



ABORDAGEM ECONÔMICA NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE IGARAPÉS URBANOS DE MANAUS

Armando Bandeira dos Santos Junior¹, Alexandre Almir Ferreira Rivas², Eduardo Genaro Escate Lay³, Suely de Souza Costa⁴

RESUMO

O objetivo da pesquisa é analisar as causas da geração de resíduos sólidos e sua presença em igarapés urbanos de Manaus, a composição e a quantidade de resíduos sólidos removidos de trechos de igarapés urbanos pelo poder municipal e verificar os instrumentos econômicos que podem ser utilizados para a minimização de resíduos no meio ambiente. Foi adotada a pesquisa de estudo de casos múltiplos, descritiva, instrumental e exploratória. Os resultados da pesquisa revelaram que há resíduos sólidos – 36 kg de garrafas PET comuns, 76 kg de plásticos moles, 34 kg de plásticos duros, 45 kg de embalagens de papel/papelão, 10 kg de latas de alumínio, 88 kg de outros metais, 27 kg de vidro, 26 kg de isopor, 26 kg de pneus, 122 kg de trapos, 59 kg de plantas, 177 kg de madeira e 559 kg de outros materiais – em meio ao lixo retirado pela Secretaria Municipal de Limpeza Pública de trechos dos igarapés do São Raimundo e do Educandos. São propostos incentivos destinados a estimular a redução de emissões como os sistemas de depósito-reembolso.

Palavras-chaves: Resíduos sólidos; igarapés; instrumentos econômicos.

Economic approach in the management of solid waste from urban rivers of Manaus. The purpose of this research is analyze the causes of generation of solid waste and its presence in urban small rivers known as igarapes in Manaus, recognize the composition and the quantity of waste removed from stretches of igarapes and check economic instruments that can be used for the minimization of waste in the environment. It was adopted the study of multiple cases, with descriptive, instrumental and exploratory characteristics. The results revealed that there are solid waste – 36 kg of commons PET bottles, 76 kg of soft plastics, 34 kg of hard plastics, 45 kg of cardboard package materials, 10 kg of aluminum cans, 88 kg of other metals, 27 kg of glass, 26 kg of EPS, 26 kg of tires, 122 kg of rags, 59 kg of plants, 177 kg of wood and 559 kg of other materials – in the middle of the garbage removed by the Municipal Public Cleaning Secretary from stretches of the igarapes of Sao Raimundo and Educandos. Incentives to encourage emissions reductions such as deposit-refund schemes are proposed.

Key words: Solid waste; igarapes; economic instruments.

¹ Mestre em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia pela Universidade Federal do Amazonas - UFAM. Professor das redes municipal e estadual de ensino em Manaus/AM (bandeirajr@uol.com.br).

² Pós-Doutor em Economia Ambiental pela Washington and Lee University (EUA). Doutorado em Economia Ambiental e Finanças Públicas pela University of Tennessee System (EUA). Professor da UFAM (central.rivas@gmail.com).

³ Doutor em Psicologia e Educação pela Universidad de León (Espanha). Professor da UFAM (genaroescateleon@gmail.com).

⁴ Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Pesquisadora do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA (sscosta@inpa.gov.br)



1. Introdução

Os impactos decorrentes de atividades humanas, aliados ao baixo nível de consciência ambiental de boa parte da população, resultam no agravamento do acúmulo de lixo no espaço natural (ANDRADE, 2014).

O aumento, nas últimas décadas, da produção de materiais sintéticos persistentes mudou significativamente o tipo e a quantidade do lixo gerado no Brasil. Todavia, a priorização do “descartável”, sinônimo de praticidade nas sociedades modernas, costuma cobrar um custo ambiental alto. Retirar o lixo dos ambientes onde ele se acumula exige tempo, energia, espaço e muito dinheiro (ARAÚJO & COSTA, 2003).

Segundo estudo da ABRELPE (2015), o Brasil precisaria, para universalizar os serviços de tratamento e destinação de resíduos sólidos urbanos até 2031, de um investimento anual médio na ordem de R\$ 700 milhões para sistemas de gestão dos resíduos sólidos, conforme as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

No que tange ao acúmulo de resíduos sólidos em igarapés urbanos em Manaus, capital do Estado do Amazonas, nota-se a perpetuação do problema ocasionada tanto pelo lançamento direto de resíduos nos igarapés por indivíduos e entidades quanto pelo espalhamento do lixo disposto em frente a casas e estabelecimentos e de detritos retidos em sarjetas e ‘bocas-de-lobo’, principalmente na época de chuvas na região.

O poder público local, por meio da Secretaria Municipal de Limpeza Pública da Prefeitura Municipal de Manaus - SEMULSP/PMM vem a alguns anos mobilizando equipes de colaboradores no intuito de retirar toneladas de resíduos sólidos dos igarapés da cidade, trabalhando em alguns pontos diariamente, com emprego de maquinário. Em paralelo a essa atividade são realizadas campanhas educativas em escolas e comunidades no intuito de prevenir o agravamento da questão.

1.1 Crescimento urbano de Manaus

Macena & Costa (2012) afirmam que, em seu processo de formação, a cidade de Manaus passou de vila a metrópole com uma infraestrutura que não acompanhou o crescimento da cidade e dos seus cidadãos. A dinâmica urbana do uso do solo em Manaus conduziu à ocupação desordenada de áreas de influência dos igarapés e, posteriormente, de terrenos acidentados em periferias distantes.

Por uma série de fatores históricos, e como uma consequência do crescimento desordenado da cidade desde a implantação da Zona Franca pelo Governo Federal em fins da década de 1960, os entornos de córregos e igarapés de Manaus têm sido ocupados por comércios, prestadores de serviços e famílias de baixa renda (OLIVEIRA, 2003).

Esses locais são tradicionalmente mais afetados por deficiências nos serviços de saneamento básico, os quais incluem esgotamento sanitário, abastecimento de água encanada e coleta e transporte de resíduos sólidos domésticos (GIATTI *et al.*, 2014).

Manaus concentra cerca de metade da população do Amazonas e aproximadamente 80% do Produto Interno Bruto do Estado, de acordo com Freitas & Giatti *apud* Giatti *et al.* (2014), totalizando R\$ 51 bilhões em 2011, sendo o sexto maior dentre os municípios brasileiros. Entretanto, indicadores de distribuição de renda apontam a persistência de cenários de injustiça socioambiental na cidade. Em torno de 35,5% da população vivia abaixo da linha de pobreza, conforme o Censo Demográfico realizado em 2010 (PNUD *apud* GIATTI *et al.*, 2014).

