

III-198 – COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS DE ALIMENTOS E PODAS DE ÁRVORES TRITURADAS EM LEIRAS ESTÁTICAS COM AERAÇÃO PASSIVA COM REDUÇÃO DE GEE

Ronaldo Stefanutti⁽¹⁾

Engenheiro Agrônomo pela UNESP. Mestre e Doutor no Centro de Energia Nuclear para Agricultura pela USP. Professor Associado do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da UFC.

Roani Simões Veras⁽²⁾

Engenheiro Civil pela UNIFOR. Mestre em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental) pela UFC. Pesquisador visitante da Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (NUTEC).

Ari Clecius Alves de Lima⁽³⁾

Engenheiro Químico pela UFC. Mestre e Doutor em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental) pela UFC. Experiência na área de engenharia sanitária com ênfase no tratamento de água, esgoto e resíduos sólidos.

Geisa Vieira Vasconcelos Magalhães⁽⁴⁾

Química pelo IFCE. Mestre e Doutora em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental) pela UFC. Especialista em Planejamento e Gestão Ambiental pela UECE.

Luciane Mara Cardoso Freitas⁽⁵⁾

Engenheira Ambiental e Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo IFCE. Mestre em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental) pela UFC.

Endereço⁽¹⁾: Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Campus do Pici – Bloco 713 – Fortaleza – CE – CEP: 60440-970 – Brasil – Tel: (85) 3366.9623 – e-mail: ronaldostefanutti@hotmail.com

RESUMO

Apesar dos resíduos orgânicos representarem grande parte do total gerado no Brasil, existem poucas iniciativas que os destinam de forma correta. Geralmente tais resíduos são depositados em aterros ou lixões, acarretando, dentre outros impactos, emissões de gases de efeito estufa na atmosfera. Em meio a esse panorama que a compostagem se mostra como uma alternativa eficiente no tratamento dos resíduos sólidos orgânicos e mitigação das emissões de GEE. Este trabalho teve como objetivo analisar as diferentes variações da temperatura ao longo do tempo para leiras revolvidas e leiras estáticas com aeração passiva utilizando restos de alimentos e podas trituradas da zona urbana, e aferir a composição dos gases gerados. Foram desenvolvidas no total 6 leiras com alturas de 0,50 m, 0,75 m e 1,00 m; e duas formas de operação, revolvidas (R) e estáticas (E). A leira estática com altura de 1,00 m se destacou das demais por ser a única a manter a temperatura dentro dos padrão de higienização exigido pela CONAMA 481/2017. Quanto ao monitoramento dos gases, foram observadas em todas as medições valores acima de 15% de gás oxigênio e não houve detecção de metano. Diante dos resultados e das condições propostas, fica evidente a eficiência da compostagem operando em leiras estáticas com aeração passiva quanto a higienização do composto orgânico e redução de emissões de gases de efeito estufa.

PALAVRAS-CHAVE: Compostagem, Aeração Passiva, Gases de efeito estufa, Resíduos orgânicos, Resíduos sólidos.

INTRODUÇÃO

A crescente geração de resíduos sólidos e a busca por gestões mais eficientes destes são assuntos bastante debatidos. Segundo o relatório Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, de 2017, realizado pela ABRELPE (2017), são gerados 78,4 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos. O relatório acrescenta que, 59,1% das 71,6 milhões de toneladas coletadas, foram destinadas aos aterros sanitários.

De acordo com Brasil (2017), apenas 2% dos resíduos urbanos gerados são destinados à compostagem, embora a parcela orgânica dos resíduos sólidos urbanos represente mais de 50% do total.

A Lei 12.305/2010 determina a seguinte ordem de prioridade na gestão dos resíduos: a não geração; minimização da quantidade de resíduos produzidos; valorização dos resíduos através da reutilização e reciclagem; e destinação para os aterros sanitários somente o que não for mais passível de recuperação (BRASIL, 2010). Segundo a referida lei, os aterros são necessários, mas devem receber apenas os rejeitos.

É indiscutível a necessidade dos municípios buscarem rotas alternativas para tratamento dos resíduos orgânicos das zonas urbanas, que são oriundos em grandes quantidades da manutenção das áreas verdes, e restos de alimentos das residências, feiras e restaurantes. Devido aos baixos impactos ambientais e custos de tratamento, a compostagem é uma solução indicada para o gerenciamento dos resíduos orgânicos (LIM; LEE; WU, 2015)

Compostagem é um processo em que microrganismos convertem um substrato heterogêneo e instável em um composto orgânico higienizado e homogêneo (FONSECA, 2012). Para Brewer et al. (2013), com a compostagem, ocorre a degradação biológica dos resíduos em meio aeróbio, proporcionando a devolução dos nutrientes do material original para o solo.

