

# DESTINAÇÃO SUSTENTÁVEL DO RESÍDUO DA PODA DE ÁRVORES URBANAS

## SUSTAINABLE DESTINATION FOR THE URBAN TREE PRUNING WASTE

Ana Júlia Ferreira Rocha<sup>1</sup>, Renata Leon Paula de Souza<sup>2</sup>, André Luiz de Lima Reda<sup>3</sup>, Gilberto Teixeira da Silva<sup>4</sup>

**Abstract** — *The disposal of urban tree pruning waste is an environmental problem. Overgrown tree branches may cause short circuit, urban electricity distribution networks to interrupt supply and risks to people passing by. In São Paulo City, AES Eletropaulo (the supply company) prunes urban trees in partnership with the municipality. Although most of their waste goes to landfills and garbage dumps, a fraction undergoes a composting process. This study analyses sustainable alternatives for permanently disposing such compost and the remaining tree parts, based on literature and a case study: the “Serraria Ecológica” project, carried out by the Guarulhos’s municipality. Conclusions are that composting is a suitable alternative in terms of economy, sustainability and implementation ease. In compliance with the principles of environmental and social liability, this alternative is expected to contribute to the sustainable maintenance of both the public, and private sector.*

**Index Terms** — *Waste, sustainability, composting, electricity distribution.*

### INTRODUÇÃO

A arborização é de vital importância nos grandes centros urbanos, tais como São Paulo. O ambiente nas metrópoles se afasta cada vez mais do modo natural, revestindo-se de materiais tais como concreto, asfalto, amianto, cerâmica e outros materiais impermeabilizantes. A impermeabilização é uma forte causa de inundações, pois impede a infiltração das chuvas para os aquíferos, tornando os rios mais caudalosos logo após elas – porém, mais secos depois de certo tempo (agravando as secas). Também contribui para o efeito ‘ilhas de calor’, elevando a temperatura urbana.

A manutenção de solos porosos e a arborização urbana, portanto, são necessários para amenizar esses e outros fenômenos, neutralizando os efeitos da poluição, trazendo conforto térmico, aumentando a umidade relativa do ar e promovendo atenuação de ruídos; portanto, melhorando a qualidade da vida urbana. Porém, nas cidades também se inserem redes de distribuição de energia elétrica, em grande

parte não planejadas em comunhão com o plantio das árvores – o que gera a necessidade de a prefeitura e as distribuidoras de energia tomarem providências para controlar a interferência das árvores no sistema de distribuição. Sua poda periódica é a solução adotada.

A Prefeitura Municipal de São Paulo estima recolher de 3,5 a 4 mil toneladas de resíduos da poda de árvores por mês. O volume anual pode chegar a 50 mil toneladas (galhos e troncos). Falta uma metodologia mais adequada para gerir esses resíduos, atualmente: a maior parte vai para lixões ou aterros sanitários, formas não sustentáveis de destinação, que inviabilizam o retorno da matéria orgânica ao solo.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004), pela norma NBR-10.004 (vinculada à NBR-10.007, que normatiza a amostragem dos resíduos), classifica os resíduos sólidos em Classe I: perigosos; II: não inertes, e III: inertes. Os resíduos provenientes da poda estão na Classe II, podendo apresentar as propriedades de combustibilidade, biodegradabilidade e solubilidade em água. Nessa classe estão o papel, o papelão e a matéria vegetal.

A acomodação desses resíduos em aterros sanitários ou lixões causa problemas diversos: misturam-se a outros resíduos ali depositados, reagindo biológica e quimicamente, contribuindo para formar subprodutos gasosos (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S e CH<sub>4</sub>) e lixívia – a qual exige tratamento adequado para evitar impactos ambientais. Percebe-se, daí, a necessidade de avaliar e minorar a geração de resíduos sem reduzir a quantidade de árvores; valorizá-los e aproveitá-los, e caracterizar sítios e técnicas adequados para sua disposição final – caso parte não possa ser aproveitada. Pela pesquisa realizada, as mais sustentáveis e eficientes alternativas são a utilização dos troncos para gerar utensílios de madeira, cercas e outros objetos e a compostagem dos galhos e folhas (adequada para essas partes, por formar composto aplicável ao solo, com vantagens sobre os fertilizantes químicos).