Com base em dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico realizada pelo IBGE em 2008, Giatti *et al.* (2014) afirma que Manaus possuía 418.657 domicílios com abastecimento de água da rede pública. Segundo dados do Censo Demográfico do IBGE de 2010, apenas 29.768 (7,1% do total de domicílios com



abastecimento de água) estavam ligados à rede coletora de esgotos sanitários.

Os resíduos sólidos urbanos coletados pela administração pública em Manaus são encaminhados para um aterro controlado da Prefeitura, cujo funcionamento vem desde 1986, localizado no Km 19 da Rodovia AM-010, na zona norte da cidade. Este recebe aproximadamente 900 mil toneladas por ano (875.892 em 2002 e 883.676 em 2007) na forma de resíduos domiciliares e públicos, de serviços de saúde, entulho e resíduos de podas e outros. A coleta seletiva (0,1% do total em 2002 e 0,2% em 2007), apesar de ter duplicado, permanece com cifra muito baixa (GIATTI *et al.*, 2014).

1. 2 Gestão de resíduos aquáticos em nível local

A Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS – Lei 12.305/2010 – preconiza a elaboração de planos de gestão compartilhada de resíduos sólidos, utilizando-se de instrumentos de gestão como a logística reversa, com vistas à destinação ambientalmente adequada dos resíduos.

Às secretarias de limpeza pública municipais compete acompanhar o cumprimento dos serviços de limpeza pública urbana e de manejo dos resíduos sólidos produzido por moradores, comércios e indústrias, implementando ações que visem à disposição adequada de rejeitos e o reaproveitamento de resíduos recicláveis, respondendo também pela operação do aterro sanitário.

De acordo com Andrade *apud* Silva (2010), a quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados no Brasil está na ordem de 35 milhões de toneladas por ano, com geração *per capita* variando de acordo com o aporte populacional de cada cidade.

A partir de dados do Relatório Anual da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE relativo a 2013, o Estado do Amazonas é a quinta unidade da federação em geração diária de lixo urbano por habitante – 0,929 quilos – e o primeiro da

Região Norte, ficando atrás apenas do Distrito Federal (1,551 kg/hab/dia), São Paulo (1,346), Rio de Janeiro (1,268) e Goiás (0,955). A média nacional diária é de 0,941 quilos diários por habitante. Em Manaus, município com cerca de 1.800.000 habitantes, são produzidos 884.938 t/ano, representando uma geração *per capita* de 1 kg/hab/dia (ABRELPE, 2013).

Segundo Giatti *et al.* (2014), a produção de resíduos sólidos per capita em Manaus se destaca por ser o maior encontrado na Amazônia Legal, com tendência de se aproximar de outras capitais brasileiras com elevada produção de resíduos. A coleta de resíduos sólidos urbanos em Manaus em 2007 foi de 1.975 t/dia, com produção per capita de 1,2 kg/hab/dia.

No que tange aos resíduos sólidos de córregos e igarapés de Manaus, de acordo com Em Tempo (2015), a SEMULSP retirou, por meio de empresas terceirizadas, 7.486,12 toneladas de materiais no ano de 2013. No primeiro semestre de 2014, foram mais 3.986 toneladas de resíduos sólidos removidas, no que foram gastos R\$ 2.136.270,38 em recursos dos cofres municipais para liberar o fluxo da água e destinar o lixo retirado, que no caso é transportado sem segregação para o aterro controlado no Km 19 da Rodovia AM-010.

Conforme A Crítica (2016), de janeiro a setembro de 2015 foram coletadas 6.558 toneladas de resíduos sólidos dos igarapés e córregos de Manaus, numa média de 24 toneladas por dia, em uma extensão de 124 quilômetros, o que corresponde a uma taxa de 52,88 toneladas de resíduos coletadas por quilômetro. O custo total do serviço no período fez um montante na ordem de R\$ 8.871.662,40.

Tais ações de remediação do problema geram custos significativos ao Erário Público, conforme Rylo (2016). Em 2015, 8.445 toneladas de lixo foram retirados dos igarapés urbanos de Manaus. Para tanto o município gastou cerca de R\$ 11,5 milhões durante o ano,



um gasto mensal de R\$ 986.679,00. Os números superam o ano de 2014, quando R\$ 10,3 milhões foram gastos na remoção de 7.530 toneladas de resíduos sólidos.

O Quadro 1 a seguir apresenta uma estimativa do recolhimento de resíduos em igarapés de Manaus no período de 2013 a 2016 (janeiro a novembro), de um universo de cerca de cem igarapés atendidos.

Quadro 1: Estatística da limpeza de igarapés de Manaus - 2013 a 2016

Período	Quantidade coletada	Extensão linear atendida	Custo	Média diária de coleta	Taxa de coleta por extensão	Custo por quantidade coletada	Custo médio per capita ao ano
	Toneladas	Km	R\$	Toneladas/dia	Toneladas/Km	R\$/tonelada	R\$/hab. ano
Geral	29.596,000	552,80	40.072.498,28	20,271	53,538	1.353,980	4,91
2013	7.486,120	110,02	8.476.973,94	20,510	68,045	1.132,360	4,28
2014	7.529,620	118,93	10.396.221,01	20,629	63,311	1.380,710	5,15
2015	8.371,650	156,82	11.399.320,81	22,936	53,382	1.361,660	5,54
2016	6.208,610	167,03	9.799.982,53	17,010	37,171	1.578,450	4,68

Fonte: SEMULSP/PMM (2017)

Segundo Manaus (2017), a pouca conscientização em relação aos danos ambientais continua sendo um fator agravante para o aumento da incidência de resíduos sólidos nos igarapés de Manaus. Assim como em outras capitais do Brasil, o consumismo da população em geral contribui para o aumento da geração de resíduos, os quais muitas vezes são dispostos irregularmente na natureza.

Resíduos despejados no meio ambiente também representam ameaças à saúde pública. A água parada acumulada em resíduos sólidos como pneus e embalagens plásticas constituem-se em focos de reprodução do mosquito *Aedes aegypti*, transmissor de doenças infecciosas como a dengue, a *chikungunya* e a *zika*. Doenças infecciosas como a malária, que também é transmitida por um vetor externo, costumam ocorrer de forma endêmica em toda a Amazônia Legal (GIATTI *et al.*, 2014).

