



CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE PORTO ALEGRE – 2014/2015

Eduardo Fleck – eduardofle@dmlu.prefpoa.com.br

Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU) de Porto Alegre
Av. Azenha, 631 – CEP: 90.160-001 – Porto Alegre – RS – Brasil

Geraldo Antônio Reichert – greichert@dmlu.prefpoa.com.br

Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU) de Porto Alegre e Universidade de Caxias do Sul (UCS)

Resumo: A caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos gerados pelas populações dos municípios, compreendida como o processo estatisticamente elaborado para a determinação dos percentuais das diferentes tipologias de resíduos produzidas pelas comunidades, cumpre o papel de subsidiar ações, projetos e o próprio planejamento da gestão integrada pelo gestor público, com vistas à obtenção da otimização da qualidade nas atividades de coleta, triagem e tratamento, bem como para a estimativa da efetividade das suas ações empreendidas no campo da educação ambiental, tendo em vista que a correta e consciente segregação dos resíduos na fonte pelos geradores advirá a maximização dos aproveitamentos mássicos e energéticos potenciais dos resíduos. Entre agosto de 2014 e julho de 2015, perfazendo o período de um ano, cargas de resíduos sólidos provenientes da coleta ordinária domiciliar de Porto Alegre, totalizando aproximadamente 49,4 toneladas foram amostradas, obedecendo-se critérios estatísticos para tal, sendo segregadas manualmente as diversas frações, para fins de pesagem e estabelecimento das percentualizações das tipologias constituintes. Os resultados obtidos apontam para um perfil composicional com percentuais aproximados de 61,4% de matéria orgânica facilmente biodegradável, 23,4% de resíduos potencialmente recicláveis e 14,5% de rejeitos.

Palavras-chave: Caracterização, Resíduos sólidos, Composição gravimétrica.

1. INTRODUÇÃO

É de amplo conhecimento da comunidade científica afeita à gestão dos resíduos sólidos que diferentes comunidades, com diferentes características sociais, econômicas e culturais e diferentes vocações gerarão diferentes composições quali-quantitativas de resíduos sólidos. No que diz respeito aos resíduos sólidos domiciliares, cuja gestão, desde as operações de coleta até o destino final tem titularidade constitucional atribuída aos municípios, o conhecimento das composições quali-quantitativas aduzirá, entre outras informações, (1) a determinação da conveniente alocação de recursos físicos e humanos para os serviços de limpeza pública, (2) o dimensionamento da frota e a conveniente delimitação das zonas de coleta, dentro de uma otimização logística, (3) a determinação da relação entre as taxas de crescimento da geração de resíduos sólidos com os incrementos populacionais, (4) a orientada prospecção, projeto e alocação de unidades de recepção, transferência, tratamento e destino final de resíduos, bem como de aproveitamento mássico e/ou energético e (5) a verificação da eficácia e da forma de melhor realocação dos programas de educação ambiental junto às diferentes comunidades do município.

2. METODOLOGIA

Como resultante de diferentes atividades humanas, os resíduos sólidos respondem por composições quali-quantitativas complexas. Na medida em que os resíduos industriais compõem-se



das sobras dos processos produtivos, aí compreendidos residuais das matérias-primas e insumos, característicos de cada empreendimento industrial e seus processos específicos, e em que os resíduos hospitalares resguardarão, obviamente, similaridades com os insumos hospitalares e tecidos humanos, os resíduos domiciliares refletirão os hábitos de consumo das comunidades de origem. Como na prática, o *grupo resíduo ordinário domiciliar* em geral compreenderá também resíduos provenientes de estabelecimentos comerciais de pequeno porte, apresentados à coleta ordinária e coletados conjuntamente com aqueles provenientes dos domicílios, o conjunto das atividades comerciais de uma comunidade também influirá na caracterização quali-quantitativa do resíduo coletado e destinado ao tratamento, reaproveitamento, reciclagem ou destino final. Embora, em Porto Alegre, desde o início da vigência da versão de 2014 do Código Municipal de Limpeza Urbana, os resíduos comerciais típicos de cada atividade não mais possam ser dispostos à coleta domiciliar, prevê-se que na prática tal fato não tenha influído nas características dos resíduos apresentados no período em análise, por proximidade temporal com o diploma legal.