O uso da madeira é viável para resíduos de grande porte: para trabalho artesanal (produção de mobiliário para praças, jardins ou outros usos públicos) e para cercas, por exemplo. A compostagem, processo biológico de transformação da matéria orgânica crua em substâncias húmicas, estabilizadas,

<sup>1</sup> Ana Júlia Ferreira Rocha, Universidade Presbiteriana Mackenzie, Escola de Engenharia, Rua da Consolação, 930, prédio 6, 01.302-907, São Paulo, SP, Brazil – anajulia.rocha@mackenzie.br.

<sup>2</sup> Renata Leon Paula de Souza, Universidade Presbiteriana Mackenzie, Escola de Engenharia – renataleonps@gmail.com.

<sup>3</sup> André Luiz de Lima Reda, Universidade Presbiteriana Mackenzie, Escola de Engenharia – allreda@uol.com.br; Escola de Engenharia Mauá, IMT, São Caetano do Sul, SP.

<sup>4</sup> Gilberto Teixeira da Silva, Universidade Presbiteriana Mackenzie, Escola de Engenharia – gilberto.silva@mackenzie.br.

com propriedades e características derivadas do material original (KIEHL, 1985), é mais apropriada para material de menor porte, tais como galhos e folhas (CEMIG, s.d.; ALVES, 2007; CEMIG, 2011). Como resultado, são gerados dois componentes: os nutrientes para as raízes das plantas e o húmus – necessário para promover no solo propriedades físicas, físico-químicas e biológicas que o melhorem para a plantação (KIEHL, 1998). Tanto o uso da madeira quanto a compostagem são de fácil implementação, beneficiando a sociedade de forma sustentável.

De acordo com Velasco (2003), a convivência entre redes de distribuição de energia elétrica e arborização urbana é um grande desafio para prefeituras e concessionárias de energia, pelo fato de sistemas elétricos e plantio de árvores serem planejados e independentemente. Portanto, para evitar riscos à população e ainda manter o número de árvores, Palermo Jr. (1987) mostra a necessidade de podar as árvores.

Neste estudo, busca-se uma alternativa sustentável para dispor os resíduos da poda, atualmente destinados, na grande maioria, a lixões e aterros. Segundo Tauk (1991), esses resíduos, misturados a resíduos sólidos com substâncias perigosas e mais matéria biodegradável, podem interagir química e biologicamente causando impactos na qualidade do ar, do solo e da água.

A compostagem é definida por Kiehl (1985) como processo controlado de decomposição microbiana com oxidação e oxigenação de massa heterogênea de matéria orgânica. É considerada nesta pesquisa por constituir uma forma de atenuar os impactos do descarte de resíduos vegetais urbanos, evitando sua disposição imprópria no solo ou em aterros, reestruturando solos pobres em nutrientes e, ainda, diminuindo o uso de fertilizantes industriais. Para tanto, foram analisados os fatores intervenientes no processo de compostagem (BIDONE e POVINELLI, 1999), tais como principais microorganismos responsáveis pelo processo, teor de umidade, oxigenação, temperatura, relação entre carbono/nitrogênio e pH.

Concretiza-se o estudo com a melhor alternativa para uso e disposição desses resíduos vegetais.

## METODOLOGIA

Efetou-se pesquisa bibliográfica e estudo de caso de uso e compostagem de resíduos, com visita técnica para aprofundar conhecimento e dar à pesquisa uma base prática.

