

O PROCESSO DE COMPOSTAGEM COMO FERRAMENTA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO AUXÍLIO DE PRÁTICAS AGROECOLÓGICAS

THE COMPOSTING PROCESS AS A SOLID WASTE MANAGEMENT TOOL IN THE AID OF AGROECOLOGICAL PRACTICES

Walter Junio Guimarães Granel¹

Eduardo Rodrigues Ferreira²

RESUMO

O presente artigo apresenta a avaliação do processo de compostagem dos resíduos de poda e corte de árvores urbanas para produção de composto orgânico. A iniciativa se justifica pela grande geração dos materiais, pelo descarte incorreto e a falta de tratamento dos resíduos pelo município de Frutal, no qual, acarreta em inúmeros problemas ambientais, econômicos e sociais. Para experimento da compostagem, foram desenvolvidos 3 experimentos (leiras) possuindo os seguintes tratamentos: L1 – Resíduos de poda e corte de árvores; L2 – Resíduos de poda e corte de árvores + irrigação e L3 – Resíduos de poda e cortes de árvores + irrigação + 1% (peso total) torta de mamona. O monitoramento ocorreu por 100 dias, sendo avaliados os parâmetros de temperatura, umidade e aeração das leiras. Com base nos resultados obtidos, o tratamento L3 apresentou os melhores resultados de decomposição dos resíduos, em seguida o tratamento L2 e L1. Os compostos obtidos em ambos os tratamentos não se enquadraram nos parâmetros mínimos de temperatura da Resolução nº 481 do CONAMA (CONAMA, 2017), que define aspectos de higienização dos compostos. Os potenciais dos compostos gerados podem ser utilizados em diversas aplicações, seja: para produção de mudas, fertilização do

¹ Universidade do Estado de Minas Gerais, e-mail: waltergranel@hotmail.com

² Docente Adjunto na Universidade do Estado de Minas Gerais, e-mail: eduardo.ferreira@uemg.br

solo, controle da erosão, agricultura urbana, para pequenos produtores rurais e entre outras aplicações que visam um ciclo sustentável dos resíduos, promovendo o tripé ambiental, econômico e social.

PALAVRAS-CHAVE: compostagem; gerenciamento; agroecologia.

ABSTRACT

This article presents the evaluation of the composting process of waste from pruning and cutting of urban trees for the production of organic compost. The initiative is justified by the large generation of materials, incorrect disposal and the lack of waste treatment by the municipality of Frutal, which leads to numerous environmental, economic and social problems. For the composting experiment, 3 experiments were carried out (windrows) having the following treatments: L1 – Pruning and cutting residues; L2 – Waste from pruning and cutting trees + irrigation and L3 – Waste from pruning and cutting trees + irrigation + 1% (total weight) castor bean cake. Monitoring took place for 100 days, and the parameters of temperature, humidity and aeration of the windrows were evaluated. Based on the results obtained, the L3 treatment presented the best residue decomposition results, followed by the L2 and L1 treatment. The compounds obtained in both treatments did not meet the minimum temperature parameters of Resolution nº 481 of CONAMA (CONAMA, 2017), which defines aspects of cleaning compounds. The potentials of the compounds generated can be used in several applications, such as: for the production of seedlings, soil fertilization, erosion control, urban agriculture, for small rural producers and among other applications aimed at a sustainable cycle of waste, promoting the environmental tripod, economic and social.

KEYWORDS: compost; management; agroecology

Introdução

De acordo com o último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) a população no Brasil com 190.755.499 de habitantes. Atualmente conta com mais de 211.600.000 de habitantes, de acordo com projeção disponível no site eletrônico do referido instituto. Neste último panorama oficial publicado, mais da metade da população brasileira desenvolvia suas atividades em áreas urbanas, totalizando em torno de 160.000.000 indivíduos. Contra uma população rural de apenas 6.677.122 habitantes. Este êxodo rural verifica-se desde a segunda metade do século 20 quando o processo de industrialização brasileira se mostrou pujante, atraindo as populações que viviam no campo, sobretudo pela ampliação dos parques industriais automobilísticos. Na década de 50 a população brasileira era predominantemente rural, sendo representada por 63,8% da população total. E nesta última década representa cerca de 15,6% da população total, esse processo de êxodo rural tem como causa o processo conjunto de urbanização e, conseqüentemente a industrialização (IBGE, 2011).

Como resultado desta dinâmica histórica da população brasileira, a geração de resíduos sólidos urbanos também acompanhou tal aumento devido a mudança dos hábitos de consumo, elevando a quantidade de resíduos.

Em contraponto a tal situação quantitativa de resíduos e este inchaço populacional da urbe brasileira, a Associação das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) registrou no ano de 2010 a geração de 60,8 milhões de toneladas de resíduos sólidos. Deste total, foram coletados 54,1 milhões de toneladas de resíduos, um percentual de 88,9% do total gerado, portanto, 23 milhões de toneladas deixaram de ser coletados (ABRELPE, 2009).

A temática dos resíduos sólidos tem sido discutida por décadas, mas, apenas em 2010 houve um avanço significativo, com a criação da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, regulamentada pelo Decreto Federal nº 7.404/2010, sendo, o marco legal para a gestão de resíduos sólidos no país, no qual institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que veio para disciplinar a geração, destino e tratamento destes resíduos (BRASIL, 2010).

Apesar da PNRS, obrigar por lei que os municípios possuam no mínimo um plano municipal de saneamento básico (PMSB) e um plano municipal de resíduos

sólidos (PMRS), este cenário é quase inexistente para a maioria dos municípios (BRASIL, 2010). Neste cenário, discussões técnicas e pesquisas na área de resíduos sólidos urbanos (RSU) vêm crescendo exponencialmente na academia e no setor público devido a imposição legal.