Não somente a variação do poder aquisitivo médio de uma população influirá na variação das características dos resíduos gerados, mas fatores como a sazonalidade interferirão nas características dos resíduos coletados pelos veículos coletores de resíduos sólidos urbanos domiciliares. Assim, por exemplo, é esperada variabilidade em quantidade e características qualitativas dos resíduos entre os meses de inverno e verão, devido ao consumo preferencial de certos tipos de alimentos e produtos. Sabe-se, também, que municípios turísticos podem duplicar a sua população em determinados meses do ano, ao passo que, em períodos de férias, consideráveis frações das populações de cidades não turísticas poderão ausentar-se, por semanas, de seus domicílios. Conforme LIMA (1995), os principais fatores que influenciam a origem e formação dos resíduos são o número de habitantes da localidade, a área relativa de produção, a sazonalidade, as condições climáticas, os hábitos e costumes e o nível educacional da população, o poder aquisitivo médio da comunidade, o tempo de coleta, a eficiência da coleta, o tipo de equipamento de coleta, a disciplina e controle dos pontos produtores, e a existência de leis e regulamentações específicas.

A caracterização física dos resíduos, também denominada qualitativa ou gravimétrica, busca determinar as frações de cada tipologia de resíduo dentro da geração global. Pode ser executada (1) de maneira estatística, escolhendo-se zonas (“roteiros”) de coleta representativas, e quarteando-se os resíduos provenientes das descargas, (2) através do quarteamento da totalidade dos resíduos coletados no município (todas as zonas de coleta: tal opção normalmente só se viabiliza para pequenas comunidades, devido ao volume de trabalhos necessários), ou (3) executando-se o recolhimento direto do resíduo apresentado à coleta, em logradouros e bairros previamente escolhidos mediante planejamento estatístico.

Para a caracterização gravimétrica alvo da presente descrição, efetuada entre 01.08.2014 e 31.07.2015, inicialmente os bairros de Porto Alegre foram divididos em quatro estratos, em função da renda familiar, conforme apresentado na Tabela 1.

Para a estratificação foram utilizados os dados do Recenseamento 2010, consolidados pelo ObservaPOA (PORTO ALEGRE, 2016), repartição oficial da Prefeitura Municipal de Porto Alegre responsável pela coleta de informações estatísticas e gerenciais e seu tratamento, com vistas à obtenção de dados úteis à gestão e a atores externos.

Como os roteiros de coleta adotados operacionalmente pelo serviço de coleta ordinária domiciliar de Porto Alegre não seguem estritamente a divisão territorial dos bairros do município, adotou-se, assumindo-se o erro daí decorrente, o critério simplificado de, a partir do cálculo da participação percentual territorial de cada bairro na área de cada roteiro de coleta, ponderar a renda familiar média da região geográfica de cada roteiro. Observe-se que o critério de estratificação utilizado baseou-se no bom senso para a característica econômica de Porto Alegre. Supondo-se haver capacidade operacional de caracterização dos resíduos provenientes de duas zonas (roteiros) de coleta por dia, para um universo operacional de 123 roteiros, supôs-se estatisticamente razoável caracterização dos resíduos de 30 desses roteiros (pouco menos de 25% do total). Assim, tivemos a definição do número de zonas de coleta a serem selecionadas por estrato social médio ponderado:



- Estrato “D”: 2 zonas de coleta;
- Estrato “C”: 8 zonas de coleta;
- Estrato “B”: 7 zonas de coleta;
- Estrato “A”: 3 zonas de coleta.

Tabela 1 – Estratificação dos bairros de Porto Alegre com base nos dados do CENSO 2010

Estratos	Total de Bairros	População Total estimada em 2014*	População Percentual
D: Bairros cuja média dos orçamentos familiares é menor do que 2,81 salários mínimos por economia	18	415.567	29,49%
C: Bairros cuja média dos orçamentos familiares situa-se entre 2,81 (inclusive) e 5,68 (exclusive) salários mínimos por economia	28	532.144	37,75%
B: Bairros cuja média dos orçamentos familiares situa-se entre 5,68 (inclusive) e 11,01 (exclusive) salários mínimos por economia	27	387.466	27,49%
A: Bairros cuja média dos orçamentos familiares situa-se em 11,01 salários mínimos ou mais por economia	10	74.174	5,26%
TOTAIS	83	1.409.351	100%

* a população estimada para 2014 foi calculada sobre a população determinada em 2010, utilizando-se as taxas de crescimento 2010/2014 para os bairros em que foram determinadas, o que gera um pequeno erro assumido.

