

III-041 - ANÁLISE TÉCNICA DA COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS PROVENIENTES DA ARBORIZAÇÃO E PAISAGISMO: ESTUDO EM UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Isabela Salgado Vargas ⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Mestranda em Saneamento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Efetiva da Prefeitura de São João del-Rei - MG.

Samuel Rodrigues Castro ⁽²⁾

Bacharel em Química Industrial pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Mestre pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG. Professor Adjunto da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

Endereço⁽¹⁾: Rua José Lourenço Kelmer, s/n - São Pedro - Juiz de Fora - MG - CEP: 36036-900 - Brasil - Tel: +55 (32) 98503-7972 - e-mail: isabela.vargas@engenharia.ufjf.br

RESUMO

Visando viabilizar a compostagem de resíduos secos, este trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade técnica da compostagem de resíduos de poda, capina, varrição e roçada analisando os efeitos observados nos parâmetros físico-químicos inerentes ao processo, em escala piloto. Também foi analisada a necessidade de revolvimentos periódicos. Para isso três leiras de compostagem em sistema aberto foram avaliadas na Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), e monitorados os parâmetros de temperatura, pH, sólidos voláteis e carbono orgânico, umidade, nitrogênio total Kjeldahl (NTK) e relação carbono/nitrogênio (C/N) durante 116 dias. Como resultado, foi proposto a instalação de 26 locais fixos de armazenamento temporário (LAT) a fim de facilitar a logística de armazenamento e transporte dos resíduos dentro do campus, economizando cerca de 2 a 3 viagens por semana, além de até 12 horas de trabalho e de até 75 km rodados pelo caminhão semanais. Como área necessária para suprir a demanda de destinação final ambientalmente adequada dos resíduos de poda, capina, varrição e roçada da UFJF, calculou-se cerca de 714 m², ou seja, apenas 5% dos 13.409 m² disponíveis para o pátio de compostagem no Campus de Juiz de Fora. Além disso, obteve-se resultados de alto teor de nitrogênio inicial das amostras, de 1,5%, o que resultou em uma relação C/N inicial de 26,6, ou seja, dentro do recomendado pela literatura. Assim, concluiu-se que não era pertinente a adição de suplemento de nitrogênio nas leiras de compostagem. O pH resultante do processo foi de aproximadamente 7, indicando um composto semimaturado, resultado corroborado pela relação C/N final maior que 20. Quanto aos demais parâmetros analisados, nem todos alcançaram valores recomendados como ideais pela literatura, fato recorrente em experimentos realizados em escala maior. Diante disso, recomenda-se maior controle operacional do processo com definição de ao menos um operador responsável pelo manejo da compostagem diário, além de análise de germinação para confirmação da qualidade do composto produzido. Em nenhum parâmetro houve diferença significativa entre as pilhas com revolvimento e sem revolvimento, indicando que sua ausência não foi um fator impeditivo para a compostagem. Dessa forma, o estudo concluiu ser viável tecnicamente o uso da compostagem como método de destinação ambientalmente adequado dos resíduos de capina, varrição, poda e roçada gerados no campus universitário.

PALAVRAS-CHAVE: Adubo orgânico, Gestão de resíduos, Matéria orgânica, Resíduo de Limpeza Urbana, Revolvimentos.

INTRODUÇÃO

A gestão de resíduos sólidos produzidos no meio urbano se tornou um dos mais sérios problemas ambientais vividos pela humanidade (VALE, 2016; Da SILVA, ROCHA & Da SILVA *et al.*, 2018; SOARES *et al.*, 2018; MOSER *et al.*, 2021). Sendo assim, um dos maiores desafios do poder público atual é a gestão urbana dos resíduos sólidos gerados, principalmente devido à sua grande variedade de composição e volume, que muitas vezes demandam destinações e disposições diversas (BIDONE, 2001; CORTEZ, 2011; ROCHA *et al.*, 2015; MAGALHÃES, 2018).

Os resíduos de poda, varrição, capina e roçada, também chamados de resíduos provenientes da arborização e paisagismo urbano, representam uma considerável fração dos resíduos orgânicos gerados em um município (BENITO, *et al.*, 2006; PMF, 2012; PGIRS, 2014; ROCHA *et al.*, 2015; VALE, 2016; REYES-TORRES *et al.*, 2018; PMGIRS, 2020; BUGNI *et al.*, 2020). Em São Paulo são geradas cerca de 137 toneladas de poda por dia, podendo chegar a 50 mil toneladas (galhos e troncos) anuais, cerca de 0,7% dos resíduos totais gerados na cidade (PGIRS, 2014; ROCHA *et al.*, 2015). Já em Natal - RN, os resíduos da arborização correspondem a aproximadamente 2,9% dos resíduos sólidos urbanos totais do município, totalizando 36 toneladas de podas por dia geradas (VALE, 2016). No Rio de Janeiro, segundo a Diretoria Técnica e de Logística da COMLURB (Companhia Municipal de Limpeza Urbana), são gerados aproximadamente 30 t/dia de resíduos de poda pela empresa (BUGNI *et al.*, 2020). E de acordo com o Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos de Juiz de Fora (MG), em 2020 o município gerava aproximadamente 8,2 toneladas diárias na atividade de varrição, 1,1 toneladas no corte e poda de árvores, e mais 5,9 toneladas na capina e roçada, correspondendo a aproximadamente 0,4% de todos os resíduos sólidos gerados no município (PMGIRS, 2020).

Devido às características físicas e de volume que inviabilizam a compactação desses resíduos, comprometendo seu manejo, diversos municípios encontram grandes dificuldades à sua disposição e transporte (MEIRA, 2010; REYES-TORRES *et al.*, 2018; MANGUEIRA, GOMES & SOUSA, 2019). Nesse contexto, esses resíduos chamam especial atenção por apresentarem grande potencial de aproveitamento que, na maioria dos casos, não é gerenciado de forma adequada (ROCHA *et al.*, 2015; SOARES *et al.*, 2018; LI *et al.*, 2022).

A fim de propor soluções para essa problemática pode-se citar as oportunidades de aproveitamento dos resíduos vegetais maiores, e uso da compostagem, que aproveitaria até 69% desses materiais, que são galhos finos e folhas (ROCHA *et al.*, 2015; MAGALHÃES, 2018). A compostagem dos resíduos de poda, varrição, capina e roçada apresenta várias vantagens se comparada à disposição desses resíduos em aterros sanitários:

- ajuda no fechamento dos ciclos biogeoquímicos, melhora a escassez dos recursos naturais, auxilia na retenção de umidade e na melhoria da textura do solo (CORTEZ, 2011; COTTA *et al.*, 2015; MAGALHÃES, 2018; AYILARA *et al.*, 2020; CESTONARO, BARROS & MATOS, 2022);
- pode servir como substrato para utilização em áreas agrícolas, produção de mudas, paisagismo, pode ou recuperação de áreas degradadas (UFPB, 2020; AYILARA *et al.*, 2020);
- é um processo de baixo custo e traz valorização de um resíduo que muito provavelmente seria apenas disposto em aterro (MEIRA, 2010; SOUSA JÚNIOR, 2011; MAGALHÃES, 2018);
- evita a poluição do meio ambiente ao evitar que sejam emitidos alguns gases de efeito estufa e subprodutos como sulfeto de hidrogênio e ácido sulfídrico, resultados de reações químicas que podem ser formados em aterros sanitários, lixões ou na incineração. Além disso, evita a contaminação por chorume/lixiviado gerado em aterros (IPCC, 1995; ROCHA *et al.*, 2015; AYILARA *et al.*, 2020; BUGNI *et al.*, 2020; GOMES, 2021; LI *et al.*, 2022);
- diminui gastos com transporte de resíduos para os aterros, diminui área necessária para disposição dos resíduos em aterros, e aumenta consequentemente sua vida útil (MEIRA, 2010; MAGALHÃES, 2018; AYILARA *et al.*, 2020; UFPB, 2020; CESTONARO, BARROS & MATOS, 2022).

Mesmo sendo observados alguns casos de encaminhamento dos resíduos de arborização e paisagismo urbano para os serviços de compostagem, essas são ações isoladas e muitas vezes insuficientes para dar uma destinação correta a todos os resíduos da arborização. Além disso, não há investimentos na infraestrutura e na valorização desses resíduos, e nem mesmo um modelo logístico para sua coleta, processamento e distribuição dos produtos (MEIRA, 2010).