As referências bibliográficas serviram para fundamentar o estudo das características específicas dos resíduos de poda e seu impacto quando dispostos em aterros (em contato com outros resíduos), bem como fundamentar o conhecimento sobre o processo de compostagem, suas características e fatores limitantes.

A parte prática do estudo analisou a efetivação do processo de compostagem. Nela, foram conhecidos seus procedimentos, a saber: recebimento dos resíduos, trituração de galhos e folhas, formação de leiras, acompanhamento e controle dos fatores limitantes no processo de compostagem

(temperatura, umidade, tempo) e acomodação do húmus em alternância com terra – preparando-o para utilização. O estudo também considera e analisa o uso para artesanato, identificando os aspectos que determinam as condições para tal finalidade, tais como quais objetos podem ser construídos e sua facilidade e funcionalidade.

Foram ainda observados os valores agregados ao fim do processo, com benefícios ambientais e econômicos (por diminuir o descarte em aterros e substituir fertilizantes químicos, além de reestruturar solos pobres). Porém, é difícil mensurar o valor comercial no Brasil, pois nele se usa a compostagem principalmente em matéria proveniente de poda subsidiada por prefeituras – e estas o reutilizam para seu benefício, sem venda a terceiros.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi feita minuciosa análise de um projeto existente, bem como sua caracterização sob aspectos relevantes ao processo escolhido. Para o leitor interessado, recomenda-se, como literatura básica, Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (1999). O que se aprendeu da análise se relata a seguir.

### Acompanhamento e análise do projeto

Foi estudada a Serraria Ecológica, na Rua Luís Rodrigues de Freitas, 46, Vila Rosa Minelia, Guarulhos, SP, sob o Viaduto Cidade de Guarulhos. O projeto emprega árvores mortas, as que caem ou precisam ser retiradas e aquelas podadas por apresentarem risco, todas encaminhadas à Serraria Ecológica.

Dos troncos se produz madeiramento para uso geral (ripas, sarrafos). Encaminha-se o que não é aproveitado assim para artesanato, resultando brinquedos para parques infantis (públicos ou em creches) ou mobiliário para locais públicos (praças e parques). Outra parte dos troncos gera lenha, trocada pelo óleo usado na moenda de galhos e folhas.

Galhos e folhas são triturados para compostagem (figuras 1 e 2) e postos numa leira piramidal em espaço coberto, onde o composto permanece de uma a duas semanas, fermentando a temperaturas de até 70°C – embora seja ideal mantê-la entre 55°C e 65°C. Controla-se a temperatura controlando a umidade, com base na experiência do operador. Ao se notar que o composto está produzindo menos vapor (Figura 3), considera-se que sua temperatura está caindo e o deve ser umidificado para voltar a realizar fermentação.

Depois, o composto é encaminhado para um pátio onde permanece de 2 a 5 meses, com umidade controlada. Quando pára de fermentar, adiciona-se terra – e ele está pronto para uso como adubo vegetal. A adição de terra é feita numa cova preenchida, alternadamente, por terra e composto.

Na época das chuvas, o composto se decompõe mais rapidamente e chega mais resíduo à Serraria (sendo considerada como época mais produtiva).



**FIGURA 1**  
MÁQUINA TRITURADORA DE GALHOS E FOLHAS



**FIGURA 2**  
RESÍDUO RECÊM-TRITURADO



**FIGURA 3**  
NÉVOA DE VAPOR INDICA COMPOSTO EM FERMENTAÇÃO (1ª FASE)

Para aproveitar o calor da fermentação uma serpentina de cobre de 60m, foi implantada por dentro do composto (Figura 5). Por ela corre água, que serve um chuveiro no banheiro (até 1 h de banho) e uma pia externa – assim, os trabalhadores usufruem de água quente sem gasto com energia. O cobre é trocado em média a cada três meses.