Segundo Gomes et al. (2015), a compostagem possibilita o aumento da vida útil de aterros sanitários e redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), dado que uma parcela dos resíduos deixam de ser aterrados. No processo de decomposição dos resíduos em aterros sanitários ocorrem intensas emissões de dióxido de carbono e metano, entre outros poluentes, para a atmosfera (ÇENTIKAYA; BILGILI; KUZU, 2018).

De acordo com Barros (2012), durante a compostagem, é verificada inicialmente uma fase de digestão, onde ocorre a estabilização dos resíduos, e uma segunda etapa conhecida como maturação, na qual a matéria orgânica é transformada em húmus.

Segundo Antônio e Damião (2011), a temperatura é o fator de extrema importância no desenvolvimento da compostagem por apontar a velocidade de degradação da matéria orgânica. Valores em torno de 65°C contribuem para a eliminação de possíveis microrganismos patogênicos, contudo não devem exceder 70°C, para não limitar o crescimento da biota benéfica ao processo (MASSUKADO, 2008).

O suprimento de O₂, necessário para manter o ambiente aeróbio, é geralmente realizado com revolvimentos das leiras ou insuflação de ar. A concentração de gás oxigênio no interior da leira deve ser superior a 10% para garantir uma decomposição dos resíduos de maneira rápida e eficiente (KIEHL, 1985).

Compostagem em leiras revolvidas, de forma manual ou com uso de máquinas, e com leiras estáticas com aeração forçada, são as metodologias mais comumente empregadas. O método em leiras estáticas com aeração passiva, em que oxigênio é fornecido de forma natural por convecção, é uma alternativa para redução de custos e maior simplicidade operacional. De acordo com Buttenbender (2004), compostagem em leiras estáticas com aeração passiva utiliza equipamentos simples, com redução da mão de obra e reduz a geração de maus odores.

OBJETIVO

Comparar método de compostagem em leiras estáticas com aeração passiva e leiras revolvidas, analisando o parâmetro temperatura, além da medição de O₂, CO₂ e CH₄ da leira estática com 1,00 m de altura.

METODOLOGIA

Foram utilizados na pesquisa os resíduos de restos de alimentos dos restaurantes universitários da UFC, localizada no Campus do Pici, e podas de árvores trituradas da zona urbana. Estes materiais são comumente um desafio para a gestão de resíduos, principalmente em municípios densamente povoados.

Foram desenvolvidas 6 leiras, com proporção em massa de 1 : 1,5 de restos alimentares e podas. Metade das leiras permaneceu estática, enquanto que a outra parcela foi revolvida manualmente no 3º, 7º, 10º, 14º, 21º e 27º dia. Para cada forma de operação foram montadas alturas de leiras com 0,50m, 0,75m e 1,00m de altura. O Quadro 1 apresenta as identificações de cada leira.

Quadro 1 - Identificação das leiras de compostagem

Leira	Operação	Altura
E100	Estática	100 cm
E75	Estática	75 cm
E50	Estática	50 cm
R100	Revolvida	100 cm
R75	Revolvida	75 cm
R50	Revolvida	50 cm

As leiras foram formadas com 2,80m de comprimento, 1,80m de largura e alturas variáveis. Foi utilizada balança com capacidade de 500kg para pesar os resíduos, respeitando a proporção determinada. Em seguida os resíduos foram misturados em betoneira com capacidade de 400 litros para garantir a homogeneização dos materiais. As leiras foram irrigadas duas vezes por semana durante os 60 dias iniciais, com tubos micro perfurados, com adição de aproximadamente 480 litros para cada leira por semana.

O processo de compostagem ocorreu durante 135 dias. As temperaturas das leiras foram monitoradas 3 vezes por semana durante os 90 dias iniciais e 1 vez por semana no período restante. As medições para leiras de 1,00 m foram efetuadas a 0,20m, 0,40m, 0,60m e 0,80m de profundidade; leiras de 0,75m foram monitoradas temperaturas em 0,20m, 0,40m e 0,60m de profundidade e leiras com 0,50m de altura pontos com 0,20m e 0,40m de profundidade. Utilizou-se um termômetro modelo GUL Term 180 da marca GULTON com haste de 1 metro.

Os resíduos foram pesados inicialmente e, ao final do processo, houve pesagem do composto produzido para quantificar a redução das massas das leiras com base seca e úmida.