Sendo assim, até os dias atuais no Brasil, a destinação final dessa tipologia de resíduos, tem sido, predominantemente, a disposição nos aterros sanitários, lixões, terrenos baldios ou uso para queima (PLANARES, 2020; BORKOWSKI, 2022), visto que, sob análise superficial, são métodos mais simples e com menores custos quando comparados a outras técnicas de disposição final ambientalmente adequadas (SOUSA JÚNIOR, 2011; COTTA *et al.*, 2015; PLANARES, 2020).

Dentro dos campi das universidades a problemática não se difere, uma vez que esses espaços normalmente apresentam grandes áreas arborizadas que necessitam de adequado gerenciamento dos seus resíduos vegetais gerados (SOARES *et al.*, 2018; MAGALHÃES, 2018; UFPB, 2019; SANTANA, 2022).



Assim, ao perceber-se a necessidade emergente de pesquisas que aperfeiçoem e expandem a prática da compostagem (BARTHOD *et al.*, 2018; GUILAYN *et al.*, 2020; AYILARA *et al.*, 2020; FAGUNDES *et al.*, 2021; CESTONARO, BARROS & MATOS, 2022), esse trabalho visa avaliar a viabilidade técnica do aproveitamento de poda, varrição, capina e roçada através da compostagem seca, objetivando auxiliar empresas públicas e privadas, além de instituições de educação de ensino básico ao superior, a implementar processos de compostagem seca de resíduos provenientes da arborização e paisagismo urbano.

OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é avaliar a viabilidade técnica da compostagem de resíduos de poda, capina, varrição e roçada, analisando os efeitos observados nos parâmetros de temperatura, pH, sólidos voláteis e carbono orgânico, umidade, nitrogênio total Kjeldahl (NTK) e relação carbono/nitrogênio (C/N) ao longo do processo, em escala piloto.

MATERIAIS E MÉTODOS

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) é uma universidade pública, sediada em Juiz de Fora (MG). Posiciona-se como um polo científico e cultural de uma região de mais de três milhões de habitantes e está classificada entre as melhores universidades da América Latina. O local de estudo possui latitude 21° 46' 37.0" S, longitude 43° 22' 21.1" W e altitude de 920 m, de acordo com a classificação climática de Köppen, apresenta clima tropical de altitude (Cwa), com temperatura média de 18,9° C e pluviosidade média de 1.536 mm. O solo predominante é do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (FEAM, 2010).

OBTENÇÃO DOS DADOS

Para o estudo dos resíduos da poda, varrição, capina e roçada da UFJF, foi realizado o acompanhamento das ações junto à Pró-Reitoria de Infraestrutura e Gestão (PROINFRA). As informações apresentadas foram obtidas através de observações físicas e presenciais. Procedeu-se com conversas e coletou-se materiais disponibilizados por colaboradores da PROINFRA. Além disso apurou-se informações públicas disponíveis em sites oficiais da UFJF e em publicações de artigos periódicos a fim de subsidiar o trabalho. Após a alocação das leiras de compostagem, no período de maio a outubro de 2022 foi feito monitoramento diário e semanal dos parâmetros estudados e registros fotográficos das leiras.

Já com relação aos procedimentos de análises laboratoriais, semanalmente foram coletadas amostras para obtenção dos dados de pH, umidade, nitrogênio total Kjeldahl, carbono orgânico e sólidos. Estas análises foram realizadas no Laboratório de Qualidade Ambiental (LAQUA) da UFJF. E em três momentos da compostagem, sendo uma no início do processo, outra por volta de 50 dias de compostagem, e outra ao final do processo, com o composto maturado (116 dias de compostagem), amostras foram enviadas para um laboratório externo à UFJF, para obtenção das análises de carbono total, nitrogênio total e hidrogênio total em massa bruta.

Em ambos os casos as amostras foram coletadas em três profundidades (topo, meia altura e base da leira) e para cada profundidade era coletada uma alíquota, em quatro diferentes pontos da leira equidistantes, totalizando 12 amostras em cada leira, conforme recomenda NBR 10.007 (ABNT, 2004) de amostragem de resíduos sólidos.

CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi realizado em área aberta de 13.409 m². Os resíduos foram provenientes das atividades de poda, capina, varrição e roçada da Universidade Federal de Juiz de Fora. Para avaliação da necessidade ou não de revolvimento, propôs-se a construção de três leiras, sendo a primeira sem revolvimento, chamada leira 1; e a segunda e terceira com revolvimento, chamadas leiras 2 e 3 respectivamente (Figura 1).



Figura 1: Leiras 1, 2 e 3 no pátio de compostagem.

Para montagem das leiras do tamanho desejado, necessitou-se de três caminhões de resíduos da UFJF para cada leira. A fim de obter um equilíbrio na implementação das leiras quanto ao tempo, seguiu-se o seguinte cronograma (Tabela 1) a partir de uma amostragem composta:

Tabela 1: Cronograma utilizado na montagem das três leiras de compostagem.

| LEIRA 1 | LEIRA 2 | LEIRA 3 |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Terça-feira (17/05/22) | Quarta-feira (18/05/22) | Quinta-feira (19/05/22) |
| Quinta-feira (26/05/22) | Terça-feira (24/05/22) | Quarta-feira (25/05/22) |
| Quarta-feira (01/06/22) | Quinta-feira (02/06/22) | Terça-feira (31/05/22) |

Formato e tamanhos das composteiras

As composteiras foram construídas em formato de leiras com revolvimento manual, exceto leira 1, sem revolvimento. Esse método tem como vantagem ser de baixo custo, simples, ter maior flexibilidade operacional e possibilitar a homogeneização do teor de umidade das misturas devido ao revolvimento (BIDONE, 2001; SOUSA JÚNIOR, 2011; PROSAB, s.d.; CORTEZ, 2011). A aeração manual é interessante pois favorece a atividade microbiana e quebra adicional das partículas. Nesse sistema, a aeração é fornecida pelo revolvimento e pela convecção e difusão do ar na massa de resíduos (GOMES, 2021). Além disso, a desvantagem maior desse método é o requerimento de grandes áreas, que não é um problema para a UFJF, já que há a disponibilidade de um pátio para a confecção das composteiras de aproximadamente 13.409m².

O tamanho das leiras de compostagem é um parâmetro muito importante a ser definido, já que interfere tanto na manutenção da temperatura quanto na troca de gases dentro da leira de compostagem. Quando a leira de compostagem é muito pequena, o calor criado pelo metabolismo dos microorganismos ali presentes se dissipa muito rapidamente e o material não se aquece, além de poder ocorrer grande perda de umidade. Enquanto que, quando se trabalha com grandes volumes, o calor se acumula no interior da leira podendo alcançar temperaturas elevadas, em razão destes materiais serem bons isolantes térmicos, além do fato de que pode ocorrer compactação prejudicando a troca de gases e aumentando o tempo de compostagem (PEIXOTO, 2005; BARATTA JÚNIOR, 2007).

Pelo fato de a composteira ter sido construída na época de seca (meses de junho a setembro), e por questões de operabilidade, optou-se por construir as leiras em formato trapezoidal com dimensões aproximadas de 1,6m de altura por 2,5m de largura e 6,5m de comprimento. A distância entre as leiras foi de 0,5m, para permitir os revolvimentos manuais e passagem dos operadores. Tais definições tiveram como base recomendações e experiências de Souza *et al.* (2001), Peixoto (2005), Pereira Neto (2007), PROSAB (s.d.) e Sousa Júnior (2011).

Triagem dos resíduos

No serviço de varrição, capina e roçada da UFJF é feita preliminarmente uma coleta de materiais inorgânicos que não sejam provenientes de vegetais. A segregação é realizada por retirada manual ou com auxílio de um espeto artesanal fabricado no Campus. Esses materiais separados são acondicionados em sacos plásticos e destinados à coleta de resíduos sólidos.