Dentro dessa metodologia, algumas simplificações e aproximações foram levadas a cabo:

- a alguns bairros e áreas não formais foram atribuídos dados de bairros limdeiros ou daqueles que se supõe estivessem circunscritas tais áreas;
- para ponderação das rendas médias das zonas de coleta foram utilizadas frações em área territorial, por não estarem disponíveis as frações populacionais ou de número de domicílios nas frações de bairros correspondentes. As ponderações do número de habitantes dentro de cada roteiro de coleta assumiram distribuição da população homogênea no território de cada bairro;
- não foram consideradas, para fins de caracterização, as cargas provenientes de coleta diária de grandes avenidas, bem como de regiões de difícil acesso (vilas populares). No caso das avenidas, as mesmas são servidas, também, pelos roteiros dos bairros em que se inserem parcialmente, portanto o erro é minimizado. No caso dos roteiros de vilas, estima-se que as gerações em tais locais correspondam a 3-4% dos totais coletados diariamente;
- os dados utilizados provém de um recenseamento ocorrido quatro anos e meio antes do início dos trabalhos, portanto há que considerarem-se tais dados como uma aproximação da realidade atual;
- foram executados arredondamentos nos cálculos da quantidade de roteiros a caracterizar em cada estrato;
- desconsiderou-se, para fins práticos, por ausência de estimativas confiáveis, a influência da catação e triagem de rua, a partir da qual são subtraídos quantitativos provavelmente muito relevantes das frações recicláveis, apresentadas conjuntamente com orgânicos e rejeitos, pela fração da população não adepta à segregação na origem para fins de reciclagem. Assim os resultados estão primariamente referenciados a



resíduos efetivamente coletados, não necessariamente a resíduos apresentados à coleta.

Após a estratificação dos roteiros, anotaram-se os seus códigos individualmente em cartões fechados, de iguais dimensões, dispendo-se em pilhas por estrato econômico. Enfim, sortearam-se os roteiros, nos números previamente definidos, a serem caracterizados para cada estrato.

As atividades de campo, que constituíram o âmago do processo de caracterização, corresponderam a um trabalho deveras árduo, que durou doze meses, sendo cada roteiro de coleta amostrado uma vez ao mês, respeitando-se dias da semana diferentes para cada evento de amostragem em uma mesma estação climática do ano. Foram alocados aos trabalhos dois supervisores permanentes e três operários, utilizando bombonas de aproximadamente 125 litros de capacidade, e uma balança com sensibilidade de 100 gramas. Previamente aos trabalhos foi confeccionada a relação com as diferentes tipologias de resíduos a serem segregadas.

Para finalidades práticas considerou-se primavera o intervalo 01.10-31.12; verão, 01.01-31.03, outono: 01.04-30.06 e inverno a soma dos períodos: 01.08-30.09.2014 e 01-31.07.2015. Devido a questões de ordem prática e material, ao invés de utilizar-se a metodologia convencional de quarteramento para a obtenção das amostras, adotou-se a metodologia preconizada pela NBR 10007/2004 para amostragem em pilhas de resíduos para fins da produção das amostras a serem triadas.

3. RESULTADOS

Na Tabela 2 apresenta-se as médias anuais para os diferentes tipos de resíduos e para os quatro estratos sociais considerados na caracterização, bem como a média global dos resultados, os quais, conforme já apresentado, foram representados por números de roteiros de coleta proporcionais à participação de cada extrato na sociedade portoalegrense.

Na Figura 1 apresenta-se, esquematicamente, as participações proporcionais das tipologias de resíduos resumidas em sete grandes grupos, a saber, vidro, resíduos especiais, matéria orgânica, metais, plásticos, papel e papelão e outros, nas estações do ano. Denominaram-se, para fins da caracterização, resíduos especiais como aqueles que idealmente não deveriam ser apresentados à coleta domiciliar, e sim encaminhados a sistemas de logística reversa, sendo tais, pilhas, latas de tintas, resíduos provenientes do tratamento da saúde, medicamentos vencidos, lâmpadas de descarga, couros, embalagens de domissanitários que apresentam periculosidade e resíduos eletrônicos. Na Figura 2 apresenta-se, para os percentuais globais referentes aos grandes grupos tipológicos previamente definidos, a variação composicional nos estratos econômicos, conforme médias obtidas.