Um dos grandes problemas ambientais para maioria dos municípios é dar destino ambientalmente correto a grande gama e quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados. Dentre essa gama de resíduos existentes, destacam-se os resíduos de poda e corte de árvores que geram enormes volumes e ocupam grandes espaços. Esses resíduos são provenientes do corte de árvores, da manutenção de árvores (podas) ou das quedas naturais. Grande parte dos resíduos no país é descartado em bota-foras, lixões ou aterros sanitários. No município de Frutal-MG o poder público descarta grande parte dos resíduos de poda e corte de árvores em uma área criada pela secretaria de meio ambiente, chamada área de depósito de galhadas (SEMMA, 2019). Nesse local, os resíduos são apenas armazenados, deixando-se decomporem naturalmente. No entanto, os resíduos de poda e corte árvores são constituídos de macromoléculas resistentes, como a lignina, e necessitam de mínimo tratamento para diminuição do seu volume e o seu aproveitamento (CARDOSO et al., 2001).

A partir desse cenário de migração da população rural para a urbana, levando ao aumento da geração de resíduos sólidos na mesma área urbana, adicionamos a agroecologia como suporte teórico para a construção de uma proposta para remediar o problema dos resíduos de podas e cortes de árvores, que com o crescimento das cidades, se torna cada vez mais frequente e com maior volume.

A agroecologia surge como transição do modelo tradicional, no qual, utiliza outra forma de agricultura visando o desenvolvimento sustentável. Dentre as práticas sustentáveis, está o aproveitamento de resíduos por meio do processo de compostagem (ALTIERI, 2004).

A compostagem constitui em um processo de ciclagem de nutrientes, que nas últimas décadas, tem despertado interesse por parte dos agricultores, como uma alternativa de forma eficiente e rápida para o aproveitamento dos resíduos orgânicos que são enviados para aterros e lixões (TEIXEIRA et al., 2002). Por meio desse processo, os agricultores possuem menores riscos ao cultivo, maiores rendimentos e menores gastos com fertilizantes inorgânicos. A compostagem pode ser utilizada como

alternativa para tratamento dos resíduos de poda e corte de árvores, gerando no final do processo um composto que pode sobretudo, ser utilizado como corretor de solo (TEIXEIRA et al., 2002).

Portanto, a proposição deste capítulo é trabalhar o processo de compostagem como um viés agroecológico capaz de tratar os resíduos de poda e corte de árvores no município de Frutal-MG.

Resíduos sólidos

Segundo a norma técnica NBR 10.004 (ABNT, 2004, p. 1) define resíduo sólido como:

Os resíduos que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cuja particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Um dos principais fatores para o aumento da geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) está ligado ao crescimento populacional e atrelado às suas mudanças de padrões de consumo. Vale destacar que em grande número de cidades brasileiras, sendo, 3.001 municípios a disposição final dos resíduos sólidos urbanos é inadequada, isto é, os RSU são descartados em lixões, colocando em risco os ambientes naturais (ABRELPE, 2018).

Segundo a ABRELPE (2020) cerca de 40,5% dos resíduos produzidos no país são destinados de forma inadequada, enviados para lixões ou aterros controlados e 59,5% para aterros sanitários.

Com o aumento da geração de resíduos sólidos houve a necessidade de implementar legislações e políticas públicas para disciplinar o tratamento dos resíduos sólidos a PNRS foi promulgada para disciplinar a geração, destino e tratamento destes resíduos, que segundo o seu artigo 4º descreve que a política:

Reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo governo federal, isoladamente ou em regime de cooperação com estados, Distrito Federal, municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010, p. 2).

Além da Lei 12.305/2010 existem outras leis (federais, estaduais e municipais), resoluções e normas técnicas que complementam as legislações pertinentes a temática dos resíduos sólidos.

Resíduos de poda e corte de árvores urbanas

A composição dos resíduos sólidos urbanos no Brasil é muito heterogênea, mas, os estudos e análises gravimétricas revelam que a maior parte da composição dos resíduos são provenientes de materiais orgânicos (restos de alimentos, cascas de frutas, podas de árvores e outros), representando em média mais de 50% do total dos resíduos coletados (IBGE, 2010).

Na cidade de São Paulo, que possui o maior nível de industrialização, a porcentagem dos resíduos orgânicos ainda é muito alta, sendo cerca de 57,5% do total dos resíduos sólidos urbanos (AGOSTINHO et al., 2013). Apesar de haver estudos a respeito da composição gravimétrica dos municípios do Brasil, tem-se ainda pouca continuação dos levantamentos dessas áreas, além de não possuírem padronização, com isso, resultando em pouca informação da geração e destinação dos resíduos orgânicos.

Segundo Nolasco (2000) os métodos de definição da caracterização de um resíduo são determinados pela função do seu objetivo. Os resíduos podem ser classificados em função da sua origem, tipo, quantidade, fatores geradores, quantidade, composição, periculosidade, características físicas, forma de manejo, dispersão espacial e sazonalidade.

As composições químicas dos resíduos de poda e corte de árvores são definidas como materiais orgânicos, no qual são relacionados quanto as suas propriedades. Segundo Silva et al. (2005) são constituídos aproximadamente por 49% de carbono, 6% de hidrogênio, 44% de oxigênio e 1% de nitrogênio. Os resíduos são formados essencialmente por celulose, lignina, polioses, polímero aromático natural e de alto

peso molecular responsável pela rigidez da parede celular, que definem em muitas vezes o uso comercial da madeira. Além desses compostos existem os componentes inorgânicos, denominados cinzas, as quais são compostas por potássio, cálcio, magnésio, pequenas quantidades de sódio, manganês, ferro, alumínio, além de radicais como carbonatos, silicatos, cloretos, sulfatos, traços de zinco, cobre e cromo, dentre outros (CARDOSO et al., 2001).

A Lei nº 12.305/2010 que define a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) considera em suas definições que os resíduos de poda e corte de árvores são considerados como resíduos não perigosos e provenientes de limpeza urbana, que se agregados aos resíduos domiciliares passam a ser do tipo resíduos sólidos urbanos (CORTEZ, 2011).