PARÂMETROS

Condições climáticas durante o experimento

Por se tratar de compostagem a céu aberto, com leiras que são susceptíveis a chuvas, radiação solar, vento, evapotranspiração, entre outros fenômenos meteorológicos, fez-se necessário o monitoramento dos registros de precipitação, radiação, vento e evapotranspiração, uma vez que podem influenciar nos resultados obtidos. Os dados foram obtidos pelo site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), da estação meteorológica A518 localizada na Universidade Federal de Juiz de Fora, a cerca de 250 m de distância das leiras de compostagem. O período analisado foi de 17 de maio a 30 de setembro de 2022.

Temperatura

As temperaturas foram monitoradas diariamente, exceto aos finais de semana e feriados, com o auxílio de uma sonda com 1 metro de altura, e de um termômetro de haste metálica de 50 cm de altura. As amostras eram coletadas em três profundidades (topo, meia altura e base da leira) e para cada profundidade era medida em quatro diferentes pontos da leira equidistantes, conforme NBR 10.007 (ABNT, 2004) de amostragem de resíduos sólidos e semelhante ao que foi feito por Kiehl (1985), Baratta Júnior (2007), Meira (2010) e CWM (1996), de modo a obter-se 12 valores representativos para cada leira amostrada. Vale lembrar que se penetrou a sonda obliquamente nas leiras e deixou-se no lugar por tempo suficiente para que a leitura se estabilizasse para, em seguida, movê-la para um novo local. Estas medições foram feitas diariamente por volta do meio dia. Para registro gráfico destas temperaturas, foi adotada a temperatura máxima obtida nas medições, assim como Sousa Júnior (2011) e Bortolini (2018).

Umidade, Revolvimento (aeração) e Umidificação

Realizou-se o monitoramento da umidade semanalmente, em duplicata, seguindo metodologia disponibilizada no Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizante e corretivos - MAPA (2017).

O processo de umidificação e revolvimento ocorreram juntos, para evitar o acúmulo de umidade na leira, para que a água não caminhe por canais preferenciais, e para que os restos vegetais, em fase de decomposição absorvam melhor a água (CORTEZ, 2011; SOUZA *et al.*, 2001). Assim, o revolvimento e a reposição de umidade ocorreram sempre que a temperatura aparentava acima de 65°C, ou que a umidade aparentava abaixo de 50%, o que ocorreu aproximadamente uma vez por semana por 8 semanas, e após, apenas uma vez ao mês, semelhante ao que foi feito por Migot *et al.* (2019), Cotta *et al.* (2015), Meira (2010), e Baratta Júnior (2007). Para a leira sem revolvimento, foi adotado os mesmos dias, só que houve apenas umidificação.

pH

Realizou-se o monitoramento com um pHmetro (mPA210 MS - TecnoPON) semanalmente em duplicata, seguindo metodologia disponibilizada no Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizante e corretivos - MAPA (2017) e também utilizada por CENBIO (2008), Meira (2010), Cotta *et al.* (2015) e Migot *et al.* (2019). Mediu-se o pH da solução da amostra pela inserção cuidadosa do eletrodo de forma que este se mantenha no nível da solução, sem entrar em contato com algum material decantado da amostra.

Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK)

Realizou-se o monitoramento de nitrogênio total Kjeldahl semanalmente, em duplicata, seguindo metodologia de Ribeiro (2010), adaptada de WHO (1978) e também utilizada por Sousa Junior (2011), Baratta Júnior

(2007) e Cotta *et al.* (2015). O nitrogênio total foi determinado pelo método Kjeldahl, que obtém o valor do nitrogênio total Kjeldahl (NTK) que é a soma do nitrogênio orgânico (N_{org}) com o amoniacal ($N-NH_4^+$).

Carbono orgânico, sólidos fixos e voláteis

Realizou-se o monitoramento de carbono orgânico e sólidos fixos e voláteis semanalmente, em duplicata, seguindo metodologia de CWMI (1996) e WHO (1978) para estimar a porcentagem de carbono com base no teor de sólidos voláteis. Isso ocorreu devido às limitações da LAQUA associadas à determinação de matéria orgânica por combustão. Dessa forma, a avaliação da fração orgânica de fertilizantes e materiais orgânicos foi feita através de seu constituinte principal, o carbono orgânico.

O teor de sólidos voláteis (SV) é determinado por calcinação de uma amostra e são representados pelos componentes (principalmente carbono, oxigênio e nitrogênio) que, quando levados a temperaturas elevadas de 500-600°C, queimam, oxidando, deixando apenas as cinzas (principalmente cálcio, magnésio, fósforo, potássio e outros elementos minerais que não oxidam). Este parâmetro define o teor de matéria orgânica dos resíduos e a estabilização do produto final (CWMI, 1996; PROSAB, s.d).

Relação Carbono/Nitrogênio (C/N)

A relação C/N é considerada como um parâmetro para caracterização do grau de maturação de adubos orgânicos (RODELLA & ALCARDE, 1994). Para a maioria dos materiais biológicos, o teor de carbono está entre 45% a 60% da fração de sólidos voláteis. Assim, assumindo 52% de acordo com metodologia de WHO (1978) - Methods of analysis of sewage sludge solid wastes and compost, obtém-se o teor de carbono das amostras pela multiplicação do teor (52%) pelos sólidos voláteis (SV).

A fim de se realizar análises complementares, obteve-se amostras de carbono e nitrogênio em três momentos da compostagem, sendo uma no início do processo, outra por volta de 50 dias de compostagem, e outra ao final do processo, com o composto maturado (116 dias), que foram enviadas a um laboratório externo.

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A fim de respaldar os resultados obtidos e auxiliar na comparação entre as composteiras com e sem o revolvimento serão analisados a existência de possíveis diferenças significativas, a 95% de confiança, entre os processos citados. Para isso, verificar-se-á a aderência das distribuições à distribuição normal pelo teste Shapiro-Wilk (TORMAN *et al.*, 2012). Dependendo-se do resultado encontrado, aplicar-se-á o teste de Wilcoxon-Mann-Whitney (Mann & Whitney, 1947), no caso de não aderência à distribuição normal, ou o teste de t-Student (Kalpić; Hlupić; Lovrić, 2011) no caso de aderência. As análises estatísticas mencionadas serão realizadas com o auxílio do software STATISTICA 8 (Statsoft, 2007).

RESULTADOS OBTIDOS

GERENCIAMENTO ATUAL DOS RESÍDUOS DE PODA, VARRIÇÃO, CAPINA E ROÇADA DA UFJF

O campus da UFJF possui uma extensa área verde que propicia uma saúde ambiental favorável para a comunidade acadêmica e visitantes da instituição, sendo referência na região em ensino, pesquisa e lazer (UFJF, 2021b). Essa área verde possui remanescentes florestais dentro de seu espaço físico, as quais geram um grande número de resíduos, constituídos por folhas, flores e frutos, que caem nas vias, além de galhos oriundos da poda controlada das árvores e procedentes do corte de gramas de forma manual e/ou mecanizada.

A gestão desses resíduos verdes gerados na UFJF fica a cargo da A Pró-Reitoria de Infraestrutura e Gestão (PROINFRA), que realiza os serviços de manutenção de parques e jardins, além de administrar as ações de sustentabilidade, bem como a ocupação e o uso das áreas da UFJF (UFJF, 2021b).

De acordo com informações disponibilizadas pelo Portal da Transparência (PORTALDATRANSPARÊNCIA, 2022), a execução dos serviços de campo é realizada em conjunto com uma empresa de engenharia contratada, sendo atualmente a Tekno Sistemas de Engenharia LTDA. Todas as requisições de serviços são feitas através do Sistema Integrado de Gestão Acadêmica (SIGA) (UFJF, 2021c). Serviços como plantio, corte e poda de

árvores são solicitadas através de demanda, enquanto que as atividades de capina, roçada e de varrição são rotineiras, executadas diariamente, seguindo um cronograma anual pré-estabelecido pelo setor.

Com relação ao material vegetal, proveniente de resíduos de poda, varrição, capina e roçada, até o ano de 2021, esse era agrupado em pequenos montes no interior dos canteiros ou gramados e em seguida, era coletado por dois colaboradores em uma lona que, quando cheia, era arrastada para a borda da calçada, próximo ao arruamento, e então eram feitos montes maiores para posterior recolhimento, realizado por outra equipe, com um caminhão caçamba (Figura 2).