2. Material e Método

A presente pesquisa centrou-se no seguinte objetivo:

Analisar as causas da geração de resíduos sólidos e sua presença em igarapés urbanos de Manaus, a composição e a quantidade de resíduos sólidos removidos

de trechos de igarapés urbanos pela SEMULSP e verificar os instrumentos econômicos que podem ser utilizados para a minimização de resíduos no meio ambiente.

2.1 Método de pesquisa

Para alcançar os objetivos propostos, a presente pesquisa foi realizada sob o tipo analítico-descritiva, tendo contemplado tanto levantamento bibliográfico quanto atividades de campo.

Foi adotado o método de estudo de casos múltiplos, considerando a escolha de mais de um local de análise, seu caráter holístico e de mundo real, a disposição de uma ampla variedade de evidências (documentos, fotografias, fichas de observação e pesagens), a possibilidade de análises generalizantes sob diferentes perspectivas, dentre outros fatores legitimadores de uso do método (YIN, 2015). A estratégia de abordagem empregada foi exploratória e descritiva, ou instrumental e exploratória, conforme Stake & Yin *apud* Alves-Mazzotti (2006).

2.2 Técnicas e instrumentos de coleta de dados

Foram realizados levantamentos qualitativos e quantitativos de resíduos



sólidos dispostos em trechos de igarapés urbanos de Manaus no segundo semestre de 2016, época predominantemente de vazante e seca na região.

Os instrumentos de coleta de dados utilizados nos trabalhos de campo compreenderam ficha de observação com 13 categorias de classificação de resíduos sólidos e outras informações complementares, máquina fotográfica, luvas, pás, cordas, balança manual analógica com gancho e escala de 0 a 60 kg e padiola de 19 kg vazia para coletas e separação de resíduos. A partir de várias ‘padioladas’ formaram-se as amostras para análise, cujos resíduos constituintes e constantes do *check-list* foram em seguida separados e pesados com o auxílio de agentes de limpeza pública, procedimento realizado sob a anuência da SEMULSP/PMM.

Os trabalhos de separação e pesagem de resíduos removidos de trechos de igarapés urbanos buscaram caracterizar uma análise semigravimétrica dos mesmos, considerando que os procedimentos analíticos empregados só consideraram a variável ‘peso’ dos resíduos – independentemente de estarem molhados ou secos – e da padiola, e se deram em simultaneidade às atividades de rotina executadas pela equipe da SEMULSP.

Conforme Monteiro *et al. apud* Dal Pont *et al.* (2013), uma composição gravimétrica “demonstra o percentual de cada componente de uma amostra de lixo em análise em relação ao peso total desta amostra. Os componentes mais comuns de ocorrerem são papeis, metais, vidros, plásticos e matéria orgânica”.

2.3 Unidade de análise e a atividade de limpeza de rios e igarapés em Manaus

De acordo com Yin (2015) a seleção da unidade de análise adequada é uma consequência quando as questões de pesquisa estão claramente especificadas. Nesta pesquisa, as unidades de análise selecionadas foram trechos de igarapés urbanos de Manaus alcançados pelos

trabalhos de remoção de resíduos sólidos empreendidos por equipes da SEMULSP/PMM.

Os locais das atividades de campo foram o igarapé do São Raimundo próximo à Comunidade Bariri – como o igarapé também é chamado –, situado na parte baixa do bairro Presidente Vargas, e no igarapé do Educandos, em trechos próximos à orla da Feira da Manaus Moderna, parte da microbacia urbana do Educandos.

Segundo Manaus (2017), nas microbacias do Educandos e do São Raimundo, o trabalho de retirada diária de resíduos sólidos domésticos e de matéria orgânica pela SEMULSP é realizado com a utilização de retroescavadeiras hidráulicas, balsas, barcos empurradores e botes.

As balsas percorrem o Rio Negro, parando próximo aos igarapés para receber toneladas diárias de lixo. Botes com trabalhadores vão recolher resíduos sólidos dos igarapés e seus entornos com o uso de pás e redes de contenção e/ou sacolas *big bag*, dependendo do nível das águas (MANAUS, 2017).

A escolha das datas para coletas de resíduos no campo, nos dois locais escolhidos, esteve condicionada à disponibilidade do apoio das equipes da SEMULSP.

3. Resultados e Discussão

3.1 Parte I: Igarapé do São Raimundo

O trecho do igarapé do São Raimundo (Bariri) cujos resíduos sólidos foram analisados está situado entre os bairros Presidente Vargas e Glória, conforme a Figura 1. Havendo muito ou pouco lixo e independentemente do volume de água, nesse igarapé e no do Educandos, em áreas próximas ao desagüe no Rio Negro, há sempre trabalhos de retirada de resíduos, variando as formas de coleta e o efetivo de pessoal envolvido na dinâmica dos trabalhos.

No lócus em referência foram realizadas atividades de campo nos dias 26/07, 02/08 e 16/08/2016. A metodologia de análise semigravimétrica de resíduos sólidos retirados nesse local, nos três dias,

seguiu as seguintes etapas: do montante de algumas toneladas de resíduos alcançados pela rede de contenção alçada por bote ao longo do igarapé do São Raimundo – 10 toneladas nos dias 26/07 e 02/08 e 3 toneladas no dia 16/08/2016, segundo ‘estimativa visual’ feita pelo responsável pelas atividades da balsa –, o qual foi trazido a bordo de balsa operada pela SEMULSP com o uso de escavadeira hidráulica, foi constituída amostra para análise, resultante do enchimento com resíduos de seis padiolas devidamente pesadas. Resíduos maiores trazidos à amostra foram pesados à parte. Em seguida, foi procedida a separação de resíduos em doze categorias, entre recicláveis e orgânicos, com novas pesagens individualizadas. As pesagens e o acondicionamento de resíduos sólidos manipulados foram realizados em área livre da própria balsa (Figura 2).



Figura 1: Mapa do trecho de observação no Igarapé do São Raimundo (Bariri)

Fonte: SEMULSP/PMM (Janeiro de 2017)



Figura 2: Pesagem de padiola com resíduos retirados do montante acumulado na balsa, para formação da amostra para análise semigravimétrica em trecho do igarapé do São Raimundo (26/07/2016)

Fonte: SANTOS JUNIOR, A. B. dos (2017).

Conforme pode ser observado na Tabela 1, as coletas realizadas no igarapé do São Raimundo apresentaram uma elevada heterogeneidade no que tange ao peso líquido dos diversos materiais verificados nas análises semigravimétricas. O quantitativo do item “Outros” da Tabela em referência foi estimado da seguinte forma: Total do peso líquido da amostra bruta – Total dos resíduos separados e pesados.