O artigo 36 da PNRS preconiza que: “No âmbito da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, cabe ao titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, observado, se houver, o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos” (BRASIL, 2010, p. 14), ademais, em seu inciso V estabelece: “implantar sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido” (BRASIL, 2010, p. 14).

Atualmente no cenário nacional, o descarte dos resíduos de poda e corte de árvores em sua maioria são destinados para os lixões e aterros sanitários. Conforme relata Baratta Júnior (2007), esse material pode ser aproveitado com um baixo custo na substituição de recursos naturais na confecção de substratos, além de economizar no manejo destes rejeitos pelas prefeituras. Os resíduos de poda e corte de árvores em áreas urbanas são exemplos de resíduos orgânicos que são mal aproveitados, podendo parar nos aterros sanitários encurtando a vida útil destes e causando problemas ambientais (COSTA et al., 2013).

Compostagem

A compostagem é um processo biológico de transformação da matéria orgânica crua em substâncias húmicas, estabilizadas, com propriedades e características diferentes do material que lhe deu origem (KIEHL, 1985).

O processo de compostagem consiste na decomposição da matéria orgânica por microrganismos sob condições controladas formando um composto final biologicamente estabilizado (INÁCIO; MILLER, 2009).

Na Lei 12.305/2010 da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) a compostagem é definida como uma forma de destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e coloca como atribuição do titular dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos realizar a compostagem dos resíduos sólidos orgânicos e promover a articulação com agentes econômicos e sociais, assim como definir formas de utilização do composto produzido (BRASIL, 2010).

A compostagem já vem sendo utilizada há tempos, tanto os restos de animais e vegetais já eram utilizados, por meio de incorporação ao solo, visando o aumento da fertilidade e conseqüentemente, melhoria da produção agrícola. Na antiguidade esse processo foi muito utilizado, sobretudo pelos orientais, que faziam uso intensivo para produção de cereais (KIEHL, 1985).

Durante o processo da compostagem alguns componentes da matéria orgânica, a qual é consumida pelos microrganismos, são volatilizados, e outros são transformados em substâncias com características químicas, físicas e físico-químicas diferentes da matéria-prima. Ocorre também, durante o processo, a produção de calor e desprendimento, em especial, de vapor d'água e gás carbônico (KIEHL, 1998). A partir desse processo biológico, são gerados dois componentes importantes: nutrientes (indispensáveis para as raízes das plantas) e húmus (componente necessário para desenvolver as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo) que atuam de maneira dinâmica na melhoria dos solos (KIEHL, 1998).

A compostagem é uma das melhores opções para o tratamento dos resíduos orgânicos, tendo em vista que o processo é favorável ao ambiente e adiciona valor a uma grande variedade de resíduos. Essa metodologia de tratamento é considerada como uma das mais sustentáveis para gestão de resíduos sólidos orgânicos em agroecossistemas, visto que, fornece aos resíduos orgânicos um destino útil evitando o acúmulo destes em locais inadequados (FAN et al., 2017).

A compostagem é um processo natural de ciclagem de nutrientes, nas últimas décadas tem despertado por parte dos agricultores como uma alternativa de forma eficiente e rápida para o aproveitamento dos resíduos orgânicos, evitando que estes,

sejam enviados para aterros e lixões. Devido a isso, os agricultores possuem menores riscos de cultivo, maiores rendimentos e menores gastos com fertilizantes inorgânicos (TEIXEIRA et al., 2002).

A diferença entre a degradação natural e a compostagem está no fato que a compostagem ocorre sob condições controladas, em um processo de degradação natural, não existe nenhum tipo de controle das variáveis que ocorrem durante o processo. Para obter um bom processo de compostagem é necessário monitorar alguns parâmetros físico-químicos, onde, permitirá aos microrganismos condições favoráveis de desenvolvimento para transformação da matéria orgânica. Para monitorar a compostagem é necessário avaliar fatores importantes, como a: umidade, aeração, pH, temperatura e a relação carbono/nitrogênio (SOUZA, 2014).

Agroecologia

A agricultura intensificou sua produção para atender as demandas de consumo de alimentos, mas por conta dessa produção acelerada acabou levando a desequilíbrios biológicos nos agroecossistemas. A agricultura moderna, balizada pelos princípios da Revolução Verde, na qual emprega-se produção de monoculturas, mecanização no preparo do solo, uso intensivo de adubos e fertilizantes químicos, com o objetivo de melhorar e aumentar a produção, resultam em grandes impactos no meio ambiente, especialmente na estrutura e na atividade biológica do solo e também acabam contaminando os recursos hídricos. Fica claro que as práticas da agricultura convencional estão degradando globalmente o ambiente, conduzindo a declínios na biodiversidade, perturbando o equilíbrio natural dos ecossistemas e, em última instância, comprometendo a base de recursos naturais da qual os seres humanos e a agricultura dependem (GLIESSMAN, 2005).

Com base neste cenário a agroecologia surge para auxiliar a transição dos atuais modelos de desenvolvimento rural e de agricultura convencional, em modelos sustentáveis, com suporte científico, teórico e metodológico, regulando a entrada de energia, fechando os ciclos de nutrientes e reduzindo a dependência de insumos externos, promovendo rotação de culturas, contribuindo para a conservação dos solos, dos recursos hídricos e da biodiversidade (ALTIERI, 2004).

A agroecologia parte de um novo estado de consciência e de responsabilidade para com o futuro da terra, visando à autocontenção e à justa medida em todas as ações que envolvem recursos escassos ou não renováveis, procurando um desenvolvimento que se faz em conjunto com a natureza e nunca contra ela (EPAMIG, 2003)

O conceito de ecossistema fornece as bases para desenhar e manejar os agroecossistemas, segundo Ab' Saber (2006, p. 266), Arthur Tansley em 1935 definiu o conceito de ecossistema como “o sistema ecológico de um lugar”, onde, em sua simples definição demonstra a complexidade da estrutura de um ecossistema. O ecossistema é composto por vários fatores (variáveis) que se interagem e se relacionam dentro do ambiente. O agroecossistema é utilizado para designar o ecossistema para fins agrícolas, segundo Gliessman (2000, p. 61) “um agroecossistema é um local de produção agrícola compreendido como um ecossistema”, mas existe diferença entre ecossistema e agroecossistema, pois, o ecossistema é algo natural e não há modificação e alteração da ação do homem para direcionar a produção primária do ecossistema para obter produtos para suas necessidades.