Um caminhão caçamba com capacidade de 8 m³ é utilizado para o recolhimento dos resíduos, que são carregados e compactados com os pés pelos trabalhadores responsáveis pelo recolhimento e colocados de forma a ultrapassar a linha limite da caçamba. O caminhão é então coberto com uma lona para transporte.

Após esta etapa, os resíduos provenientes da arborização e paisagismo da UFJF são destinados a um terreno na zona rural do município que dista aproximadamente 20 km do campus, localizado às margens da BR-040. O mesmo caminhão do tipo caçamba que recolhe os resíduos dentro da UFJF é responsável pelo transporte deste resíduo ao destino final, sendo necessárias, em média, duas viagens por dia para disposição de todo o volume gerado de resíduos. Assim, o caminhão caçamba percorre aproximadamente 80 km diariamente para a disposição dos resíduos verdes. Neste trajeto ocorre gasto com o combustível e manutenção do caminhão, mão de obra do motorista e dispêndio de tempo, de aproximadamente 60 minutos por viagem (ida e volta), ou seja, duas horas por dia.



Figura 2: Armazenamento atual dos resíduos verdes.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A tomada de decisão sobre as técnicas de tratamento, as escolhas de local de implantação, a quantidade a ser tratada, entre outras definições, dos resíduos de poda, capina, varrição e roçada a ser utilizada em uma prefeitura, universidade ou outro empreendimento é um processo multidimensional. É importante que se leve em conta, dentre outras coisas, a projeção de expansão da ação proposta; dados qualitativos e quantitativos dos resíduos produzidos; as alternativas de coleta, armazenamento, transporte, tratamento e destinação final de resíduos; e instalações de apoio e equipamentos necessários (PROSAB, s.d.; PEIXOTO, 2005; SOARES *et al.*, 2018).

GERENCIAMENTO PROPOSTO PARA OS RESÍDUOS DE PODA, VARRIÇÃO, CAPINA E ROÇADA

Alternativas de coleta, armazenamento e transporte de resíduos

Visando facilitar a operacionalidade do serviço de poda, capina, varrição e roçada, propôs-se juntamente à PROINFRA que esses resíduos fossem varridos, transportados em carrinhos de mão do tipo Girica, e agrupados em locais fixos de armazenamento temporário, denominados de LAT. Dessa forma evita-se que

montes de resíduos verdes fiquem espalhados pelo Campus, e que porventura, ocupem espaços de calçada, como havia sendo feito.

Outro ganho é que, com a nova proposta, os resíduos podem ficar acumulados por cerca de uma semana, diminuindo a frequência de uso do caminhão caçamba, evitando seu transporte diário e consequentemente trazendo benefícios financeiros e ambientais, além de redução de custos técnicos com equipamentos, transporte e mão de obra (Figura 3).



Figura 3: Fluxograma dos processos de gerenciamento dos resíduos verdes da UFJF.

Um quantitativo de 26 locais de armazenamento temporário - LAT (Figura 4) estão sendo alocados estrategicamente em vários pontos distribuídos dentro do campus, para que ocorra a coleta pelo caminhão, com frequência semanal, e transporte até o pátio de compostagem (alocado dentro da própria instituição).



Figura 4: Locais fixos de armazenamento temporário implantados.

Os armazenamentos temporários foram construídos visando o aproveitamento de materiais disponíveis na própria instituição. No anel viário, pórtico sul e reitoria os armazenamentos temporários foram construídos com o aproveitamento de bancos de concreto armado que se encontram em sobrestado na instituição. Nos demais pontos do campus o material foi de telhas ecológicas na cor verde e mourão de eucalipto para a sustentação. Para efeito estético, ainda serão plantadas na frente dos LAT, principalmente nos que estão em áreas mais movimentadas da instituição, mudas de Maricá que são popularmente conhecidas como cerca viva.

Quanto ao banco de funcionários, para o andamento satisfatório do manejo dos resíduos verdes da UFJF, necessita-se de uma equipe técnica qualificada. Assim, prevê-se atualmente necessidade, diariamente, de 20 profissionais (Tabela 2) responsáveis pela varrição da via pública no campus da UFJF, em especial as áreas verdes, e roça mecanizada e manual de matos e gramas. Os resíduos provenientes da varrição são constituídos por folhas, flores, frutos, que caem nas vias, além de galhos oriundos da poda controlada das árvores e resíduos procedentes do corte de gramas manual e/ou mecanizada. Além da varrição o profissional faz o transporte do resíduo em carrinhos do tipo girica até os LAT.

Tabela 2: Dimensionamento da equipe do sistema de manejo dos resíduos de poda, varrição, capina e roçada da UFJF, após implementação da compostagem.

| COLABORADOR | QUANTIDADE | FREQUÊNCIA |
|---|------------|------------|
| Equipe de poda, varrição, capina e roçada | 20 | Diária |
| Coletadores | 4 | Semanal |
| Motorista | 2 | Semanal |
| Operador de compostagem | 1 | Semanal |

Os resíduos serão recolhidos por uma equipe de quatro trabalhadores, responsáveis pelo carregamento manual dos LAT até o caminhão caçamba e deste até o pátio de compostagem. O transporte fica encarregado dos motoristas, profissionais responsáveis pela operação de veículos pesados do tipo caminhão caçamba e afins. Frequentemente será necessária a operação de outras máquinas como pá carregadeira de rodas ou retroscavadeira/carregadeira compacta. Essa necessidade dá-se pela escolha do revolvimento manual, necessário sempre que houver umidificação das leiras de compostagem. Para essa finalidade necessita-se de dois operadores.

Como propôs-se a rota de coleta semanal, ambos os colaboradores (coletadores e motoristas) trabalharão com a frequência semanal, como está exposto na Tabela 2. Assim, diariamente são acumulados cerca de 10 a 12m³ de resíduos verdes nos locais de armazenamento temporário.

Por fim, para manejo direto das leiras de compostagem, como revolvimento, umidificação e monitoramento de parâmetros essenciais, prevê-se inicialmente, apenas um operador. Assim, a única demanda adicional, comparada à demanda de manejo dos resíduos verdes atuais na UFJF, que o sistema de compostagem irá requerer, com relação ao número de funcionários, é de um operador.

Alternativas de tratamento dos resíduos e alternativas locais da implantação do pátio de compostagem

A Universidade Federal de Juiz de Fora dispõe de uma área (platô) de 13.409 m² subutilizada localizada dentro do próprio campus, próximo à PROINFRA. O local se apresenta afastado dos prédios de aulas garantindo distanciamento necessário por medidas de estética e de segurança, e foi alocada uma caixa d'água próximo ao platô, que já apresenta impermeabilização por pavimento asfáltico (Figura 5).



Figura 5: Localização do pátio de compostagem no campus da UFJF.

Por fim, o plantio de árvores no perímetro da estação é uma medida benéfica, pois, além de impedir que o vento transporte odores para a vizinhança, caso isso ocorra momentaneamente, cria uma barreira verde tornando a paisagem mais agradável. No caso da UFJF, o local escolhido para o pátio de compostagem já apresenta distanciamento das áreas e prédios utilizados, além de ser cercada por árvores que auxiliam no quesito odor e paisagismo.

Quantidade final do composto gerado

Considerando a utilização dos LAT, que acumulam os resíduos por uma semana, e considerando o caminhão disponível para transporte dos resíduos de capacidade de 8 m³, serão necessários cerca de 7 a 8 viagens por semana para levar os resíduos provenientes de poda, capina, varrição e roçada ao pátio da UFJF. Ou seja, uma economia de cerca de 2 a 3 viagens por semana, além de economia de até 12 horas de trabalho e de até 75 km rodados pelo caminhão semanais.

Considerando a composteira de aproximadamente 26 m³, é proposto a construção de duas leiras por semana. E levando em conta o período de 120 dias (17 semanas) para o processo de compostagem, seria necessário um espaço para 34 leiras a fim suprir a demanda da Universidade.

No início do uso da usina de compostagem, com o pátio vazio, o processo se dará com a inclusão de duas leiras por semana, até completo cerca de 120 dias. Após esse momento, a cada semana será destinado cerca de 30 m³ de composto já maturado, com a reposição de mais duas leiras novas com resíduos provenientes de poda e arborização urbana. Assim, o rendimento do pátio de compostagem é de cerca de 30 m³ por semana com peso médio de 3 toneladas, considerando-se uma densidade média de 0,1 g/cm³.