**FIGURA 4**  
DECOMPOSIÇÃO DO COMPOSTO A CÉU ABERTO (2ª FASE)



**FIGURA 5**  
CAIXA COM SERPENTINA DE COBRE PARA APROVEITAR CALOR

Estima-se que, em média, a Serraria receba duas toras de árvores e dois caminhões de resíduos de poda por dia, destinados ao projeto da Prefeitura de Guarulhos idealizado pelo engenheiro agrônomo Júlio de Sá. Nenhum produto final é vendido – tudo é utilizado pela própria Prefeitura.

### Fases da Compostagem

A primeira fase é denominada ‘mesófila’. Nela, a temperatura aumenta com a atividade dos microrganismos aeróbios que degradam a matéria orgânica facilmente mineralizável. A fase ‘termófila’ é a segunda e nela é mantida temperatura elevada, aproximadamente 70°C. A manutenção destas temperaturas durante aproximadamente quatro dias permite higienizar o composto. Apenas fungos e algumas bactérias tolerantes resistem a essas temperaturas.

A terceira fase do processo é chamada ‘arrefecimento’. Corresponde à diminuição da atividade microbiana.

Há também a fase de ‘maturação’, que atinge um grau final de estabilização da matéria orgânica.

### Caracterização dos fatores intervenientes no processo

A seguir são citadas as partes importantes do processo:

a) Para a matéria orgânica biodegradável se transformar em matéria orgânica humificada, é necessário o trabalho de

microorganismos, tais como fungos actinomicetos e bactérias.

- Fungos se desenvolvem em altas e baixas faixas de pH, tendo a função de decompor os resíduos, fixar nitrogênio, decomposição em alta temperatura e a formação de húmus.
- Actinomicetos possuem a mesma função dos fungos, porém, só se desenvolvem em altas faixas de pH.
- Bactérias realizam decomposição da matéria orgânica, agregação de partículas no solo, fixação de nitrogênio e aumento da disponibilidade de nutrientes.

b) A umidade é de extrema importância na compostagem, mas é necessário buscar o equilíbrio água/ar, pois, se a umidade for menor que 40%, reduz-se significativamente a atividade biológica, enquanto, se for maior do que 60%, leva o composto à anaerobiose. Porém, resíduos fibrosos podem exsudar, inicialmente, umidade aproximada de 60%.

c) Outro fator essencial ao processo é a oxigenação. A compostagem deve ocorrer em ambiente aeróbio, para maior rapidez na decomposição e não produção de mau cheiro nem proliferação de moscas. Para promover a oxigenação do material, pode-se utilizar o método de revolvimento manual ou o mecânico – este, com insuflamento de ar.

A dificuldade de medir  $O_2$  na pilha faz que o controle se realize pela avaliação da temperatura, umidade e tempo de revolvimento. Externamente, a pilha contém de 18% a 20% de  $O_2$  próximo à atmosfera. Caminhando para o seu interior, o  $O_2$  vai baixando até que, em profundidades maiores que 0,60m, cai de 0,5% para 2% (base e centro da pilha).

Considera-se que, idealmente, na fase termófila a concentração de  $O_2$  deva ser de 5%. Já se observou naquela planta, no entanto, 0,5% sem sintomas de anaerobiose. Para dimensionar os equipamentos eletromecânicos de insuflamento de ar nas leiras de compostagem, são recomendados 0,3m<sup>3</sup> a 0,6m<sup>3</sup> de ar por quilograma de sólidos voláteis por dia (BIDONE E POVINELLI, 1999).

d) O pH também desempenha uma função importante nesta atividade. Cada tipo de microorganismo se adapta a uma faixa diferente de pH; ou seja, a cada fase da compostagem.