Nos agroecossistemas, assim como nos ecossistemas naturais, ocorrem tanto processos ecológicos, como ciclos de nutrientes, interações predador/presa, competição, comensalismo e sucessões ecológicas; entretanto neste tipo de sistema de produção, o grau de resiliência e estabilidade não são determinados somente por fatores ambientais e bióticos, mas também por fatores socioeconômicos como posse da terra, alteração dos preços, mercado, entre outros (ALTIERI, 2004).

A agroecologia incorpora uma visão ecológica sob uma perspectiva social, porém a conquista do saber não se dá exclusivamente por meio de fórmulas acadêmicas, mas, principalmente, no âmago das relações sociais em seu conjunto. Por meio dessa troca de informação e de experiências resultantes da ação educadora e integradora da universidade com a sociedade, espera-se que a extensão alcance igual prestígio ao ensino e a pesquisa para formar um tripé devidamente equilibrado (GONÇALVES, 1972).

A produção agroecológica, baseada nos princípios ecológicos, possibilita uma análise integradora de diferentes conceitos, dentre elas se destaca a ciclagem de nutrientes. A ciclagem de nutrientes além de ser fonte de energia para os organismos vivos para formar seus corpos e manter suas funções vitais é também constituída por

uma série de nutrientes. Esses nutrientes se movem em ciclos, passando dos componentes bióticos aos abióticos necessitando de organismos para se desenvolver. A ciclagem de nutrientes nos ecossistemas está relacionada ao fluxo de energia, uma vez que os nutrientes são absorvidos pelas raízes das plantas no solo, e ao decomporem, voltam a disponibilizar esses nutrientes nas camadas mais superficiais facilitando sua absorção pelas plantas (GLIESSMAN, 2000).

Métodos e procedimentos

Para o experimento da compostagem foram utilizados como materiais para construção das leiras, resíduos de poda e corte de árvores adquiridos na área de galhadas do município de Frutal-MG, localizada nas coordenadas geográficas de latitude $20^{\circ}00'23.84''S$ e longitude $48^{\circ}54'31.10''O$, conforme Figura 3 ilustra a área de galhada.

Figura 3: Área de galhada



Fonte: Google Earth, 2019.

Os resíduos de poda e corte de árvores são oriundos da geração do trabalho de jardineiros, cidadãos, da prefeitura, de empresa de energia elétrica e entre outros grandes geradores que efetuam poda e corte de árvores na área urbana do município. Os resíduos foram triturados pelo triturador de galhos modelo NTRG da Nagano com motor de 6.5 HP movido a gasolina e com velocidade da lâmina de corte de 2400 rpm,

a aplicação do triturador pode ser utilizada para triturar arbustos, galhos, capim, aparas, cercas-vivas, folhas, flores secas, restos de vegetais, estacas, galhos e madeiras moles com até 76 mm de diâmetro.

Após a trituração dos galhos, o material foi depositado, sem peneiramento, em tonéis de plástico e levados para área do Ecoparque das Sucupiras localizado nas coordenadas geográficas de latitude 20°02'23.85"S e longitude 48°56'07.66"O (Figura 4) no período entre os dias 23/10/2019 à 01/02/2020, contemplando 100 dias.

Figura 4: Ecoparque das Sucupiras, Frutal MG.



Fonte: Google Earth, 2019.

No Ecoparque das Sucupiras o material foi pesado, retirado dos tonéis e levados para montagem. As leiras foram montadas sobre lona dupla face, sem contato com o solo, e o local armazenado não possui cobertura, havendo apenas a existência de algumas copas de árvores. As três leiras foram construídas contendo as seguintes dimensões: 1,0 m de altura; 1,2 m de comprimento e 1,0 m de largura, obtendo um volume inicial de 1 m³ cada leira.

As leiras seguiram os seguintes tratamentos:

- L1 – Resíduos de poda e corte de árvores triturados (controle)
- L2 – Resíduos de poda e corte de árvores (triturados) + irrigação (manutenção da umidade)
- L3 – Resíduos de poda e corte de árvores (triturados) + irrigação (manutenção da umidade) + 1% de (peso total da leira) torta de mamona

A leira L1 não possui nenhum tipo de tratamento, o tratamento da leira L2 propõe controlar a umidade da leira e o tratamento da leira L3 propõe o controle da umidade e o incremento da torta de mamona que tem função de melhorar a relação carbono/nitrogênio (relação C: N), pois, a torta de mamona possui altos teores de nitrogênio, além de ser excelente fonte de potássio e fósforo, tendo uso agrícola como adubo orgânico (FERNANDES et al., 2011). Para decomposição do material orgânico, sob condições ótimas de umidade, aeração e temperatura o processo é rápido, e tem como resultado um produto com boas características físicas, químicas e biológicas (CRAVO et al., 1998).

Partindo desse conceito foi efetuado o monitoramento das leiras diariamente no período de 100 dias e, foi desenvolvido um formulário analisando os seguintes parâmetros: temperatura, umidade e aeração das leiras. Para o monitoramento da temperatura foi utilizado o equipamento Termo-Higrômetro Equitherm modelo TH-439. Para avaliar o teor de umidade, foi efetuado o aperto de uma porção do composto com a mão, sendo que, quando a concentração de água é adequada, pode-se sentir a umidade e agregação do material e quando a água escorre por um fio da mão, é indicativo de um excesso de água na massa da compostagem (SARTORI et al., 2012). Para o parâmetro da aeração, foi efetuado três revolvimentos das leiras a cada 20 dias. Conforme o parâmetro obtido pela umidade foi efetuado irrigação de forma periódica, quando ocorreu necessidade.