3.2 Parte II: Igarapé do Educandos

O segundo lócus da pesquisa compreendeu trechos do igarapé do Educandos próximos à orla da Feira da Manaus Moderna, na área central da cidade (Figura 3).

Nessa segunda etapa do campo, considerando a reduzida quantidade de lixo recolhida por agentes de limpeza pública da SEMULSP em áreas de igarapé seco, foram efetivadas atividades de análise de montantes de resíduos trazidos à outra balsa da SEMULSP em 29 e 30/11, 09 e 10/12 e 16 e 17/12/2016. A metodologia de análise obedeceu às seguintes etapas: do montante de resíduos coletados manualmente – com o uso de pás – por garis no dia do campo e na tarde anterior – de 1 a 2 toneladas em cada uma das três coletas realizadas no local –, primeiramente acondicionados em sacolas do tipo *bag* e transportados até a balsa via bote motorizado, para depois serem desensacados e amontoados com o auxílio

de escavadeira hidráulica, foi constituída amostra a partir do enchimento com lixo e da pesagem da padiola seis vezes em

seqüência. Resíduos maiores trazidos à padiola foram pesados à parte.

Tabela 1: Resumo das análises semigravimétricas - Coletas 1, 2 e 3 no igarapé do São Raimundo

Resíduos analisados	Peso líquido (kg)	Porcentagem sobre o total líquido
Outros	267	39,32
Madeira	114	16,79
Outros metais	63	9,28
Plantas	45	6,63
Trapos (rejeitos)	42	6,19
Plásticos moles	33	4,86
Papel/papelão	22	3,24
Pneus	20	2,95
Garrafas PET	19	2,80
Vidro	19	2,80
Plásticos duros	17	2,50
Isopor	12	1,77
Latas de alumínio	6	0,88
Total	679	100,00

Fonte: Elaboração própria

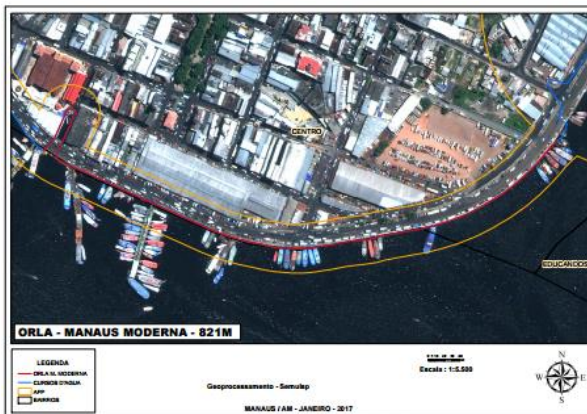


Figura 3: Mapa da orla da Manaus Moderna com o canal do igarapé do Educandos

Fonte: SEMULSP/PMM (Janeiro de 2017)

As pesagens e o acondicionamento dos resíduos foram realizados em área livre da balsa, com a ajuda de colaboradores terceirizados da SEMULSP (Figura 4).

Conforme a Tabela 2, as coletas realizadas no igarapé do Educandos também revelaram grande heterogeneidade no que tange ao peso líquido dos diversos materiais analisados nas análises semigravimétricas.



Figura 4: Enchimento da padiola com resíduos retirados de montante de lixo acumulado na balsa, para pesagem e formação de amostra para análise semigravimétrica relativa à área do igarapé do Educandos (10/12/2016)

Fonte: SANTOS JUNIOR, A. B. dos (2017)

A Tabela 3 a seguir resume os quantitativos de resíduos sólidos levantados nos dois locais da pesquisa:

**Tabela 2:** Resumo das análises semigravimétricas - Coletas 4, 5 e 6 no igarapé do Educandos

Resíduos analisados	Peso líquido (kg)*	Porcentagem sobre o total líquido
Outros	292	48,18
Trapos (rejeitos)	80	13,20
Madeira	63	10,40
Plásticos moles	43	7,10
Outros metais	25	4,13
Papel/papelão	23	3,80
Garrafas PET	17	2,81
Plásticos duros	17	2,81
Isopor	14	2,31
Plantas	14	2,31
Pneus	6	0,99
Vidro	8	1,32
Latas de alumínio	4	0,66
Total	606	100,00

Fonte: Elaboração própria

Tabela 3: Resumo das análises semigravimétricas - Coletas 1, 2, 3, 4, 5 e 6 nos igarapés do São Raimundo e do Educandos

Resíduos analisados	Peso líquido (kg)*	Porcentagem sobre o total líquido
Outros	559	43,50
Madeira	177	13,77
Trapos (rejeitos)	122	9,49
Outros metais	88	6,85
Plásticos moles	76	5,91
Plantas	59	4,59
Papel/papelão	45	3,50
Garrafas PET	36	2,80
Plásticos duros	34	2,65
Vidro	27	2,10
Isopor	26	2,02
Pneus	26	2,02
Latas de alumínio	10	0,78
Total	1285	100,00

Fonte: Elaboração própria

A Figura 5 acima apresenta por grau de relevância a análise semigravimétrica das coletas 1, 2, 3, 4, 5, 6 nos igarapés do São Raimundo e do Educandos. Pode-se observar a categoria. Outros em primeiro lugar, com mais de 500 kg, seguida de Madeira (177 kg) e Trapos (122 kg). Outros Metais, Plásticos Moles e Plantas significam menos de 100 kg cada uma.

Para o acompanhamento da análise estatística da presente investigação foi aplicado o Teste de Normalidade de Anderson-Darling. São apresentadas na Tabela 4 as medidas estatísticas básicas média e desvio padrão (DP) das amostras resultantes das coletas com padiola feitas nos igarapés do São Raimundo (local 1) e do Educandos (local 2).

3.3 Análise estatística descritiva dos resultados

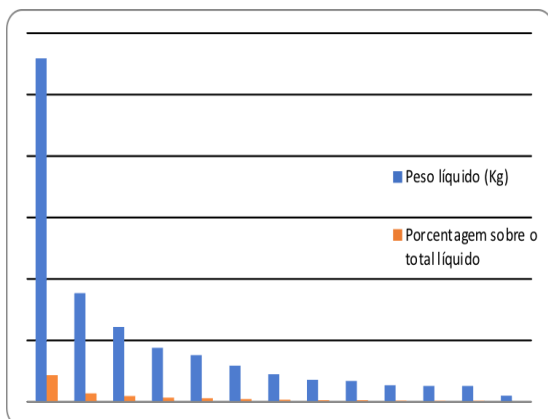


Figura 5: Resumo das análises semigravimétricas - Coletas 1, 2, 3, 4, 5 e 6 nos igarapés do São Raimundo e do Educandos

Fonte: Elaboração própria

No local 1 foram estimados (médias) um peso bruto (contando com o pesos da padiola) de 52,11 kg, isto é, com um intervalo de confiança de 49,09 a 55,13 kg, e um peso líquido de 33,11 kg, com um intervalo de confiança de 30,09 a 36,13 kg, para os resíduos sólidos presentes no igarapé do São Raimundo, ao passo que no local 2 foram estimados um peso bruto de 48,33 kg – com intervalo de confiança de 45,23 a 52,43 kg –, bem como um peso líquido de 29,83 kg – com intervalo de confiança de 26,23 a 33,43 kg –, para os resíduos sólidos inadequadamente dispostos no igarapé do Educandos. As médias tanto dos pesos brutos quanto dos pesos líquidos dos resíduos pesados nos dois lócus da pesquisa são, portanto, bastante próximas.