O pH inicial é aproximadamente 5.5 a 8.5, Nessa primeira fase, os compostos são degradados a ácidos orgânicos, diminuindo o pH e promovendo o crescimento de fungos, capazes de degradar até celulose. Mas, se o processo se tornar anaeróbio, a acumulação destes ácidos pode baixar drasticamente o pH e reduzir a atividade biológica. Para retomar valores adequados do pH, areja-se a composteira.

e) A temperatura varia de acordo com a fase do processo: na fase mesófila, de 45 a 55°C; na fase termófila, é mais elevada, acima de 55°C – porém, temperatura acima de 65°C não é aconselhável, pois pode eliminar organismos bioestabilizadores (que transformam resíduo vegetal bruto em húmus) e aumentar a perda de nitrogênio na forma de amônia (empobrecendo nutricionalmente o composto).

O aquecimento das pilhas de composto é natural, pela presença dos microorganismos de metabolismo exotérmico. A busca pela temperatura ideal é feita pelo revolvimento do

material e pela sua umidificação. Outros fatores que podem interferir na temperatura são forma e tamanho das pilhas ou leiras, pois apresentam temperaturas diferentes na parte interna e na mais externa. Para controlar este fator, é importante diminuir a altura da pilha.

f) A relação C/N (carbono/nitrogênio) indica o grau de estabilização da matéria orgânica). Segundo Kiehl (1998), produto humificado apresenta relação C/N entre 8/1 a 12/1 e o produto semicurado (ou bioestabilizado) está entre 13/1 e 18/1 – podendo ser utilizado sem risco de danos às plantas.

Os microrganismos decompositores da matéria orgânica absorvem os elementos C e N na proporção de 30 partes de C para uma parte de N (relação C/N igual a 30/1), eliminando 2/3 do C na forma de gás carbônico, imobilizando no seu protoplasma celular 1/3 do C e ficando com uma relação final C/N igual a 10/1. O N excedente, não incorporado pelo microrganismo, é liberado como amônia; por tal razão, o produto final da compostagem (húmus) tem uma relação C/N igual a 10/1 (KIEHL, 1985).

g) O tamanho da partícula também deve ser levado em consideração durante o procedimento. Deve-se triturar o material antes de o levar às leiras ao tamanho ideal de partícula entre 1 cm e 5 cm.

h) Durante o processo de compostagem, há uma variação no teor dos micronutrientes (Ferro, Manganês, Boro, Sódio, Cobre e Zinco), e dos macronutrientes (Enxofre, Nitrogênio, Potássio, Fósforo, Cálcio e Magnésio).

O aumento da concentração de nutrientes pelo processo de compostagem se deve ao fato de que, durante o processo, há grande perda de carbono na forma de dióxido de carbono, ocasionando um aumento relativo da concentração dos elementos inorgânicos (KIEHL, 1998).

i) A escolha de local apropriado é de suma importância. Deve ter fácil acesso para a disposição dos resíduos vegetais e se deve levar em consideração alguns fatores, a saber: área suficiente para facilitar reviramentos e mecanização; local abrigado dos ventos; sombra ou semi-sombra durante o verão; evitar o sombreamento no inverno.

### Usos do Composto

A melhor alternativa de utilização do composto é substituir fertilizantes químicos na agricultura. Quando adicionado ao solo, ele melhora as propriedades físicas e físico-químicas e a atividade biológica deste, podendo recuperar solos degradados ou nutricionalmente desequilibrados. Outros aspectos importantes são relatados a seguir.

#### a) Importância da compostagem:

- Reduz a necessidade de usar herbicidas e pesticidas;
- Reduz a quantidade de lixões e aterros sanitários;
- Melhora a qualidade do solo, enriquecendo-o em nutrientes;
- Aumenta a capacidade de absorção de água pelo solo;
- Melhora a aeração do solo;
- Ativa substancialmente a vida microbiana.

## b) Desvantagem da Compostagem:

Necessidade de maquinário para triturar os resíduos de poda; grande necessidade de mão-de-obra.

## c) Aspectos Econômicos:

Sabe-se ter grande valor ambiental o composto derivado dos resíduos de poda urbana; entretanto, é uma técnica ainda pouco explorada no Brasil, muitas vezes adotada de forma autossuficiente pelas prefeituras e não divulgada.