Como o pátio de compostagem atual da UFJF dispõe de 13.409 m², e cada leira ocupa cerca de 21 m² (incluso espaçamento livre entre as leiras para circulação), 34 leiras ocupariam apenas 714 m², ou seja, apenas 5% do espaço disponível.

Qualidade e destinação final do composto

Temperatura

A fim de comparar as composteiras com e sem o revolvimento, foi analisada a existência de possíveis diferenças significativas a 95% de confiança. Após verificar-se a não aderência das distribuições de temperatura à distribuição normal pelo teste Shapiro-Wilk (TORMAN *et al.*, 2012), aplicou-se o teste Mann-Whitney (MANN & WHITNEY, 1947). Com relação ao parâmetro de temperatura, não foi identificada diferença significativa entre os tipos de leiras estudados ($p_{\text{valor}} = 0,0786$).

Além disso, não foi possível identificar, através dos dados de temperatura (Figura 6), as fases da compostagem mesofílica e termofílica (fase de degradação rápida) e de maturação (fase de humificação). Inicialmente, logo após a montagem das pilhas, houve um rápido crescimento da temperatura na leira sem revolvimento (chegando até 52°C), enquanto que a leira com revolvimento manteve-se a temperaturas mais amenas (24,3°C a 38,4°C). Isso pode ter se dado devido à perda de energia muito severa que ocorreu através dos revolvimentos (VALENTE *et al.*, 2009). Logo após as primeiras semanas, as temperaturas das leiras passaram a ter comportamento muito semelhante, aproximadamente constante, sendo observado certa coerência com a temperatura ambiente (Figura 6).

Acredita-se que os três fatos (não haver diferença significativa entre as leiras, dificuldade de observar as fases bem definidas e temperaturas próximas à temperatura ambiente) são causados pela composteira estar localizada a céu aberto, totalmente suscetível à temperatura ambiente. Porém, mesmo assim, pode-se afirmar que houve degradação da matéria orgânica durante o período estudado, representado pelos acréscimos na temperatura interna das leiras (KIEHL, 1998; PEREIRA NETO, 2007; PROSAB, s.d.; AZIM *et al.*, 2018; AFONSO *et al.*, 2021). Isso ocorre porque parte da energia presente nos compostos orgânicos (resíduos compostados) é usada para o crescimento dos microrganismos, enquanto que o restante é liberada como calor. Como resultado, o material que está sendo compostado se aquece, atingindo uma temperatura elevada (SOUZA *et al.*, 2001; PEIXOTO, 2005; PEREIRA NETO, 2007; VALENTE *et al.*, 2009).

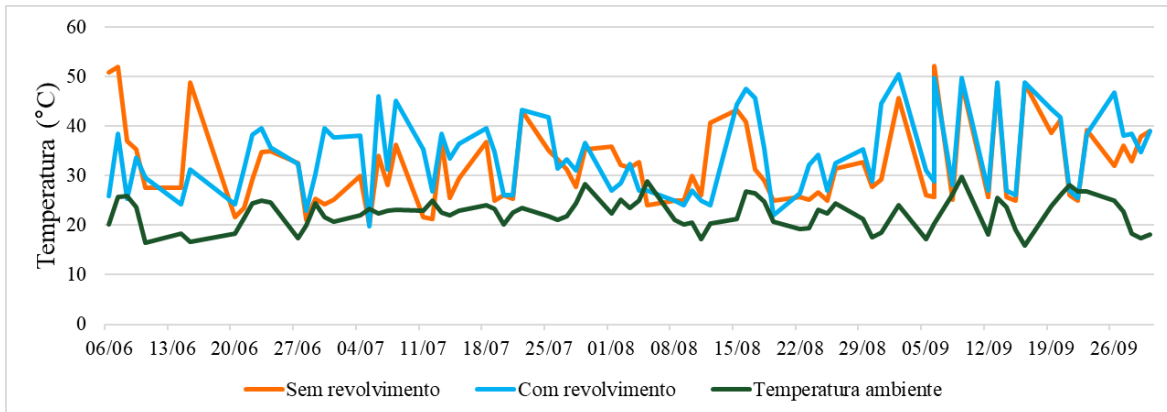


Figura 6: Variação mediana da temperatura, nas leiras com revolvimento e sem revolvimento, e temperatura ambiente, durante a compostagem.

A temperatura das composteiras ficou entre 14°C e 52,2°C, com uma mediana de 23,1°C, não sendo possível inferir se houve eliminação dos organismos patogênicos e sementes indesejáveis, já que, para a Resolução nº 481 (BRASIL, 2017), a temperatura para pilhas ou leiras de compostagem deve manter uma média superior a 55°C por no mínimo 14 dias para essa afirmação. Porém, considerando a origem dos resíduos e a segregação na fonte, o que evita possíveis contaminações cruzadas, há indicativo da eficiência do processo e qualidade do produto final no que se refere a presença de organismos patogênicos. Já a temperatura ambiente variou de 6,5°C até 32,2°C, com mediana de 16,5°C.

A ausência de calor, principalmente nos primeiros dias da compostagem, pode ter diversas causas, como déficit de microrganismos ou baixa colonização do meio; falta de oxigênio pelo excesso de umidade; material de granulometria muito alta, causando lentidão por parte dos microrganismos na degradação (SOUZA *et al.*, 2001; PEREIRA NETO, 2007; AFONSO *et al.*, 2021), entre outros.

Assim, além da influência da temperatura externa, acredita-se que o material de granulometria alta, devido à falta de trituração dos resíduos, e a dificuldade de manutenção da umidade entre 40 e 60% que será melhor abordada no capítulo “Umidade” subsequente, podem ter prejudicado a elevação da temperatura nas leiras de compostagem (AFONSO *et al.*, 2021).

Ademais, a sugestão de incremento de composto em fase de semi-maturação nos resíduos em início de compostagem, abordada anteriormente, pode ser útil para evitar o déficit de microrganismos ou baixa colonização do meio.

Umidade, aeração e revolvimento

Como não pôde ser observado a transição das fases de temperatura da compostagem, não se pode afirmar que houve maior perda de água na fase termofílica do processo, como era de se esperar. Porém, como mostra a Figura 7, a umidade tende a um aumento ao longo das semanas. Assim, pode-se inferir, mesmo sem respaldo da temperatura, que, conforme a decomposição dos materiais avançava, estes foram apresentando uma capacidade maior de retenção de água, diminuindo, portanto, a necessidade de umidificação.

Além disso, nas últimas três semanas houve um aumento substancial da pluviosidade (Figura 7), que elevou a umidade das composteiras, corroborando a diminuição da necessidade de aporte manual de água nas últimas semanas do processo.

No processo de compostagem frequentemente há necessidade de reposição de umidade devido ao próprio metabolismo dos microrganismos, pela perda de água em forma de vapor e devido ao calor gerado no interior das leiras, além da perda de umidade pela ação dos ventos e pelo calor do sol (PEREIRA NETO, 1987; SOUZA *et al.*, 2001; BIDONE, 2001; PEIXOTO, 2005; SOUSA JÚNIOR, 2011). E, por ser a compostagem

um processo biológico, a água é fundamental para as necessidades fisiológicas dos microrganismos que participam da decomposição do material orgânico (PEREIRA NETO, 2007; SOUSA JÚNIOR, 2011).

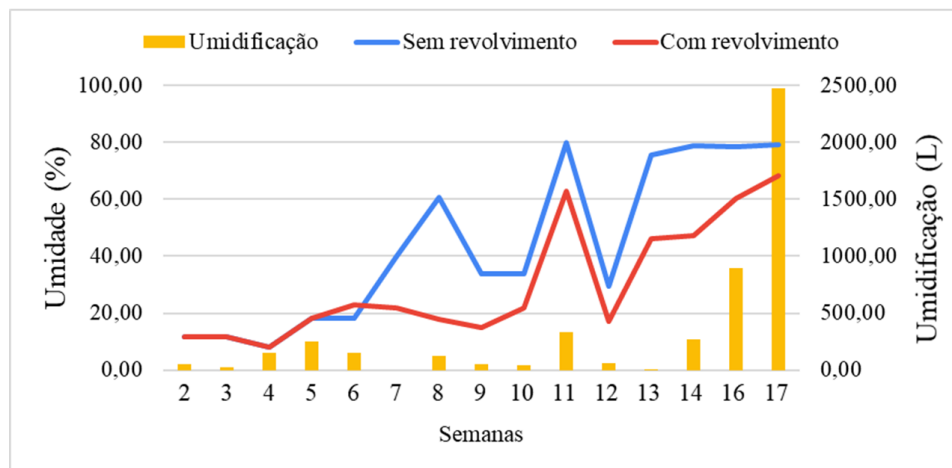


Figura 7: Variação mediana da umidade nas leiras com revolvimento e sem revolvimento, durante a compostagem.