O desenvolvimento da compostagem seguiu de forma artesanal, onde, não foi utilizado nenhum equipamento para aeração e nenhum produto para aceleração do processo, ocorrendo assim a decomposição lenta e natural. O processo da

compostagem foi do tipo aeróbico, com aeração e umidade controladas. As medições de temperatura da compostagem durante o período de 100 dias foram efetuadas às 17 horas.

Além da avaliação do processo de compostagem, foi efetuado um levantamento do volume descartado dos resíduos de poda e corte de árvores existentes na área de galhada do município, durante um período de descarte de 15 dias, contemplando as datas do período do dia 21/10/2019 à 04/11/2019. Para mensurar o volume gerado foi utilizado o drone modelo Phantom 4 Pro Obsidian, onde, criou-se um plano de voo da área de galhada, sendo executado este manualmente, com altitude de 120 metros, que necessitou de apenas um voo e, foram adquiridas 33 imagens aéreas.

Foram executados os seguintes procedimentos após a aquisição das imagens:

- Alinhamento e foto triangulação: As imagens foram posicionadas e orientadas, após isso executado o alinhamento das fotografias.
- Nuvem densa de pontos: Foi localizado os pontos de correlação entre as imagens, em todas as posições X, Y e Z, e as informações são armazenadas nos pontos possibilitando o reconhecimento e a realização de cálculos.
- Malha digital do terreno (MDT): Gerou a malha a partir da nuvem de pontos e gerou o modelo digital do terreno representando as formas do relevo.
- Ortofoto: Por meio do MDT foi gerado a ortofoto que representa uma imagem em projeção cartográfica.

A partir da geração da ortofoto foi desenhado um polígono da área de interesse e, a partir disso, foi possível mensurar o volume da pilha de resíduos da área de galhada através do software Agisoft PhotoScan (PHOTOSCAN, 2014).

Resultados

Desenvolvimento e avaliação do processo de compostagem

No processo de trituração dos materiais para construção das leiras de compostagem (Figura 5) foi constatado que a maioria dos materiais lenhosos que estavam depositados e que foram triturados eram da espécie oiti (Nome científico: *Licania tomentosa*). Segundo Brito et al. (2011) no município de Frutal destaca-se o

oiti como sendo a espécie arbórea mais frequente, respondendo por 7.108 indivíduos da totalidade das árvores plantadas, ou seja, 54,22% das 13.110 árvores plantadas. As podas mais comuns em Frutal são as que visam adequação do indivíduo (ex: contato com fiação elétrica aérea, para dar forma a copa da árvore, entre outros). O oiti é uma espécie altamente tolerante a podas, com grande capacidade de recuperação mesmo em podas drásticas, com sua copa aceitando formatos definidos (BRITO et al., 2011).

Figura 5: Montagem das leiras



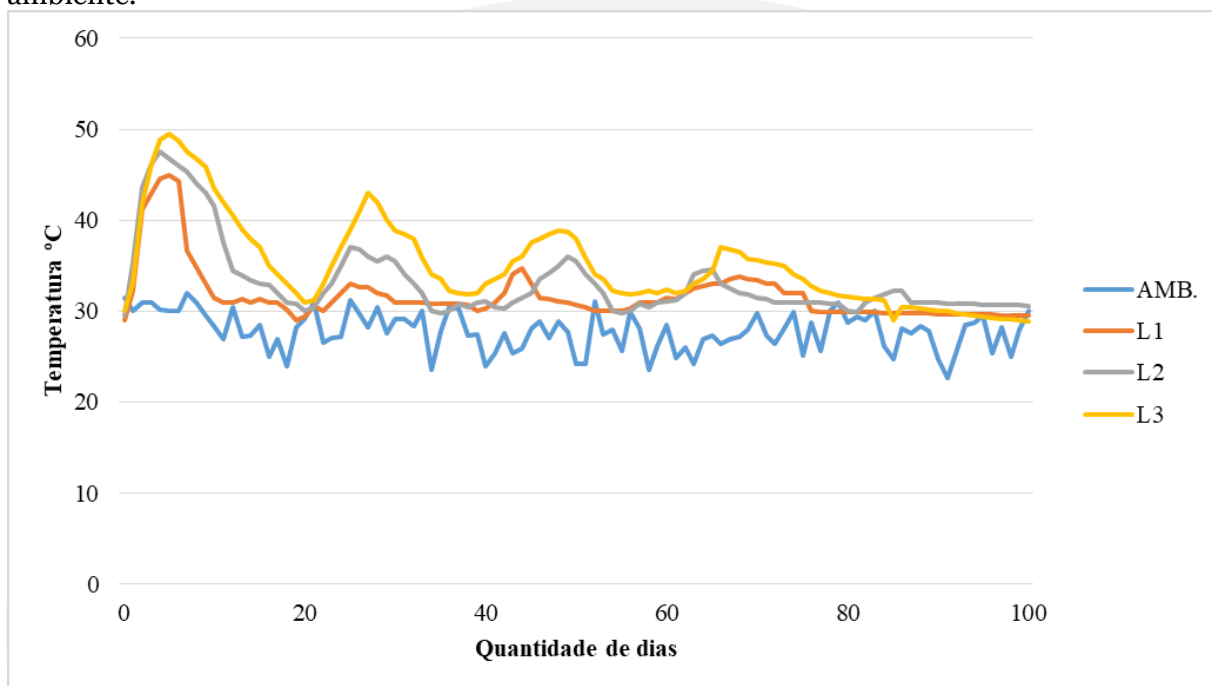
Fonte: Autores, 2019.

