	8,20	4,87	13,37
<b>TOTAL</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

\*No item “Outros”, foi considerado a soma de Isopor e Tetra Pak.

**Fonte:** (ANDRADE, 1992), <sup>1</sup>(LIMA, 1982; *apud* STROSKI, 2001); <sup>2</sup> (STROSKI, 2002);  
<sup>3</sup>(NETO, 2006).

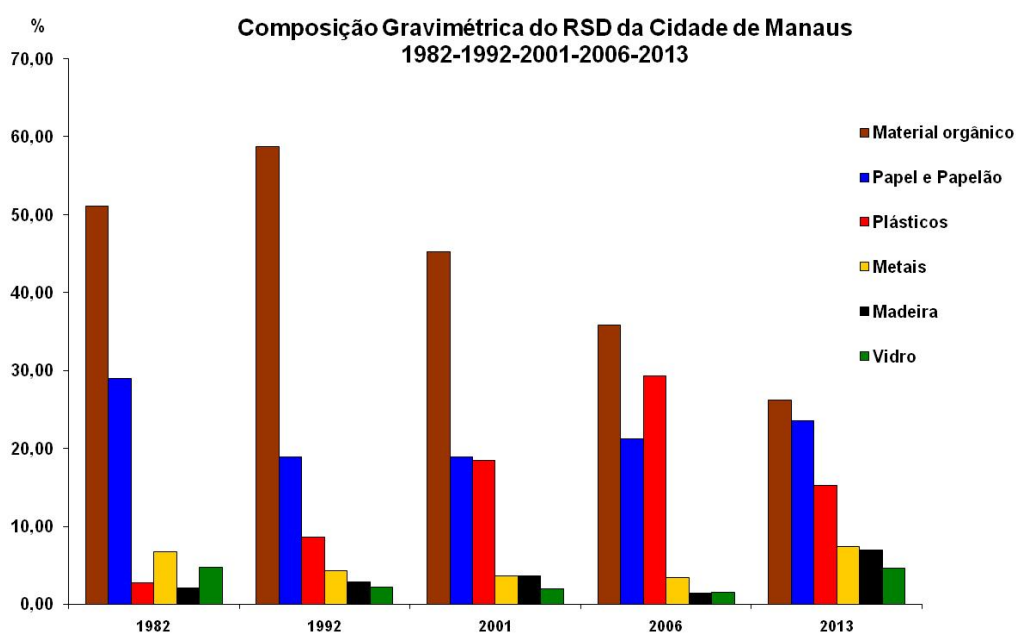


Figura 2



A tabela 4 exibe estimativas anuais das quantidades de recicláveis presentes nos resíduos domiciliares, calculadas, a partir das frações percentuais estimadas neste estudo, bem como a receita anual estimada pela venda destes materiais. Os preços médios unitários por material reciclável foram baseados nos relatórios mensais de vendas dos grupos de catadores da cidade de Manaus realizadas no 1o trimestre de 2013.

A Receita Potencial pela comercialização de Materiais Recicláveis foi estimada em R\$ 477,07 por tonelada.

**Tabela 4: Estimativa do Potencial Econômico dos materiais recicláveis em Manaus.**

Componentes	Fração Porcentual	Estimativa da quantidade diária t/dia	Preço médio por quilo <sup>(2)</sup>	Receita por dia (R\$)	R\$/Ton elada
Papel e Papelão	23,55 <sup>(1)</sup>	393,525	0,23	90.510,68	230,00
PET	5,89	98,506	0,83	81.759,65	830,00
Plástico duro	3,98	66,463	0,57	37.884,05	570,00
Plástico Mole	2,11	35,320	0,50	17.659,92	500,00
PP	3,33	55,634	0,40	22.253,62	400,00
Metais	7,40	123,758	0,96	118.807,46	960,00
<b>TOTAL</b>	<b>46,3</b>	<b>773,2</b>	<b>-</b>	<b>368.875,379</b>	<b>477,07</b>

Notas:

(1) quantidade estimada foi calculada descontando o percentual médio de 25% de umidade presente no Papel e Papelão;

## CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos no presente estudo e comparando com os valores médios nacionais de Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) (ABRELPE, 2012), exibidos na tabela 5, destacamos:

- Uma mudança na composição do lixo domiciliar coletado na cidade de Manaus com o declínio do teor de matéria orgânica, igual a 26,25%. Este valor representa quase metade da média nacional desta componente;
- Por outro lado, um aumento expressivo na fração de recicláveis encaminhadas ao Aterro, igual a 53,50%, 21,6 pontos percentuais a mais que a média nacional de recicláveis se somarmos, na tabela 4, as participações de Metais, Papel, papelão e Tetra Pack, Plástico e vidro. Ratificando que Manaus segue a tendência da sociedade contemporânea, ou seja, utilizar cada vez mais embalagens plásticas devido a comodidades que as embalagens descartáveis proporcionam;
- A Receita Potencial atual pela comercialização de Materiais Recicláveis foi estimada em R\$ 477,07 por tonelada.

**Tabela 5: Participação dos Principais Materiais no Total de RSU Coletado no Brasil em 2012**

Materiais	Participação Relativa
Metais	2,9
Papel, Papelão e Tetra Pak	13,1
Plástico	13,5
Vidro	2,4
Matéria Orgânica	51,4
Outros	16,7

Fontes: ABRELPE/ Panorama 2012



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil*, Edição Especial de 10 anos, São Paulo - 2012.
2. ANDRADE, J.B.L. (1992). *Determinação da composição gravimétrica, peso específico e teor de umidade dos resíduos sólidos produzidos na Cidade de Manaus*. Manaus, Secretaria Municipal de Defesa do Meio Ambiente.
3. ANDRADE, J. B. L. de. *Determinação da composição gravimétrica dos resíduos de serviços de saúde de diferentes tipos de estabelecimentos geradores*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20, 1999, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: ABES, 1999. P. 1666-72.
4. COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM - CEMPRE. **Pesquisa Ciclossoft 2008** Disponível em: <[http://www.cempre.org.br/ciclossoft\\_2008.php](http://www.cempre.org.br/ciclossoft_2008.php)> Acesso em: set. 2009
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 10.004 - *Resíduos sólidos - Classificação*. 2004.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. (1987). *NBR 10007 - Amostragem de resíduos: procedimento*. Rio de Janeiro, set.
7. BRASIL. Lei Federal no. 12.305 de 02 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.
8. BASSANI (2011). *Caracterização de resíduos sólidos de coleta seletiva em condomínios residenciais: estudo de caso em Vitória – ES*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.
9. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA.. IPEA, 2009. Pagamento por Serviços Ambientais Urbanos para Gestão de Resíduos Sólidos. Maio 2010.
10. STROSKI, Antônio Ademir. *Caracterização dos resíduos sólidos dispostos no aterro controlado de Manaus e a aplicabilidade do composto orgânico*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia da Universidade do Amazonas. Manaus-AM, 2002.