As leituras dos gases para a leira E100 foram realizadas duas vezes por semana durante os 90 dias iniciais com a utilização do equipamento GEM 5000. Em dois pontos da leira, a uma altura de 0,50m, foram inseridos sistemas de drenagem dos gases com recipientes de polietileno tereftalato, com aberturas em sua superfície, com 2 milímetros de diâmetro. A tampa do recipiente foi conectada ao tubo de silicone com 0,90m de comprimento. Uma rolha de vedação foi encaixada no final do tubo de forma que o gás não escapasse. A cada medição, a rolha era retirada durante a aferição da composição dos gases, que durava aproximadamente 5 minutos, e encaixada novamente após a medição. A Figura 1 apresenta o momento da medição e o sistema de drenagem dos gases.



Figura 1- Medição dos gases e sistema de drenagem para leira E100

RESULTADOS

A Figura 1 apresenta as médias das temperaturas das profundidades monitoradas durante o desenvolvimento do processo. No segundo dia após a formação das leiras, as temperaturas já se encontravam na faixa termofílica (acima de 40°C). Apesar de todas as leiras apresentarem temperaturas na faixa termofílica por pelo menos 1 mês, apenas a leira E100 esteve, para todas as profundidades, de acordo com a Resolução n° 418 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, que exige valores acima de 55°C por no mínimo 14 dias para que o composto seja considerado higienizado. Devido a maior capacidade de retenção de calor, as leiras com maiores alturas apresentaram valores mais altos de temperatura.

As leiras com 0,50m de altura constataram valores similares de temperatura. A leira E50 alcançou valor máximo de 63,77°C e fase termofílica com duração de 36 dias. A leira R50 atingiu 56,92°C e teve redução da temperatura para a faixa mesofílica após 38 dias.

O contrário pode ser observado em relação às leiras com 0,75m de altura, de forma que a leira com aeração passiva apresentou valores reduzidos em relação às leiras revolvidas. A permanência na faixa termofílica durou 36 dias para a E75 e 48 dias para a R75.

Como esperado, as leiras E100 e R100 se destacaram das demais pela manutenção de temperaturas mais elevadas por mais tempo. A possibilidade de eliminação de microrganismos patogênicos e ervas daninhas aumentam com a permanência de valores em torno de 55°C por mais de duas semanas. A leira E100 manteve valores na faixa termofílica por aproximadamente 80 dias. A presença de calor no interior das leiras só pode ocorrer caso haja a presença de oxigênio para a realização das atividades metabólicas pelos microrganismos (GUERMANDI, 2015).

Andrade et al. (2018) constatou em estudo que a fase de degradação ativa em leiras com controle de revolvimentos dura mais que métodos que empregam aeração passiva. Contudo, as leiras permanecem mais aquecidas com aeração passiva, proporcionando maior higienização do composto.