A Figura 6 ilustra as temperaturas atingidas durante o processo de compostagem, sendo, que a leira L3 atingiu os maiores valores, chegando a 49,8°C, em segundo a leira L2 atingindo 47,5°C, e em último lugar, por fim a leira L1 atingindo 45°C. A média de temperatura da leira L3 foi de 38,3°C, da leira L2 35,41°C e da leira L1 de 32,05°C. No início do processo da compostagem houve uma perda mais expressiva de água, devido às altas temperaturas durante os primeiros 10 dias e por consequência uma decomposição maior deste recurso. A evolução da temperatura é um sinal de atividade microbiana durante o processo de compostagem (LI et al., 2013).

Foi também verificado o aumento da temperatura a cada revolvimento, nas três leiras isso fica evidenciado aos 20, 40 e 60 dias do processo de compostagem. Segundo

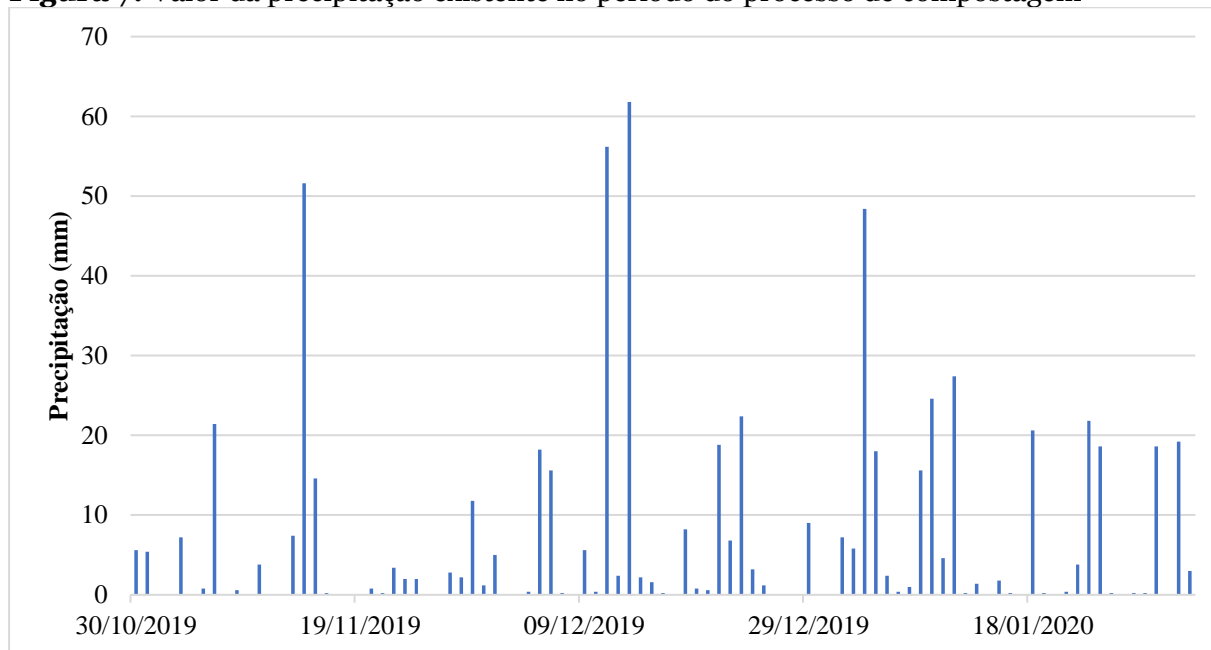
Van Heerden et al. (2002) é normal que ocorra aumento da temperatura das leiras após o revolvimento.

Figura 6: Temperatura (° C) das leiras onde: L1 = Resíduos de poda e corte de árvores triturados; L2 = Resíduos de poda e corte de árvores triturados + irrigação; L3 = Resíduos de poda e corte de árvores triturados + irrigação + 1% de torta de mamona; Amb. = Temperatura ambiente.



Fonte: Autores, 2020.

A Figura 7 demonstra os índices pluviométricos durante o período do processo da compostagem. Foram poucas as irrigações efetuadas nas leiras durante o andamento da compostagem, devido ao período de chuvas que ocorreram nos meses de novembro, dezembro e janeiro. No entanto, as grandes precipitações também atrapalharam o desempenho da decomposição dos resíduos, pois, nas altas concentrações de umidade há aglutinação das partículas, o que abaixa a resistência da leira e restringe a distribuição de oxigênio para microrganismos aeróbicos (KIEHL, 1985).

Figura 7: Valor da precipitação existente no período do processo de compostagem

Fonte: Elaborado a partir do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

A Figura 8 demonstra as leiras no final do processo, e foi possível perceber visualmente uma diminuição nos volumes das leiras L2 e L3 maior do que a leira L1, sendo que a leira L3 obteve a maior diminuição. Podemos declarar que a leira L3 possui as melhores condições para decomposição, pois, a torta de mamona proporcionou maior atividade dos microrganismos decompositores. As características dos compostos, ao final do processo de 90 dias, demonstraram que nem todos materiais terminaram o processo de compostagem, devido o composto não apresentar ainda colocaram escura e também por possuir estruturas de folhas formada por lignina, composto de difícil decomposição.

Conforme a Resolução CONAMA nº 481 (BRASIL, 2017), que estabelece critérios e procedimentos para garantir a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, define no seu Art. 5º requisitos mínimos de tempo e temperatura necessários para higienização dos resíduos sólidos orgânicos durante o período de compostagem, no qual as leiras avaliadas, devem possuir temperaturas maiores que 65°C por três dias ou maior que 55°C por 14 dias. Ambos os compostos obtidos não alcançaram a temperatura mínima exigida na resolução, no

entanto, as temperaturas não foram alcançadas devido ao pequeno volume das leiras, pela matéria prima possuir alta granulometria (favorecendo a aeração) e também pela configuração da leira ser de um resíduo homogêneo, no caso das leiras L1 e L2, pois, a variedade de materiais em uma compostagem aumenta a variedade de microrganismos atuantes, criando uma boa relação C:N para o desenvolvimento dos microrganismos.