Porém, mesmo com o aporte manual semanal de água nas 6 primeiras semanas (exceto na semana 3 que houve incremento de umidade pela chuva), a umidade permaneceu abaixo de 40%, limite mínimo para que o processo ocorra de maneira satisfatória, segundo autores (KIEHL, 1985; BIDONE, 2001; CWM, 1996; PEIXOTO, 2005; PEREIRA NETO, 2007; PROSAB, s.d.). Esses valores podem ter comprometido a atividade microbiana do processo, fazendo com que a decomposição da matéria orgânica se tornasse lenta ou até mesmo paralisada temporariamente pela morte dos microrganismos (CWM, 1996; RICHARD *et al.*, 2002; VALENTE *et al.*, 2009; PROSAB, s.d.).

Assim, a baixa umidade das leiras, entre 8,08% e 23% nas primeiras 6 semanas de estudo, aliado a falta da trituração dos materiais a serem compostados, explicam a lentidão no processo de degradação do composto, assim como verificado por Bidone (2006) que obteve umidades entre 36 e 42% sugerindo ter ocorrido um comprometimento parcial da atividade microbiológica nas leiras.

Em oposição, o excesso de umidade a partir da semana treze, na leira sem revolvimento, pode ter acarretado entupimento dos poros diminuindo a penetração de oxigênio. Tal fato pode inclusive ter levado a anaerobiose durante um pequeno período de tempo, mesmo não sendo observado em nenhuma das leiras de compostagem indicativos como mau cheiro (CWM, 1996; RICHARD *et al.*, 2002; CORTEZ, 2011; PROSAB, s.d.).

Como dito anteriormente, o processo de umidificação e revolvimento ocorreram juntos, para evitar o acúmulo de umidade na leira. Assim, o revolvimento e a reposição de umidade ocorreram sempre que a temperatura aparentava acima de 65°C, ou que a umidade aparentava abaixo de 50%. No caso da temperatura, não foi observado nenhum momento em que a temperatura ultrapassasse os 65°C. Já com relação à umidade, foi necessário reposição de água em oito momentos (Tabela 3), dos quais dois sem que houvesse revolvimento (semana 8 e 12).

Tabela 3: Umidificação e revolvimento realizados durante o período da compostagem.

| SEMANAS | 2 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| DATA | 11/06 | 26/06 | 03/07 | 08/07 | 25/07 | 03/08 | 22/08 | 31/08 |
| UMIDIFICAÇÃO | x | x | x | x | x | x | x | x |
| REVOLVIMENTO | x | x | x | x | | x | | x |

Como pode ser observado, o processo de aeração e revolvimento ocorreu aproximadamente uma vez por semana por 6 semanas, e após, apenas uma vez a cada 15 dias, semelhante ao que foi feito por Migot *et al.*, (2019), Cotta *et al.*, (2015), Meira (2010), e Baratta Júnior (2007) com maior reposição de umidade e aeração logo no início do processo, e posterior diminuição da frequência.

Essa diminuição da frequência adotada de revolvimentos ocorreu também pelo fato de ter chovido muito nas últimas três semanas (semanas 15 a 17), como falado anteriormente, aumentando a umidade das leiras e dispensando o processo conjunto (Figura 8).

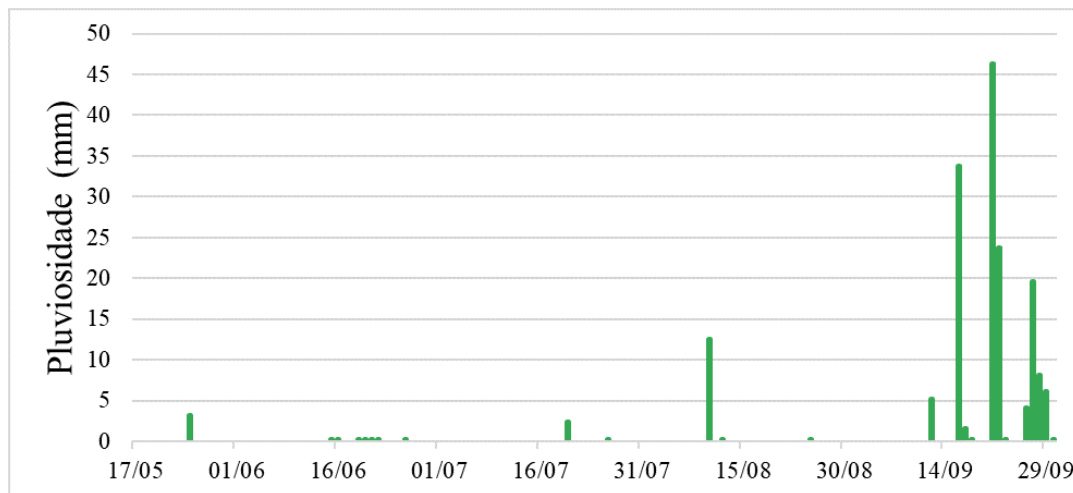


Figura 8: Pluviosidade no período de 17 de maio a 30 de setembro.

No geral, foram gastos 1.052 litros de água durante os 116 dias de compostagem, e foram aportados mais 3.841,50 litros de água pela chuva, porém, esse aporte totalizado não ocorreu de forma homogênea, já que as leiras de compostagem estavam sem proteção quanto à chuva (tenda). Assim, houve um aporte muito maior no final do processo, justamente no período em que não haveria tanta necessidade de umidificação.

Com relação aos revolvimentos, também é importante maior frequência no início do processo de compostagem, não só para homogeneizar o composto quanto à umidade, mas também para oxigenar o meio, já que a compostagem é um processo aeróbio, necessitando de oxigênio para atender às necessidades dos microrganismos envolvidos neste processo (BARATTA JÚNIOR, 2007; PEREIRA NETO, 2007; PROSAB, s.d.). E é justamente no início do processo de compostagem que os microrganismos mais necessitam de oxigênio, cerca de 5 a 15% (PROSAB, s.d.; VALENTE *et al.*, 2009).

Após análise de significância, não se obteve diferença significativa, a 95%, entre as leiras revolvidas e sem revolvimento quanto ao parâmetro de umidade ($p_valor = 0,1775$) (MANN; WHITNEY, 1947), assim como não houve diferença para o parâmetro de temperatura. Acredita-se que isso tenha ocorrido pelo fato da atividade microbiana no interior da massa em compostagem, ocorrer na presença de quantidades muito reduzidas de oxigênio (VALENTE *et al.*, 2009), principalmente quando se trata de resíduos secos, provenientes de poda, varrição, capina e roçada, que apresentam menor umidade e maior porosidade.

Com isso, pode-se concluir que a frequência dos revolvimentos não tem necessariamente que ser executada com grande rigor, e sua ausência não foi um fator impeditivo para o desenvolvimento do processo. Porém, vale ressaltar que o não revolvimento pode ter causado um aumento do tempo de compostagem além de ter causado acúmulo de umidade na leira 1 de compostagem (SOUZA *et al.*, 2001).

pH

Também com relação ao parâmetro de pH, não foi possível identificar diferença significativa, a 95% de confiança entre as leiras com e sem revolvimento ($p_valor = 0,3612$) (KALPIĆ; HLUPIĆ; LOVRIĆ, 2011). Na figura \ref{graf:pH} é possível acompanhar os valores de pH ao longo do processo de compostagem.