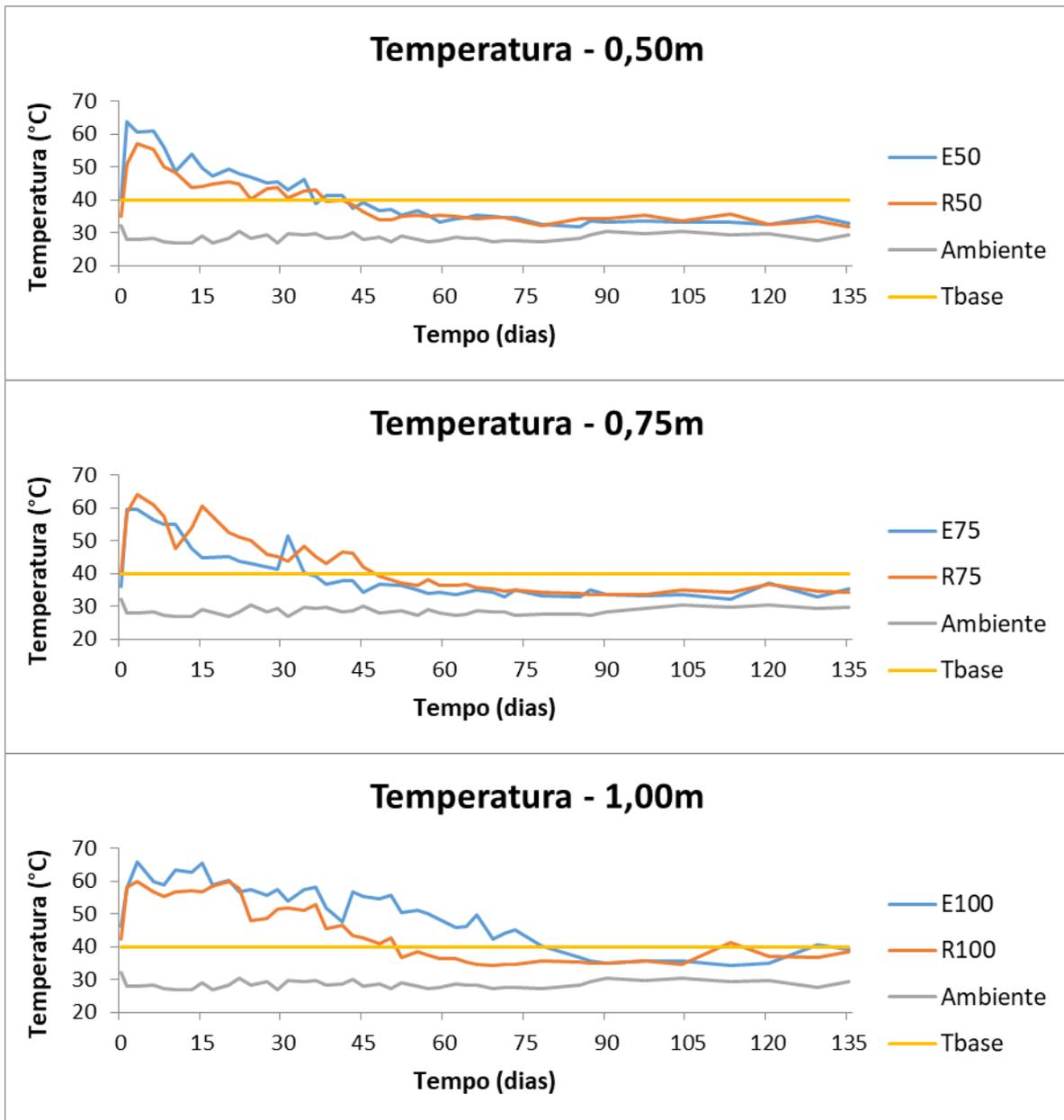


Figura 2 - Médias das temperaturas das leiras de compostagem

Todas as leiras analisadas mantiveram temperaturas na faixa termofílica por no mínimo 1 mês. Foi constatado que as leiras mais altas tendem a permanecer mais aquecidas por mais tempo. A leira estática com altura de 1,00m (E100) foi a única que esteve dentro dos padrões da Resolução 418/2017 do Conama, mantendo para todas as profundidades analisadas valores acima de 55°C por pelo menos 14 dias. As altas temperaturas das leiras E100 corroboram com as concentrações de O₂ encontradas acima de 15%, pois a massa de compostagem depende do suprimento de oxigênio para que os microrganismos possam liberar calor. Não foi detectada a presença de CH₄ durante o monitoramento dos gases, demonstrando que o a compostagem em leiras estáticas no proposto estudo contribui para a redução das emissões de GEE.

Com a Figura 3, é possível observar uma menor concentração de gás oxigênio e maior produção de dióxido de carbono no início do processo devido à intensa atividade biológica com a decomposição dos resíduos mais facilmente biodegradáveis. Ao longo do tempo houve uma diminuição da produção de CO₂ e redução da demanda por O₂. Não foi detectado metano na leira para todas as leituras efetuadas pelo GEM 5000.

Durante todo o período analisado, a quantidade de oxigênio esteve acima de 15%. Para Kiehl (1985), a concentração de oxigênio deve ser superior a 10% para que o processo seja considerado aeróbio. Em estudo com leiras com 1,20m de altura e 2,00m de largura, realizado por Manios et al. (2007), foram determinados valores médios de 18,07% de gás oxigênio, 2,38% de dióxido de carbono e 0,04% de metano ao longo de 97 dias.