Os resultados obtidos no processo foram tratados via estatística descritiva, e as médias foram comparadas entre si, utilizando-se para tal análise de variância e teste de Tukey para verificação da significância das diferenças entre coleções de médias. As conclusões que puderam ser apontadas são citadas:

No inverno:

- O estrato “D” dispôs significativamente mais embalagem longa vida à coleta domiciliar do que o Estrato “B”;
- O estrato “A” dispôs significativamente mais plástico filme colorido à coleta domiciliar do que o Estrato “B”;
- O estrato “D” dispôs significativamente mais sacolas de plástico filme comum à coleta domiciliar do que o Estrato “A”;
- O estrato “B” dispôs significativamente mais entulhos (pedra, calça, cerâmicos) à coleta domiciliar do que o Estrato “C”.

Na primavera:

- O estrato “A” dispôs significativamente mais pilhas à coleta domiciliar do que os demais estratos;



- O estrato “A” dispôs significativamente mais vidro à coleta domiciliar do que o estrato “D”.

Tabela 2 – Resultados da caracterização gravimétrica de Porto Alegre

Tipologia de Resíduo	Estrato "D"	Estrato "C"	Estrato "B"	Estrato "A"	Global
Embalagem Longa Vida	1,09%	1,05%	0,97%	0,90%	1,00%
Jornal	2,25%	2,71%	2,38%	2,22%	2,39%
Papel Limpo	0,07%	0,06%	0,09%	0,10%	0,08%
Papel Misto	3,27%	3,22%	3,29%	2,74%	3,13%
Papel Sujo	0,04%	0,08%	0,08%	0,08%	0,07%
Papelão	3,31%	3,07%	3,10%	3,04%	3,13%
Revista	0,08%	0,13%	0,15%	0,06%	0,11%
Alumínio	0,38%	0,44%	0,38%	0,42%	0,40%
Ferrosos	0,77%	0,54%	0,56%	0,62%	0,62%
Não-Ferrosos	0,03%	0,02%	0,02%	0,03%	0,03%
Isopor	0,44%	0,38%	0,39%	0,35%	0,39%
PET	1,35%	1,42%	1,28%	1,34%	1,35%
Plástico Filme (Colorido)	1,83%	1,68%	1,67%	1,84%	1,76%
Plástico Filme (Sacolas)	1,48%	1,43%	1,44%	1,29%	1,41%
Plástico Filme Incolor	1,31%	1,27%	1,33%	1,56%	1,37%
Plástico PVC	0,09%	0,13%	0,03%	0,16%	0,10%
Plástico Rígido	4,36%	4,11%	4,00%	3,67%	4,03%
Matéria Orgânica Facilmente Decomponível	60,09%	61,03%	61,89%	62,08%	61,27%
Matéria Orgânica Mediamente Decomponível	0,07%	0,20%	0,12%	0,08%	0,12%
Borracha	0,21%	0,23%	0,18%	0,22%	0,21%
Cerâmica + Pedra + calça	0,04%	0,08%	0,07%	0,08%	0,07%
Couros	0,50%	0,35%	0,39%	0,21%	0,36%
Domissanitários Venenos	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%
Eletroeletrônicos + Informática	0,17%	0,16%	0,12%	0,08%	0,13%
Gesso	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Lâmpada Fluorescente	0,02%	0,06%	0,02%	0,01%	0,03%
Latas de Tintas	0,10%	0,08%	0,13%	0,06%	0,09%
Madeira + Aglomerados	0,14%	0,22%	0,13%	0,30%	0,20%
Medicamentos	0,01%	0,02%	0,00%	0,04%	0,02%
Óleo de Fritura	0,01%	0,01%	0,01%	0,00%	0,01%
Ossos	0,01%	0,01%	0,01%	0,00%	0,01%
Pilhas	0,01%	0,01%	0,05%	0,04%	0,03%
Rejeito	1,60%	1,52%	1,44%	1,17%	1,43%
Resíduos de Saúde	0,02%	0,02%	0,02%	0,00%	0,02%
Sanitários	9,92%	9,62%	9,64%	10,19%	9,84%
Traços, Panos	3,05%	2,64%	2,53%	2,77%	2,75%
Vidros	1,90%	1,97%	2,07%	2,25%	2,05%