Pode-se observar que, como era de se esperar, houve uma rápida diminuição dos valores, logo nas primeiras semanas, com o pH diminuindo de 7,13 para 5,74 (medianas) da segunda para a quarta semana de acompanhamento (Figura 9). A explicação para essa queda do valor pode ser atribuída à grande produção de ácidos orgânicos que ocorre em reação à liberação de bases durante a decomposição da matéria orgânica, logo

no início do processo. Esta etapa proporciona o crescimento de fungos e a quebra de lignina e de celulose que vão sendo transformadas em ácidos fúlvicos e húmicos pela atuação da micro e macro fauna e dos catalisadores abióticos (PEIXOTO, 2005; PROSAB, s.d.; DA SILVA, ROCHA & DA SILVA, 2018).

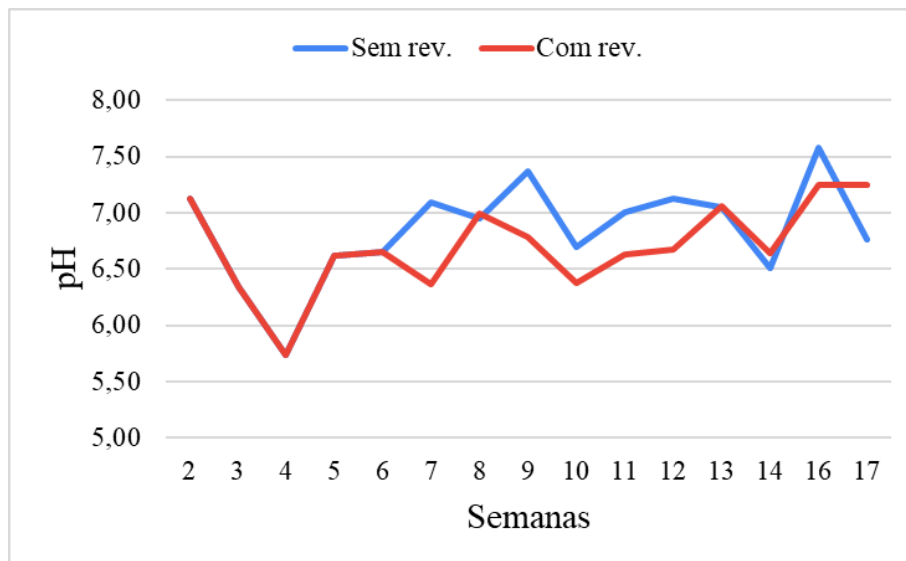


Figura 9: Variação mediana do pH, nas leiras com revolvimento e sem revolvimento, durante a compostagem.

Após esse momento inicial, o pH sofreu aumento constante, voltando a valores próximos a neutralidade. Isso ocorre devido a descarboxilação de ânions orgânicos que consomem prótons e liberam amônia, através da hidrólise das proteínas (PEIXOTO, 2005; DA SILVA, ROCHA & DA SILVA, 2018; AZIM *et al.*, 2018).

O valor de pH final alcançado pelo composto, próximo a 7, indica que ele está semicurado ou bioestabilizado, comprovando assim que o processo de compostagem foi eficiente, porém lento. Mesmo assim, conclui-se que está apto a ser utilizado como substrato, como afirma Matos (2015), que a faixa aceitável de pH de um substrato maturado encontra-se entre 6,0 e 8,0.

Carbono, nitrogênio e relação C/N

O carbono é essencial como fonte de energia e como componente elementar para os microrganismos decompositores, além de ser um grande componente da matéria orgânica, importantíssima para a qualidade do solo. Segundo Kiehl (1995); MAPA (2017) e Meira (2010), é importante garantir pelo menos 40% de matéria orgânica total nos materiais que serão decompostos por compostagem e formarão um substrato.

Nas amostras coletadas foi encontrado o valor de 39,91% na primeira semana de monitoramento, para ambas as leiras, finalizando com valores medianos de 38,66% para a leira sem revolvimento e mediana de 33,96% para as leiras com revolvimento (Figura 10).

O decréscimo ocorrido ao longo das semanas se dá pelo fato de os microrganismos que realizam a decomposição da matéria orgânica eliminarem grande parte do carbono na forma de gás carbônico (CO₂) e imobilizarem no seu protoplasma celular o restante (KHIEL, 1995; PEIXOTO, 2005; VALENTE *et al.*, 2009; AYILARA *et al.*, 2020). Como as leiras com revolvimento favorecem o desprendimento desse carbono, na forma de gás carbônico gerado pelos microrganismos durante sua respiração, para a atmosfera, os valores desse elemento serão menores nas leiras com revolvimento quando comparadas à sem revolvimento.

Já com relação ao nitrogênio, outro elemento essencial para síntese de proteínas, aminoácidos e ácidos nucleicos de microrganismos (SOUSA JÚNIOR, 2011; PROSAB, s.d.; TOLEDO *et al.*, 2020), os valores encontrados foram de 1,18% a 1,9% ao longo das medições realizadas, apontando um acréscimo geral no processo (Figura 10).

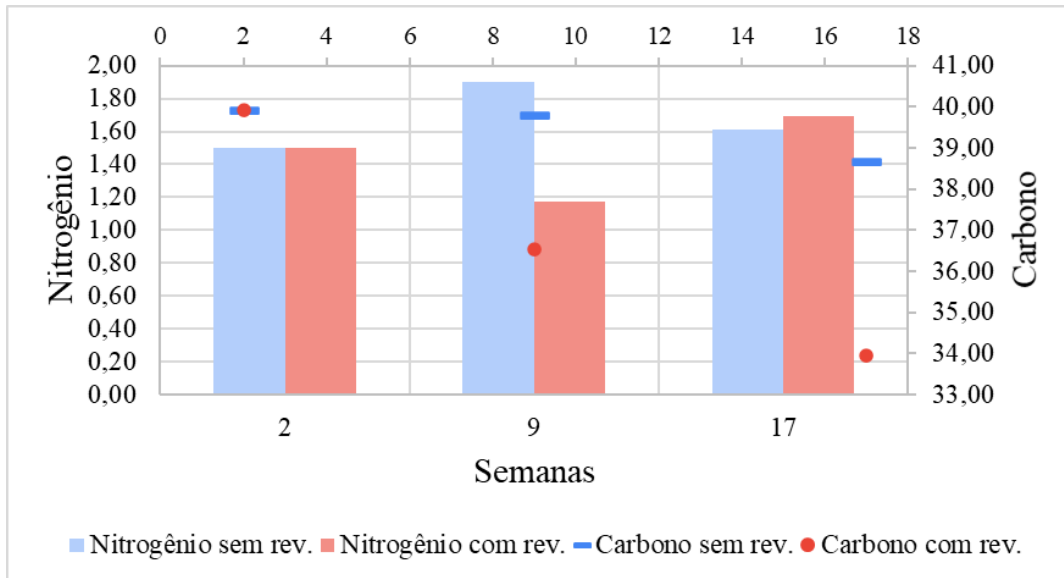


Figura 10: Variação do carbono e nitrogênio, nas leiras com revolvimento e sem revolvimento, durante a compostagem.

A primeira questão a ser levantada sobre esse elemento é com relação ao alto teor inicial das amostras. Apesar de os resíduos secos (resíduos vegetais provenientes de poda, varrição, capina e roçada) normalmente não conterem materiais ricos em nitrogênio (KHIEL, 1985; MAPA, 2017; MIGOT *et al.*, 2019; JORGE *et al.*, 2020; AFONSO *et al.*, 2021), obteve-se resultados positivos, superiores a 1%.

Este fato pode ser explicado pela presença de aparas de grama *Brachiaria spp.* (Poaceae), e árvores leguminosas, da família Fabaceae (MOREIRA & CARVALHO, 2013). Na família Fabaceae é muito comum a ocorrência de lectinas, proteínas que se ligam a carboidratos ou glicopeptídeos (SÁ JÚNIOR, 2018), e de acordo com estudos de Bugni *et al.* (2020), várias espécies desta família apresentam altos teores de nitrogênio em sua composição, como é o caso da espécie *Enterolobium contortisiliquum*, com quase 41 g/kg de nitrogênio, e ainda conhecida pela presença de consideráveis níveis da substância secundária saponina (BUGNI *et al.*, 2020). Tal espécie foi encontrada no campus da UFJF, em estudo realizado por Moreira & Carvalho (2013), provavelmente fazendo parte das espécies que deram origem aos resíduos de poda analisadas neste trabalho.