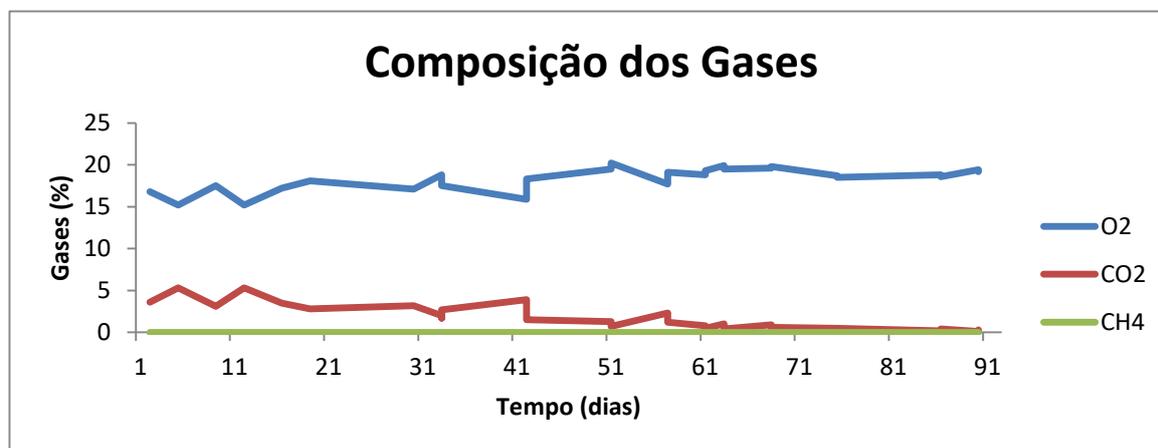


Figura 3 - Composição dos gases na leira E100

CONCLUSÕES

Todas as leiras analisadas mantiveram temperaturas na faixa termofílica por no mínimo 1 mês. Foi constatado que as leiras mais altas tendem a permanecer mais aquecidas por mais tempo. A leira estática com altura de 1,00m (E100) foi a única que esteve dentro dos padrões da Resolução 418/2017 do Conama, mantendo para todas as profundidades analisadas valores acima de 55°C por pelo menos 14 dias. As altas temperaturas das leiras E100 corroboram com as concentrações de O₂ encontradas acima de 15%, pois a massa de compostagem depende do suprimento de oxigênio para que os microrganismos possam liberar calor. Não foi detectada a presença de CH₄ durante o monitoramento dos gases, demonstrando que o a compostagem em leiras estáticas no proposto estudo contribui para a redução das emissões de GEE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, F. C. et al. Treatment of organic solid waste generated at agricultural research corporation via composting under natural and controlled conditions. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 40, p.1-9, 2018.
- ANTONIO, N. W.; DAMIÃO, C. D. Variação da temperatura na compostagem de resíduos sólidos orgânicos. *Universidade Federal do Espírito Santo*, Vitória, Es, p.1-8, out. 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017**. São Paulo, 2017.
- BARROS, R. T. V.. **Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos**. Belo Horizonte: Tessitura, 2012.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Gestão de Resíduos Orgânicos**. 2017. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/gest%C3%A3o-de-res%C3%ADduos-org%C3%A2nicos>>. Acesso em: 06 set. 2018.
- BRASIL. Lei nº12.305, 2 de agosto de 2010. **Institui a política nacional de resíduos sólidos; altera a lei nº9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 2010.
- BREWER, L et al. Agricultural Composting and Water Quality. *Osu Extension*, Corvallis, p.1-29, jun. 2013
- BUTTENBENDER, S. E. **Avaliação da compostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos provenientes da coleta seletiva realizada no município de Angelina/SC**. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

9. ÇETINKAYA, A. Y.; BILGILI, L.; KUZU, S. L. Life cycle assessment and greenhouse gas emission evaluation from Aksaray solid waste disposal facility. **Air Quality, Atmosphere & Health**, [s.l.], v. 11, n. 5, p.549-558, 15 mar. 2018. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s11869-018-0559-3>.
10. FONSECA, J. P. Q. B. **Efeito da adição de borras de café sobre a compostagem de resíduos de Acacia dealbata L. (mimosa)**. 2012. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrônômica, Universidade de Trás-os-montes e Alto Douro, Vila Real, 2012.
11. GOMES, L. P. et al. Avaliação ambiental de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos precedidos ou não por unidades de compostagem. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, São Leopoldo, v. 20, n. 3, p.449-462, jul. 2015.
12. GUERMANDI, J. I. **Avaliação dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos dos fertilizantes orgânicos produzidos pelas técnicas de compostagem e vermicompostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos coletada em estabelecimentos alimentícios de São Carlos/SP**. 2015. 181 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.
13. KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda., 1985.
14. LIM, S. L.; LEE, L. H.; WU, T. Y. Sustainability of using composting and vermicomposting technologies for organic solid waste biotransformation: recent overview, greenhouse gases emissions and economic analysis. **Journal Of Cleaner Production**, New York, n. 111, p.262-278, ago. 2015
15. MANIOS, T. et al. Methane and carbon dioxide emission in a two-phase olive oil mill sludge windrow pile during composting. **Waste Management**, [s.l.], v. 27, n. 9, p.1092-1098, jan. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2006.05.012>.
16. MASSUKADO, L. M. **Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares**. 2008. 204 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências da Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.