Tabela 4: Análise da variabilidade dos pesos brutos e líquidos das amostras de resíduos sólidos da pesquisa

Medidas Estatísticas	Local 1: Igarapé do São Raimundo		Local 2: Igarapé do Educandos	
	Peso bruto (kg)	Peso líquido (kg)	Peso bruto (kg)	Peso líquido (kg)
Média	52,11	33,11	48,33	29,83
Desvio Padrão	6,08	6,08	7,24	7,24
Mínimo	40,00	21,00	37,00	18,00
1.o Quartil	49,25	30,25	43,00	24,00
Mediana	51,50	32,50	49,00	30,00
3.o Quartil	56,25	37,25	55,00	36,00
Máximo	60,00	41,00	60,00	41,00
Intervalo de confiança da Média	49,09 - 55,13	30,09 - 36,13	45,23 - 52,43	26,23 - 33,43

Fonte: Elaboração própria

Para a análise estatística dos resultados foi usado o coeficiente de variação - CV, pois o mesmo leva em consideração a medida de dispersão absoluta (o desvio padrão - DP) e a média da série. Portanto, a medida de dispersão relativa prevalece sobre a medida de dispersão absoluta.

Conforme Pimentel-Gomes & Garcia (2002), a grande utilidade do CV é viabilizar a comparação das variabilidades de um ou mais conjuntos de dados. Enquanto o DP tem a mesma unidade de medida que os dados analisados, o CV é adimensional.

O coeficiente de variação pode ser interpretado da seguinte forma (PIMENTEL-GOMES & GARCIA, 2002):

- Baixos, se inferiores a 10%;
- Médios, quando de 10 a 20%;
- Altos, quando de 20 a 30%;
- Muito altos, quando acima de 30%.

Outra forma de interpretação é a seguinte:

- $CV \leq 20\%$ = trata-se de amostra homogênea;
- $CV > 20\%$ = trata-se de amostra heterogênea.

Quanto maior o valor do coeficiente de variação, maior é a dispersão dos valores do conjunto e quanto menor o valor do coeficiente de variação, mais homogêneo é o conjunto.

O CV do local 1, no tocante ao peso líquido dos resíduos sólidos, é igual a

18,36%, o que significa que trata-se de amostra homogênea, isto é, que as pesagens médias da padiola tiveram valores com desvio padrão com pouca dispersão. Em outras palavras, a amostra é homogênea porque apresenta um coeficiente de dispersão $\leq 20\%$ nas coletas de resíduos realizadas no igarapé do São Raimundo.

O CV do local 2, quanto ao peso líquido dos resíduos sólidos, é igual a 24,27%, o que significa que trata-se de amostra heterogênea, isto é, que as pesagens médias da padiola tiveram valores com desvio padrão com elevada dispersão. Assim, a amostra é heterogênea porque apresenta um coeficiente de dispersão $>20\%$ nas coletas de resíduos efetivadas no igarapé do Educandos.

Conforme o Teste de Normalidade de Anderson-Darling, se P-Value (P-Valor) for maior que o nível de significância ($P > 0,05$), os dados apresentam distribuição normal. A distribuição das pesagens líquidas obtidas no igarapé do São Raimundo apresentou distribuição normal já que $P = 0,146 > 0,05$, vide a Tabela 5.

Tabela 5: Medidas descritivas do peso líquido de resíduos sólidos coletados no igarapé do São Raimundo

A-Squared	0,54
P-Value	0,146
Mean (kg)	33,111
StDev (kg)	6,077
N	18

Fonte: Elaboração própria, com base no Teste de Normalidade de Anderson-Darling

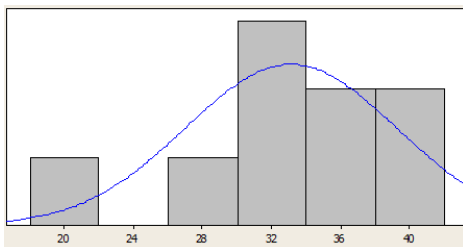


Figura 6: Distribuição do peso líquido de resíduos sólidos coletados no igarapé do São Raimundo

Fonte: Elaboração própria, com base no Teste de Normalidade de Anderson-Darling

O coeficiente de variação do peso líquido do local 1 equivale a 18,35% ($6,077/33,111 \times 100$), o que significa que trata-se de uma amostra homogênea.

Tabela 6: Medidas descritivas do peso líquido de resíduos sólidos coletados no igarapé do Educandos

A-Squared	0,31
P-Value	0,517
Mean (kg)	29,833
StDev (kg)	7,238
N	18

Fonte: Elaboração própria, com base no Teste de Normalidade de Anderson-Darling

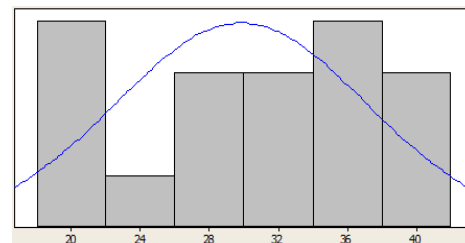


Figura 7: Distribuição do peso líquido de resíduos sólidos coletados no igarapé do Educandos

Fonte: Elaboração própria, com base no Teste de Normalidade de Anderson-Darling

Considerando que $P = 0,517 > 0,05$, então a distribuição da amostra em referência é normal (Tabela 8).

O coeficiente de variação do peso líquido do local 2 perfaz 24,26% ($7,238/29,833 \times 100$), o que significa que trata-se de uma amostra heterogênea.

A Figura 8 a seguir, um gráfico de box plot, permite uma melhor comparação visual da dispersão dos pesos líquidos das coletas de resíduos sólidos nos dois locais da pesquisa.