## CONCLUSÃO

Esta pesquisa aborda um ponto de conflito potencial entre distribuição de energia elétrica e meio ambiente urbano. Pode-se afirmar que a solução desse impasse depende da criação de um programa de gerenciamento de poda de árvores e seus resíduos, com enfoque em utilizá-los e lhes dar destino adequado. A pesquisa concluiu que a utilização da parte mais gráuda desse material para artesanato é uma ótima alternativa, sujeita ao fator limitante de tamanho e a uma consistência mínima dos troncos de árvores.

Para resíduos menores, tais como galhos e folhas, o melhor processo encontrado foi a compostagem, que transforma a matéria bruta em composto rico em nutrientes, que pode substituir fertilizantes químicos com benefícios para o solo. Possui ainda a vantagem de seus fatores limitantes serem facilmente controlados, sem a necessidade de grandes investimentos em treinamento ou em substâncias a serem adicionadas no processo – já que emprega processos naturais, que o homem apenas acelera sem grande intervenção.

Percebida certa dificuldade para obter informações econômicas sobre a compostagem vegetal, pelo fato de a maioria dos projetos ser vinculada a prefeituras, que contam com mão de obra e equipamentos próprios (portanto, subsidiando os custos do processo) e utilizam o composto para finalidades próprias, não o comercializando.

Em suma, as duas alternativas se mostraram eficazes, demandando um baixo custo de investimento para implementação e trazendo um retorno muito grande em questões ambientais e sociais.

## REFERÊNCIAS

- [1] ALVES, B.L.G. “Gestão de Resíduos de Poda: estudo de caso da Fundação Parques e Jardins do Município do Rio de Janeiro”. Rio de Janeiro, 2007. Dissertação (Mestrado Profissional). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://www.peamb.eng.uerj.br/producao.php?id=105>>. Acesso: 05 mar 2013.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. “Resíduos Sólidos” – Classificação. NBR 10004. Rio de Janeiro, 2004.
- [3] BIDONE, FRANCISCO R. A.; POVINELLI, J. “Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos”. 1ª. ed. São Carlos: EESC/USP, 1999.
- [4] CEMIG. “Podas de árvores”. *Projeto Premiar*. (s.d.) Disponível em: <<http://cemig-energia.blogspot.com/p/sobre-o-projeto-premiar.html>>. Acesso: 24 set 2012.
- [5] CEMIG - Resíduos da arborização urbana podem ser reaproveitados. Disponível em: <<http://programapremiarcemig.blogspot.com/2011/01/residuos-da-arborizacao-urbana-podem.html>>. Acesso: 24 set 2012.
- [6] KIEHL, E.J. “Fertilizantes orgânicos”. São Paulo: Ceres, 1985.
- [7] KIEHL, E. J. “Manual de compostagem, maturação e qualidade do composto”. Piracicaba, 1998.
- [8] PALERMO JR. A. “Planejamento da arborização urbana visando a eletrificação e as redes de distribuição”. In: ENCONTRO NACIONAL DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2., Maringá, 1987. Anais. Maringá: Prefeitura do Município de Maringá, 1987. Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/253/\\_arquivos/versao\\_preliminar\\_pnrs\\_wm\\_253.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_arquivos/versao_preliminar_pnrs_wm_253.pdf)>. Acesso: 19 fev 2013.
- [9] PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. “Manual prático para a compostagem de biossólidos”. Rio de Janeiro, 1999.
- [10] TAUKE, S. M. “Análise ambiental: uma visão multidisciplinar”. São Paulo, Editora Universidade Estadual Paulista, 1991.
- [11] VELASCO, G.D.N. “Arborização viária x sistemas de distribuição de energia elétrica: avaliação dos custos, estudo das podas e levantamento de problemas fitotécnicos”. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.