No verão:

- O estrato “B” dispôs significativamente mais isopor à coleta domiciliar do que o estrato “D”;
- O estrato “A” dispôs significativamente mais plástico filme incolor à coleta domiciliar do que os estratos “C” e “D”;



- O estrato “A” dispôs significativamente mais pilhas à coleta domiciliar do que os demais estratos;
- O estrato “D” dispôs significativamente mais trapos e panos à coleta domiciliar do que o estrato “D”.
- No outono:
- O estrato “C” dispôs significativamente mais alumínio à coleta domiciliar do que o estrato “B”;
- O estrato “A” dispôs significativamente mais madeiras e aglomerados à coleta domiciliar do que os demais estratos.

Figura 1 – Percentualização dos grandes grupos tipológicos de resíduos nas quatro estações do ano (período: agosto/2014-julho/2015)

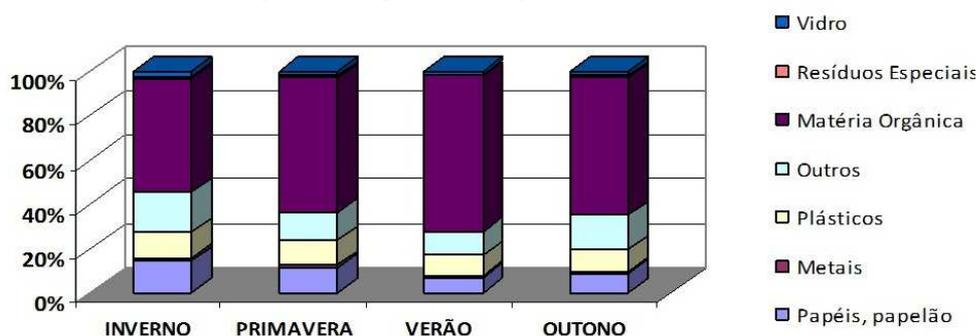
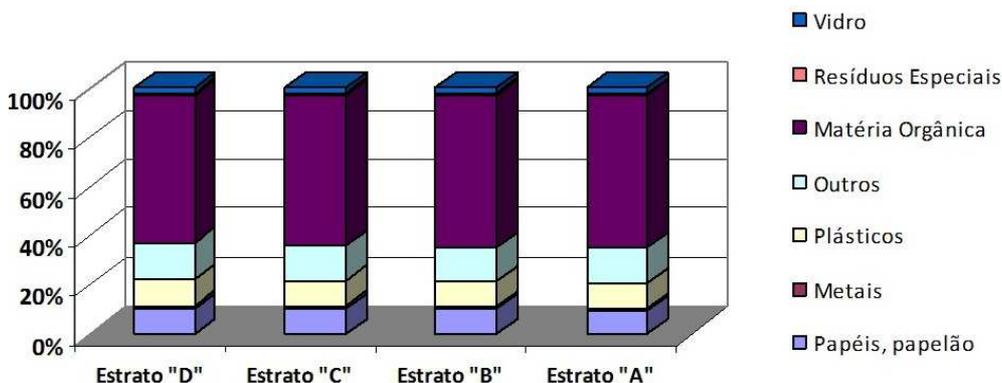


Figura 2 – Percentualização dos resultados globais para os grandes grupos tipológicos de resíduos nos estratos econômicos



Observa-se, portanto, que considerado o universo de comparações entre médias dos resultados obtidos nas quatro estações, para os quatro estratos e para as trinta e sete tipologias de resíduos consideradas, tais conclusões adquirem pouco significado prático, ficando claro que a geração é qualitativamente homogênea no território do município.

A Tabela 3 apresenta os resumos dos resultados para os processos de caracterização executados em Porto Alegre nos anos de 1994, 1997, 2002, 2009/2010 e 2014/2015, incluindo os resultados de REIS et al. (2002) e FLECK e REIS (2011), e os resultados da caracterização presentemente apresentados. Tais correspondem aos últimos cinco trabalhos executados neste sentido. Os dados referentes aos trabalhos de 1994 e 1997 provêm de registros históricos do Departamento Municipal de Limpeza Urbana da Prefeitura Municipal de Porto Alegre, não havendo sido publicados.