3.4 Destinação apropriada de resíduos sólidos urbanos e a valorização de ecossistemas

Além da melhoria contínua do sistema público de coleta e transporte de resíduos sólidos e da conscientização da população para um consumo sustentável – com minimização da geração de novos resíduos –, a destinação adequada para tais materiais passa também pelo fomento a

políticas públicas e parcerias público-privadas com vistas principalmente à reciclagem. A cultura da reciclagem é pouco valorizada na sociedade brasileira, apesar de haver várias indústrias que atuam nesse ramo (BORGES & PINTO, 2010).

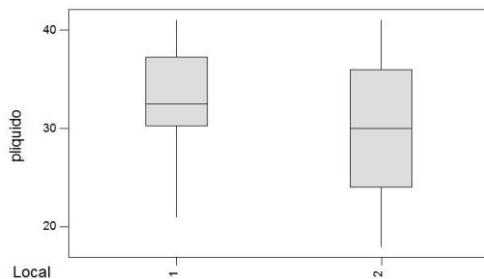


Figura 8: Dispersão dos pesos líquidos de resíduos sólidos coletados nos igarapés do São Raimundo e do Educandos

Fonte: Elaboração própria, com base no Teste de Normalidade de Anderson-Darling

De acordo com pesquisa realizada pelo IPEA (2010), a reutilização de materiais secundários – aço, alumínio, celulose, plástico e vidro – como insumos para a produção de bens intermediários diversos tanto gera benefícios econômicos para a sociedade – a partir dos custos evitados com o consumo de recursos naturais e de energia – quanto benefícios ambientais – redução da emissão de gases do efeito estufa e diminuição da pressão sobre o meio ambiente –, sem perda de qualidade dos bens finais.

3.4.1 Instrumentos econômicos para melhoria da gestão de resíduos sólidos em Manaus

Conforme dados da ABRELPE (2014), 41,7% (78.987 toneladas) do total de 189.219 toneladas de resíduos sólidos urbanos - RSU gerado no Brasil em 2013 foi disposto em lixões e aterros controlados. Em 2014, o montante de RSU gerado em nível nacional perfaz 195.233 toneladas, mas o panorama pouco evoluiu: 41,6% (81.986 toneladas) desse total teve a mesma destinação. Tal fato contribuiu para que o prazo legal para eliminação de lixões fosse estendido de 2014 para 2018. Muitos

resíduos dispostos sem critérios em bens públicos poderiam contribuir para a geração de emprego e renda no país caso tivessem sido segregados e encaminhados, por exemplo, para associações de catadores de resíduos recicláveis.

Os instrumentos econômicos servem para financiar a gestão de resíduos sólidos, com a instituição de taxas que devem ser proporcionais ao peso e volume dos mesmos e aos custos de tratamento e destinação final ambientalmente adequada, como é o caso da taxa PAYT (*pay as you throw*; pague conforme você gera), praticada em muitos países da Europa Ocidental (EURACTIVE, 2014).

3.4.2 Reaproveitamento de resíduos sólidos de igarapés urbanos de Manaus e proposta de implantação de instrumento econômico para resíduo reciclável abundante no meio ambiente

As atividades de campo desta pesquisa demonstraram a incidência de resíduos sólidos significativos em meio ao lixo aquático removido pela PMM de áreas de igarapés urbanos de Manaus, sendo caracterizado um total de 1.285 kg, entre resíduos recicláveis, orgânicos e rejeitos. Parte do peso em referência – 559 kg – refere-se ao item Outros Resíduos da Ficha de Observação usada nos trabalhos de campo.

Dentre os resíduos efetivamente separados e pesados – 726 kg –, a ordem de significância apurada é a seguinte: resíduos de madeira (177 kg); de trapos de roupas, lonas, sofá e mala (122 kg); de outros metais como embalagens e carcaças de eletrodomésticos (88 kg); de plásticos moles (76 kg); de plantas (59 kg); de papel/papelão (45 kg); de garrafas de PET (36 kg); de plásticos duros (34 kg), de garrafas de vidro (27 kg); de pneu (26 kg) e de isopor (26 kg); e de latas de alumínio (10 kg).

Os resultados revelaram uma grande incidência de resíduos orgânicos – plantas e madeiras –, perfazendo juntos 18,36% do total de RSU levantado – ou 32,5% se



desconsiderados os resíduos que não foram segregados. Conforme BRASIL (2017), os principais processos sustentáveis de reciclagem de resíduos orgânicos são a compostagem e a biodigestão.

A alta demanda mercadológica por resíduos de latas de bebidas tem a ver com o crescente emprego do alumínio na fabricação dessas embalagens. Sua reciclagem, para a reutilização do material como matéria-prima, é sustentada por uma logística reversa consolidada há vários anos, que integra catadores, recicladores e indústrias sem a necessidade de intervenção governamental para fazer o negócio prosperar.

Segundo dados do CEMPRE (2016), no ano de 2015 somente a etapa de coleta de latas de alumínio para bebidas injetou R\$ 730 milhões diretamente na economia brasileira. 97,9% do total das latas de alumínio em circulação no mercado nacional naquele ano foram recicladas.

Resíduos de pneus, identificados em pequena quantidade nas amostras pesquisadas, têm sua logística reversa expressa em lei no Brasil – Art. 33, inciso III, da PNRS –, tendo em vista a sua disposição no meio ambiente representar ameaça de incêndios e de reprodução de insetos como o *Aedes aegypti*, o mosquito transmissor da dengue e da febre amarela (SANTOS, 2002).

Os resíduos de garrafas PET são alguns dos que mais contribuem para o impacto visual da poluição de rios e igarapés, além do fato de que, analisando-se comparativamente o ciclo de vida das embalagens de PET, alumínio e vidro, a embalagem PET é a que causa os maiores impactos ambientais – demora cerca de 100 anos para se decompor (VALT, 2004). Durante as chuvas, as garrafas PET são causadoras do entupimento de bueiros, provocando enchentes e outros danos à população (VIALLI, 2012).

Segundo dados do CEMPRE (2013), o Brasil reciclou 59% das embalagens pós-consumo em 2012, totalizando 331 mil

toneladas – 7 bilhões de embalagens são produzidas no país anualmente.

O consumo de bebidas acondicionadas em garrafas PET mantém sempre níveis elevados de produção e vendas em Manaus, destarte as altas temperaturas verificadas na cidade o ano todo. “Esforços espontâneos” para a reciclagem desses resíduos, ao contrário do que acontece com a transformação de resíduos de latas de alumínio, não têm apresentado resultados tão expressivos.