Figura 8: Final do processo de compostagem



Fonte: Autores, 2020.

Potencial do composto orgânico resultante do processo de compostagem

O potencial para aplicação dos compostos orgânicos gerados, são inúmeros, desde a utilização para fertilização do solo, como substratos, no controle de erosão, como adubos para praças, canteiros centrais, arborização urbana, agricultura urbana, pequenos produtores rurais, produção de mudas, entre outras aplicações que formam um ciclo sustentável dos resíduos, promovendo o tripé da sustentabilidade: ambiental, econômico e social. O composto orgânico tem grandes vantagens, dentre elas a liberação gradual dos nutrientes, diferente da utilização de fertilizantes químicos. A Figura 09 ilustra um exemplo de experimento efetuado pela secretaria de meio

ambiente de Frutal-MG (SEMMA) com a utilização dos compostos das leiras L1, L2 e L3 como substratos para produção de alface crespa.

Na comparação da utilização de substratos em sistemas de produção de plantas aos cultivos realizados no solo, a primeira apresenta algumas vantagens, como a diminuição do risco de salinização do meio radicular, possibilidade de manejar a água mais adequadamente, fornecimento de nutrientes em doses e épocas mais adequadas, além da redução da ocorrência de problemas fitossanitários, os quais influenciam diretamente o rendimento e a qualidade final dos produtos (ANDRIOLO et al., 1999).

Segundo Inácio; Miller (2009) a utilização de adubo orgânico pode gerar inúmeros benefícios ambientais e econômicos, como: elevação da capacidade de troca de cátions do solo, melhora do aproveitamento de fertilizantes minerais, aumento do pH do solo e aumento da biodiversidade do solo.

Figura 09: Exemplo de experimento efetuado pela SEMMA utilizando os compostos das leiras L1, L2 e L3 na produção de alface crespa.



Fonte: Autores, 2020.

Levantamento do volume dos resíduos de poda e corte de árvores

Por meio da aquisição de imagens aéreas e efetuando os processamentos de imagem como resultado foi obtido uma ortofoto com resolução de 1,64 cm/px. A partir do polígono da área de interesse (Figura 10) dos resíduos de galhada foi obtido volume de 847 m³ de resíduos em um perímetro de 83 m.

Figura 10: Delimitação da área de interesse para cálculo do volume



Fonte: Autores, 2019.

O volume depositado obtido durante o período de 15 dias, demonstra a grande geração dos resíduos, sendo, necessário uma intervenção do setor público para o tratamento, com intuito de reciclar, reutilizar e diminuir o volume ocupado no depósito.

Para mensurar a geração dos resíduos é necessário um estudo mais amplo, contemplando um período de no mínimo um ano para ações de pesagem e caracterização das espécies arbóreas existentes na área de galhada.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente para efetuar um planejamento do uso de resíduos de arborização urbana é necessário conhecer as características da arborização da cidade, como: frequência da poda e remoção, os tipos e ocorrências das espécies, características dos resíduos para obter o melhor aproveitamento (a densidade

da madeira, o teor de umidade, a cor, quantidade de carbono fixo e as variáveis que demonstram qual é o melhor aproveitamento do resíduo) (MMA, 2010).

Considerações finais

O presente estudo demonstrou que a adoção de práticas simples de manejo, como: controle de umidade (irrigação), temperatura e aeração (revolvimento) das leiras podem melhorar o processo de compostagem e diminuir o volume dos resíduos. Dentre os três tratamentos analisados, se destaca, com o melhor desempenho na decomposição da matéria orgânica a leira L3 (resíduos de poda de corte de arvores + irrigação + 1% (peso da leira) torta de mamona), que obteve as maiores temperaturas entre os tratamentos, chegando a atingir 49,8°C, em segundo o tratamento da leira L2 (resíduos de poda e corte de arvores + irrigação), atingindo 47,5°C de temperatura, e por último a leira L1, (resíduos de poda e corte de arvores) obtendo 45°C. No entanto, conforme a Resolução CONAMA nº 481, ambos os compostos não atingiram os requisitos mínimos de tempo e temperatura necessários para higienização.

Frente a grande geração desses resíduos, obtidos por meio do levantamento do volume gerado na área de galhada, no qual obteve-se em um período de 15 dias um volume de 847 m³, evidencia-se a necessidade de um planejamento, pelo setor público, relacionado a geração desses resíduos, incluindo as alternativas de tratamentos necessários. Dentre as alternativas, o tratamento por meio do processo de compostagem é uma solução viável e econômica, diferente do processo executado pela prefeitura na área de galhada do município, onde, o material fica apenas depositado e não é efetuado nenhum tipo de tratamento. Por meio da compostagem, se dá um destino útil para esses resíduos, que podem ser aproveitados em diversas aplicações, principalmente, para produção de adubos orgânicos, substituindo os fertilizantes químicos amplamente utilizados.