Tabela 3 - Resumos dos resultados obtidos nos trabalhos de caracterização executados em Porto Alegre entre 1994 e 2015

Tipologia/Ano	1994	1997	2002	2009/2010	2014/2015
Papel e papelão	21,3%	15,01%	9,8%	11,62%	9,91%
Metais	4,4%	2,53%	3,99%	1,46%	1,06
Plásticos	8,4%	12,41%	11,83%	11,23%	10,41%
Matéria Orgânica	58,6%	52,10%	43,83%	57,27%	61,39%
Outros	7,3%	17,95%	30,55%	18,40%	17,24%

4. CONCLUSÕES

A partir de 52.059 t de resíduos sólidos recebidos, provenientes de 695 cargas, foram amostradas e triadas 49,4 t para fins da caracterização. Observou-se ao findar os trabalhos, apenas reduzidas, pequenas e ocasionais diferenças significativas composicionais dos resíduos gerados pelos quatro extratos em estações distintas. Importantes observações a serem ressaltadas:

- Aproximadamente um quarto dos resíduos sólidos coletados pela coleta ordinária domiciliar poderiam ter sido segregados na origem e encaminhados à coleta seletiva (não necessariamente aproveitados em sua totalidade, em função dos aspectos de mercado). Tomando-se os valores do mercado de recicláveis do final de 2015, calculou-se um *desperdício* diário próximo a R\$ 100.000,00 em materiais que poderiam ter sido comercializados, todavia rumaram ao aterro sanitário. Mas esse é um valor preliminar, pois não computa o acréscimo de custos resultante da sua coleta executada de forma seletiva, tampouco o valor do trabalho de sua separação e enfardamento para a venda, executado em unidades de triagem;
- Os percentuais relativos aos grandes grupos tipológicos mantiveram-se próximos para os processos de caracterização empreendidos em 2009/2010 e 2015/2015, excetuando-se os relativos à matéria orgânica, em que os resultados mais recentes registraram acréscimo de mais de quatro pontos percentuais;
- Observa-se redução do teor de metais presente nos resíduos domiciliares à quarta parte do verificado em 1994, observando-se paulatina redução da presença de metais ao longo do espaço de vinte anos;
- Observa-se, como tendência ao longo dos últimos vinte anos, a gradual elevação do percentual de matéria orgânica na composição dos resíduos;
- A fração “outros”, a qual, para fins do trabalho empreendido significa o somatório das tipologias não correspondentes a matéria orgânica, recicláveis e resíduos perigosos, alcançou 14,5%, o que significa cerca de 150 toneladas diárias. Essa fração, sob certas condições, poderia adequar-se a um processamento térmico com recuperação energética;
- A massa específica “aparente” média dos resíduos, considerada a relação entre massa e volume na condição em que foram amostrados situou-se em 178,2 kg/m³;
- Os trabalhos de campo foram realizados sob diferentes condições climáticas. Embora houvesse preocupação em minimizarem-se efeitos de variação de umidade dos resíduos decorrentes de precipitações, ao nível dos procedimentos de coleta e compactação dos resíduos, tal apresentou-se virtualmente impossível.

Os autores desejam agradecer ao colega técnico de campo Paulo Ricardo Alves Guimarães, o qual altivamente manteve os trabalhos de campo durante um ano.



REFERÊNCIAS

FLECK, Eduardo; REIS, Mariza Fernanda Power. Caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares de Porto Alegre. In: 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES: Porto Alegre, 25- 29 de setembro de 2011. 8p.

REIS, Mariza Fernanda Power; ELLWANGER, Rosa Maria; GONÇALVES JUNIOR, Nelson Edir; ONOFRIO, Elisabeth Toledo. 2006. Caracterização dos resíduos sólidos domiciliares do município de Porto Alegre/RS – ano 2002. In: I Congresso Brasileiro de Agroecologia, 2006. 4p.

LIMA, Luiz M. Q. 1995. Lixo: Tratamento e biorremediação. 3ª Ed. São Paulo: Hemus. 265p.

PORTO ALEGRE – ObservaPOA Observatório da Cidade de Porto Alegre. Disponível em <http://www.observapoa.com.br/>, acessado em maio de 2016.

REALIZAÇÃO



CORREALIZAÇÃO



INFORMAÇÕES

abes-rs@abes-rs.org.br
51 3212.1375