Rivas (2014) refere-se ao sistema de depósito-reembolso - SDR como uma forma eficientemente testada, em várias localidades do mundo, de controle de externalidades negativas, como a disposição inadequada de resíduos sólidos em rios, lagos e igarapés. Tal sistema assemelha-se a um imposto, mas em vez de fazer com que o cidadão pague pelos efeitos indesejáveis para os quais contribui, atua no sentido de recompensá-lo por ter contribuído antecipadamente com uma atitude ambientalmente sustentável.

Diante do cenário verificado na pesquisa, seria oportuna a implantação de uma política pública baseada em um sistema de depósito-reembolso, em caráter experimental e/ou temporário – enquanto houvesse evidências de que esses resíduos não estão sendo encaminhados prioritariamente para a reciclagem –, com vistas ao reaproveitamento econômico e ambiental de garrafas plásticas do tipo PET em Manaus, constituindo assim uma logística reversa de pós-consumo para tal resíduo em nível local.

Deve-se considerar que o subsídio para que o consumidor entregue os resíduos nos postos de entrega – os ‘ecopontos’ – tem de superar o chamado ‘custo de inconveniência’ de ter de se deslocar para destinar os mesmos, o que também pode ser remediado com ações complementares para um incremento da consciência ambiental coletiva (ZAPATA & NOGUEIRA, 2004).

Tabela 7: Agentes integrantes de proposta de sistema de depósito-reembolso para embalagens de garrafas PET em Manaus

Agentes do sistema	Papeis	Incentivos
Administração Pública (PMM/SEMULSP)	Gestão do sistema, garantindo o funcionamento do mercado de reutilização/reciclagem de resíduos; Administração dos impostos e subsídios que financiam os custos do sistema; Credenciamento de pontos de recepção de resíduos e pagamento pelos serviços ambientais dos catadores de resíduos.	Cumprimento de diversas disposições da PNRS como a promoção da logística reversa e da gestão compartilhada; Redução da poluição; Desenvolvimento socioeconômico.
Fabricantes	Montar estrutura de recepção e armazenamento específica para os resíduos de garrafas PET; Destinar corretamente (reciclagem própria, encaminhamento para empresas recicladoras, doações) os resíduos de garrafa PET.	Reuso dos resíduos como matéria-prima; Distinções oficiais como um “selo verde”; Retorno de imagem ante o público consumidor; Cumprimento de dispositivos legais (legislação, certificação).
Pontos de distribuição e vendas	Funcionamento como pontos adicionais/alternativos para recebimento de resíduos e posterior repasse dos mesmos a associações de catadores credenciadas.	Possibilidade de ‘ganhos extras’ com a percepção de valores do reembolso; Aumento do volume de distribuição/vendas de produtos com embalagens de garrafa PET.
Consumidores	Entrega de embalagens após o consumo em pontos de entrega credenciados; Fiscalização informal de descartes impróprios em bens públicos.	Reembolso de parte do valor embutido no preço do produto adquirido; Qualidade de vida; Preservação do patrimônio histórico, público e ecológico, que pertence a todos; Contribuição individual para com a causa ambiental.
Associações de catadores de resíduos	Recepção de resíduos e pagamento do reembolso aos consumidores; Repasse dos resíduos aos geradores primários dos mesmos (os fabricantes); Investimentos em treinamento e estrutura física para operacionalizar a recepção e o repasse de resíduos de garrafas PET vazias.	Percepção de remuneração pela coleta de resíduos recicláveis, pagos pela Prefeitura conforme os preços praticados no mercado nacional; Reconhecimento da importância do seu papel para a preservação ambiental pela sociedade.
Empresas recicladoras	Atendimento à demanda por destinação sustentável de resíduos de garrafas PET representada pelos fabricantes de embalagens.	Garantia de efetividade dos seus serviços dado o volume requisitado por fabricantes que não reutilizam os resíduos; Consolidação no mercado de prestadores de serviços de resíduos.

Fonte: Elaboração própria



Figura 9: Reciclagem mecânica de resíduos de garrafa PET

Fonte: CEMPRE (2010)

Experiências bem-sucedidas de adoção de instrumentos de política ambiental do tipo depósito-reembolso para o controle da destinação de resíduos sólidos e o seu encaminhamento preferencial para a reciclagem em regiões da Coreia do Sul e do Canadá – em que o valor do reembolso é ligeiramente inferior ao do depósito efetuado pelo consumidor –, permitem inferir que a adoção de um sistema análogo para a cobertura de resíduos sólidos domésticos em Manaus, apesar do seu custo transacional relativamente alto (EPA, 2004), seja exequível, destarte também as diferenças sociais, culturais e econômicas



existentes entre o Brasil e os países ricos do Hemisfério Norte.

4. Conclusão

A mitigação de impactos decorrentes da destinação inadequada de resíduos sólidos no meio ambiente tem sido um imenso desafio para os governos em todo o planeta, sobretudo das localidades em desenvolvimento. Experiências de gestão ambiental mundo afora demonstram que é possível ser bem-sucedido no enfrentamento do problema em tela concentrando esforços em suas causas, com políticas voltadas à coleta efetiva, ao consumo consciente e ao reaproveitamento econômico de resíduos.

A presente pesquisa comprovou a incidência de resíduos sólidos recicláveis e orgânicos em meio ao lixo retirado de igarapés urbanos da cidade de Manaus. Tal fato pode embasar a implantação de um instrumento de política econômica para valorização tanto de resíduos recicláveis/reaproveitáveis quanto dos igarapés em si – destes indiretamente, dada sua capacidade de prestação de serviços ecossistêmicos e seus atributos paisagísticos e de simbolismo.

Para o reaproveitamento de resíduos sólidos existe uma gama de instrumentos econômicos testados positivamente em vários países como o sistema depósito-reembolso, uma vez que ele remunera, direta e indiretamente, em maior ou menor grau, todos os agentes econômicos imbuídos de contribuir para uma destinação correta de resíduos por meio da viabilização de um mercado exclusivo e sustentável para os mesmos.

A proposta de implantação de SDR para resíduos de garrafas PET apresentada nesta dissertação deve ser encampada em complemento aos esforços operacionais para a retirada periódica de lixo aquático e às campanhas midiáticas e de orientação ambiental em instituições variadas, empreendidas também por organizações não governamentais.