Referências

- ABRELPE, **Panorama dos Resíduos Sólidos** no Brasil 2018. Disponível em <<http://abrelpe.org.br/download-panorama-2018-2019/>>. Acesso em: 01 jan. 2020.
- ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos sólidos – classificação**. Rio de Janeiro, 2004.
- AB’SABER, A. N. **Ecosistemas do Brasil**. São Paulo: Metalivros, 2006.
- AGOSTINHO, F.; ALMEIDA, C.M.V.; BONILLA, S.H.; SACOMANO, J.B.; GIANNETTI, B. F. Urban solid waste plant treatment in Brazil: is there a net energy yield on the recovered materials?. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 73, 2013. p. 143-155.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 4 ed. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2004. 117 p.
- ANDRIOLO JL; DUARTE TS; LUDKE L; SKREBSKY EC. 1999. Caracterização e avaliação de substratos para o cultivo do tomateiro fora do solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 3, p. 215-219, nov. 1999.
- BARATTA JUNIOR, A. P. **Utilização do composto de resíduos da poda da arborização urbana em substratos para produção de mudas**. 2007. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Curso de Pós-graduação em Agricultura Orgânica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acesso em: 31 jan. 2020.
- BRASIL. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. **Versão preliminar para consulta pública**. **Setembro de 2011**. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf. Acesso em: 10 jan. 2020.
- BRASIL. **Resolução CONAMA nº 481**, de 3 de outubro de 2017. Estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, e dá outras providências. Brasília, 2017.
- BRITO, T. A. S.; ALVES, M.S.; AUDINO, V.; BRITO, L.E.P.F.; BRITO, S.L.; CASTANHEIRA, M. A.; CASTRO, N. L. M.; DOTOLI, S. L.; FERREIRA, A. S.; GRAPSA, E.; LEYH, W.; MARCATTI, G. E.; MENDIONDO, M. E.; MENEZES, E.; MENEZES, L. C.; OLIVEIRA, C. G.; SANTOS, C. A.; SAPORETTI, A.; TIEPPO, S. J.; ZAFFANI, A. G. **Diagnóstico de Microbacias para a Sustentabilidade**. Termo de Cooperação Técnica nº 17.049/2011, firmado entre SECTES, FAPEMIG, FAUF e UNESCO HIDROEX. 2011.

CARDOSO, G. V.; ROSA, C. A. B.; GUARIENTI, A. F.; PEDRAZZI, C.; SOUZA, M.C.H.; FRIZZO, S. M. B.; FOELKEL, C. E. B. Adequação de metodologia amostral de madeira de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus globulus* para determinação do teor de cinzas. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CELULOSE E PAPEL, 34., 2001, São Paulo. **Anais...** 34º Congresso Anual de Celulose e Papel, 2001.

COSTA, Luiz Antônio de Mendonça et al.. Avaliação de substratos para a produção de mudas de tomate e pepino. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 5, p. 675-682, out. 2013. Disponível em <<https://www.scielo.br/pdf/rceres/v60n5/11.pdf>>. Acesso em 27 dez. 2019.

CORTEZ, L. C. **Estudo do potencial de utilização da biomassa resultante da poda de árvores urbanas para a geração de energia - estudo de caso: AES ELETROPAULO**. 2011. 246p. Tese (Doutorado em Energia) – Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

CRAVO, M. S.; MURAOKA, T.; GINÉ, M. F.. Caracterização química de compostos de lixo urbano de algumas usinas brasileiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 547-553, set. 1998. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06831998000300021&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 12 dez. 2019.

EPAMIG, BRASIL. **Agroecologia**. v.24 –n 220, Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 2003. 97 p.

FAN, Y.V.; LEE, C.T.; KLEMES, J.J.; CHUA, L.S.; SARMIDI, M.R.; LEOW, C.W. Evaluation of effective microorganisms on home scale organic waste composting. **Journal of Environmental Management**, p. 1-8, 2017.

FERNANDES, Lucimara Batista et al. Influência da torta de mamona nas características químicas do solo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 6, n. 3, p. 156-159, jul. 2011.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: Processos Ecológicos em Agricultura Sustentável**. Trad. GUAZZELI, M. J. Porto Alegre: UFRGS, 2005. 653 p.

GLIESSMAN, S. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 2000.

GONÇALVES, N. **A extensão como uma das funções básicas da universidade**. Fortaleza: UFC, 1972.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M.. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 156 p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2010: Características da população e dos domicílios**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. 270 p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa nacional por amostra de domicílios (PNAD)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres Ltda, 1985. 492p.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem**: maturação e qualidade do composto. Piracicaba: Editado pelo autor, 1998. 171p.

LI, Zhentong et al. Experimental and modeling approaches for food waste composting: A review. **Chemosphere**, [s.l.], v. 93, n. 7, p.1247-1257, out. 2013.

MMA, Secretária de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. **Manual para Implantação de Compostagem e de Coleta Seletiva no Âmbito e Consórcios Públicos**. Brasília, DF. Outubro de 2010.

NOLASCO, A. M. **Resíduos da colheita e beneficiamento da caixeta – Tabelaia cassinoides (Lam.) DC.**: caracterização e perspectivas. 2000. 171p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

PHOTOSCAN. **Agisoft PhotoScan User Manual Professional Edition, Version 1.0. Agisoft. 2014.** Disponível em: <http://www.agisoft.ru/pdf/photoscan_pro_1_0_en.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2020.

SARTORI, V. C.; RIBEIRO, R. T. da S.; PAULETTI, G. F.; PANSERA, M. R.; RUPP, L. C. D.; VENTURIN, E. L. **Cartilha para agricultores, compostagem. Produção de fertilizantes a partir de resíduos orgânicos**. UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL- UCS. Caxias do Sul, 2012, 16 p.. Disponível em: <<https://www.ucs.br/site/midia/arquivos/cartilha-agricultores-compostagem.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2020.

SEMMA, Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Frutal. **Depósito de galhadas**. 2019. Disponível em: <<https://www.frutal.mg.gov.br/amb/residuosGalhada.html>>. Acesso em: 23 dez. 2019.

SILVA, J. C.; MATOS, J. L. M.; SILVA OLIVEIRA, J. T.; EVANGELISTA, W. V. Influência da idade e da posição ao longo do tronco na composição química da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, n. 3, p. 455-460, 2005.

SOUZA, C. L. L.. **Compostagem para tratamento da parcela facilmente degradável dos resíduos sólidos domésticos rejeitada nos processos de triagem de inertes**. 2014. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2014.

TEIXEIRA, L.B.; GERMANO, V.L.C.; OLIVEIRA, R.F. de; FURLAN JÚNIOR, J. **Processo de Compostagem a Partir de Lixo Orgânico Urbano e Caroço de Açaí**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 8p.

VAN HEERDEN, I. et al.. Microbial, chemical and physical aspects of citrus waste composting. **Bioresource Technology**, [s.l.], v. 81, n. 1, p.71-76, jan. 2002.