Ao poder público municipal cabe, ainda, envidar iniciativas no sentido de levar adiante mais ações para o enraizamento, entre a população, de uma cultura efetivamente voltada ao consumo sustentável, à coleta seletiva, ao senso de cidadania para empreender e cobrar ações positivas dos demais agentes econômicos e direcionada à melhor destinação para os resíduos sólidos.

Referências

ABRELPE. Estimativas dos custos para viabilizar a universalização da destinação adequada de resíduos sólidos no Brasil. Relatório Anual. São Paulo, 2013.

ABRELPE. Estimativas dos custos para viabilizar a universalização da destinação adequada de resíduos sólidos no Brasil. São Paulo, 2015.

_____. Relatório Anual. São Paulo, 2014.

ALVES-MAZZOTTI, A. I. Usos e abusos dos estudos de caso. Rio de Janeiro: Cadernos de pesquisa do PPGE/Universidade Estácio de Sá, v. 36, n. 129, p.637-651, 2006.

ANDRADE, J. B. L. Indicadores de sustentabilidade aplicáveis à gestão e políticas públicas para os resíduos sólidos industriais: uma contribuição com foco no Polo Industrial de Manaus. Manaus: Edua, 2014.

ARAÚJO, M. C. B.; COSTA, M. F. da. Lixo no ambiente marinho. *Ciência Hoje*, v. 32, n. 191, p.64-67, 2003.

BORGES, J. T.; PINTO, W. C. Resíduos de serviços de saúde: uma questão sistêmica, educacional e cultural. Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2010.

BRASIL, Congresso Nacional do. Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política nacional de resíduos sólidos. Acessado do sítio <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> em 9 jun. 2017.

CEMPRE. Compromisso empresarial para a reciclagem. O mercado para reciclagem: latas de alumínio. 2016. Acessado do sítio <<http://cempre.org.br/artigo->



publicacao/ficha-tecnica/id/5/latas-de-aluminio> em 9 jun. 2017.

_____. Compromisso empresarial para a reciclagem. O mercado para reciclagem: PET. 2013. Acessado do sítio <<http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/8/pet>> em 10 jun. 2017.

CRÍTICA, A. População que mora próxima a igarapés sofre com o lixo trazido pelas chuvas. Acessado do sítio <<http://www.acritica.com/channels/manaus/news/populacao-que-mora-proxima-a-igarapes-sofre-com-o-lixo-trazido-pelas-chuvas>> em 18 jan. 2016.

DAL PONT, C. B.; VALVASSORI, M. L.; GUADAGNIN, M. R. Estudo de composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos de seis municípios de pequeno porte do Sul de Santa Catarina. Porto Alegre: 4.o Fórum Internacional de Resíduos Sólidos, 2013.

EM TEMPO. O que abunda pode acabar: lixo nos igarapés, desperdício de água, iniciativas para conscientização; as várias faces de um problema ignorado que nunca deverá ser descartado. Manaus: Caderno C, 8 mar. 2015.

EPA. U. S. Environmental Protection Agency. International Experiences with Economic Incentives for Protecting the Environment. Washington D. C., 2004.

EURACTIVE. Towards a resource efficient Europe. Brussels: Special Report, March 2014.

GIATTI, L. L.; FREITAS, C. M. de; DESMOULIERE, S. J. M.; MEDEIROS, M. S.; SILVA, M. B. C. e; NETO, A. L. da S. Manaus: uma análise ecossistêmica por meio de indicadores de sustentabilidade ambiental e saúde. In: SILVEIRA, C. B.; FERNANDES, T. M.; PELLEGRINI, B. Cidades Saudáveis?: alguns olhares sobre o tema. Rio de Janeiro: Fiocruz, p.135-164, 2014.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Pesquisa sobre pagamento por serviços ambientais urbanos para gestão de resíduos sólidos. Relatório de pesquisa. Brasília, 2010.

MACENA, L. S. S. de; COSTA, R. C. A cidade como espaço do risco: estudo em bacias hidrográficas de Manaus, Amazonas - BR. 2012. Revista Geonorte, Edição Especial, v. 1, n. 4, p.318-330, 2012.

MANAUS. Prefeitura Municipal de. Prefeitura Municipal de. Relatório de Gestão da Secretaria Municipal de Limpeza Pública - 2013 a 2016. Manaus, 2017.

OLIVEIRA, J. A. de [*et al*]. Cidade de Manaus: visões interdisciplinares. Manaus: EDUA, 2003.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. Estatística aplicada a experimentos agrônomos e florestais. Piracicaba: FEALQ, 2002.

RIVAS, A. *et al*. Economia e valoração de serviços ambientais utilizando técnicas de preferências declaradas. Manaus: EDUA, 2014.

RYLO, I. Em 2015, Manaus gastou mais de R\$ 11 mi para remover lixo de igarapés. Acessado do sítio <<http://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2016/01/em-2015-manaus-gastou-mais-de-r-11-mi-para-remover-lixo-de-igarapes.html>> em 8 dez. 2017.

SANTOS, M. C. dos; TOPAN, C. S. O; LIMA, E. K. Lixo: curiosidade e conceitos. Manaus: EDUA, 2002.

SANTOS JUNIOR, A. B. dos. Abordagem econômica na gestão de resíduos sólidos de igarapés urbanos de Manaus. Dissertação de Mestrado Acadêmico. Manaus: PPGCasa, Universidade Federal do Amazonas, 138 pág., 2017.

SILVA, Wanderley P. da. Percepção de lixo da população de Manaus (AM): a problemática da reciclagem. Dissertação de Mestrado Acadêmico. Manaus: PPGCasa, Universidade Federal do Amazonas, 2010.

VALT, R. B. G. Análise do ciclo de vida de embalagens de PET, de alumínio e de vidro para refrigerantes no Brasil variando a taxa de reciclagem dos materiais. Dissertação de Mestrado Acadêmico. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2004.

VIALLI, A. A estreia do PET verde. São Paulo, 2012. Acessado do sítio <<http://exame.abril.com.br/revista->



Ciências Ambientais

Scientia Amazonia, v. 8, n.2, CAm29-CAm44, 2019

Revista on-line <http://www.scientia-amazonia.org>

ISSN:2238.1910

exame/a-estreia-do-pet-verde/> em 3. jul
2017.

YIN, R. Projetos dos estudos de caso. In:
Estudo de caso: planejamento e métodos.
Porto Alegre: Bookman, ed. 5, 2015.

ZAPATA, C.; NOGUEIRA, J. M. Sistemas de
depósito-reembolso: uma aplicação
potencial à indústria automobilística. ICTR
2004 - Congresso Brasileiro de Ciência e
Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento
Sustentável. Florianópolis, 2004.