Outras famílias também encontradas nos estudos de inventário da UFJF, Euphorbiaceae e Melastomataceae (MOREIRA & CARVALHO, 2013) apresentam considerável concentração de nitrogênio na composição de suas espécies. Como é o caso da espécie *J. gossypifolia*, da família Euphorbiaceae, cujo um dos principais metabólitos secundários é a presença de grupos aminos e proteínas (SILVEIRA, 2017); e quanto à família Melastomataceae, encontra-se altas concentrações de saponinas que têm boa capacidade de formação de complexos com proteínas (CRUZ *et al.*, 2022). Em todas essas famílias encontra-se a presença acentuada de proteína, componente orgânico rico em nitrogênio, visto que a maioria das proteínas contém aproximadamente 16% de nitrogênio (SGARBIERI, 1996).

Além disso, Migot *et al.* (2019) concluíram, através de seus estudos de compostagem com poda de árvore e aparas de grama, que gramas apresentaram elevado teor de nitrogênio na estação seca do ano. Benito *et al.* (2006) também encontraram teores de nitrogênio total variando de 0,99% e 2,01% para restos de poda, folhas e aparas de grama. Resultado corroborado por Da Silva, Rocha & Da Silva *et al.* (2018), que concluiu que o composto gerado por folhas e material vegetal triturado sem adição de inoculante, apresentou temperaturas iniciais mais baixas significativamente, a 95% de confiança, se comparado ao tratamento gerado através da compostagem com aparas de grama.

Isso ocorre devido à própria estrutura celular dos materiais que estão sendo compostados. Enquanto as folhas e os galhos triturados têm uma estrutura celular formada por cadeias químicas mais longas, composta por fibras de celulose, lignina, ceras e óleos, os resíduos de grama apresentam tecido jovem e menos complexo, o que

facilita a decomposição de estruturas de carboidratos menos complexas pelos microrganismos, resultando em uma estabilização mais rápida (Da SILVA, ROCHA & Da SILVA *et al.*, 2018).

O segundo ponto a ser observado é com relação ao acréscimo geral do teor de nitrogênio ao final do período de compostagem. Tal comportamento foi de encontro ao esperado, que seria a diminuição desse nutriente pela incorporação nos tecidos celulares dos microrganismos e volatilização de seu excedente na forma de amônia (KHIEL, 1985; PEIXOTO, 2005; VALENTE *et al.*, 2009; AYILARA *et al.*, 2020).

Em seus experimentos, Cotta *et al.* (2015) também encontraram aumento do teor desse nutriente ao final dos 98 dias de compostagem de resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. Tal fato provavelmente se deu pela conversão do N₂ gasoso atmosférico fixado por certas espécies de organismos altamente especializados. A fixação desse nutriente em compostos utilizáveis pelas plantas (nitrato e nitrito) possibilita ocorrer pequena adição de nitrogênio no interior das leiras de compostagem (COTTA *et al.*, 2015).

Além disso, vale ressaltar que as condições favoráveis para volatilização da amônia (pH maior que 7,0 e temperatura superior a 60 °C) (PEIXOTO, 2005) não ocorreram em nenhuma ocasião durante os experimentos, o que pode ter evitado a sua perda.

Incorporando os resultados de carbono e nitrogênio, pode-se chegar aos seguintes valores de relação carbono/nitrogênio: 26,61 para o início da compostagem e 24,01 para o final do processo na leira sem revolvimento e 20,09 para as leiras com revolvimento.

Assim, pelo fato do valor de nitrogênio encontrado para o início do processo de compostagem ser elevado, o resultado de uma relação C/N inicial alta, de aproximadamente 26,6, não foi controverso nas amostras. Assim, estando a relação dentro da faixa normalmente sugerida por pesquisadores, de 20 a 30 (AZIM *et al.*, 2018; AYILARA *et al.*, 2020; JORGE *et al.*, 2020), concluiu-se que não era necessária a adição de suplemento de nitrogênio em nenhuma das leiras de compostagem.

Geralmente o produto final da compostagem (húmus) tem uma relação C/N próxima a 10, devido aos microrganismos consumirem cerca de 20 a 30 partes de carbono para cada parte de nitrogênio, (KHIEL, 1995; PEIXOTO, 2005; AZIM *et al.*, 2018; AYILARA *et al.*, 2020; JORGE *et al.*, 2020). Porém, encontrou-se valores superiores a 20 no experimento produzido.

Duas explicações podem ser encontradas para esse resultado: i) o alto teor de carbono encontrado em componentes muito recalcitrantes (como a celulose, a lignina e a hemicelulose presente nos resíduos vegetais), levando a relações finais de C/N altas devido a biodisponibilização deste composto ser inferior ao carbono total presente nas amostras (BENITO *et al.*, 2006; VALENTE *et al.*, 2009; CESTONARO, BARROS & MATOS, 2022); ii) o composto não estar totalmente maturado (AFONSO *et al.*, 2021), fato que explica os valores finais encontrados de pH baixos e decorrente da baixa temperatura e desnível da umidade observados.

Corrêa (1998) também encontrou valores superiores de relação C/N para seus estudos. Ele avaliou diferentes tipos de camas na criação de suínos, como casca de arroz, maravalha, sabugo de milho e serragem, e verificou que ao final de 100 dias de compostagem, os valores reduziram para 14; 15; 12 e 20, respectivamente. O mesmo ocorreu em trabalho de Benito *et al.* (2006), onde a relação C/N do composto produzido para restos de poda, folhas e aparas de grama variou entre 22 e 48, sendo que os autores concluíram que uma relação C/N em torno de 30 indica maturidade do composto para o tipo de resíduo que estava sendo compostado (BENITO *et al.*, 2006). Cestonaro, Barros & Matos (2022) chegaram a resultados de que 47% dos lotes de composto produzidos em seus experimentos não cumpriram o valor máximo aceitável para a relação C/N exigido pela regulamentação brasileira, de 20.

Além disso, Khiel (1995), Meira (2010), e Peixoto (2005) concluíram em seus estudos que um composto apresentando relação C/N entre 13 a 18, chamado de semi-curado ou bioestabilizado pode ser utilizado sem risco de causar danos às plantas.

Com relação a comparação entre as leiras com e sem revolvimento, os parâmetros carbono e nitrogênio apresentam distribuição normal mas não apresentam diferença significativa, a 95% de confiança (p_valor = 0,0583 e p_valor = 0,9779, respectivamente) (KALPIĆ; HLUPIĆ; LOVRIC, 2011); e o parâmetro de relação C/N não segue uma distribuição normal e não apresenta diferença significativa, a 95% de confiança (p_valor = 0,5766) (MANN & WHITNEY, 1947).

CONCLUSÕES

É emergente a necessidade de implantação de um sistema de gestão ambiental que proponha um correto gerenciamento dos resíduos de poda, capina, varrição e roçada em universidades ou outras instituições públicas. Dados e métodos para a realização efetiva da compostagem com resíduos verdes ainda são escassos, o que dificulta a elaboração de planos de gestão eficientes pelos gestores públicos e privados. Sendo assim, com relação à instalação da compostagem, esse projeto poderá auxiliar empresas, condomínios e o setor público, como forma de reaproveitamento dos resíduos sólidos gerados.

Já com relação aos parâmetros analisados, sugere-se, antes do início do processo de compostagem, trituração dos resíduos e análise da relação carbono/nitrogênio (C/N), visto que os resultados variarão dependendo das espécies das plantas que geram os resíduos de poda, capina e roçada.

Os demais parâmetros analisados nem sempre alcançaram valores recomendados como ideais pela literatura. Sendo assim, com relação à manutenção da compostagem no dia a dia da operação, recomenda-se monitoramento dos parâmetros de pH e temperatura, e controle rígido do parâmetro de umidade, e consequentemente controle dos revolvimentos, de acordo com metodologia proposta (revolvimentos e umidificação juntos, quando temperatura estiver acima de 65°C, ou a umidade abaixo de 50%).

Por fim, estudos como este justificam a necessidade de investimentos em pesquisas para um maior conhecimento do tema. Só assim será possível o desenvolvimento de modelos de gestão que integrem ações de prevenção da geração e valorização, com retorno ambiental, econômico e social para os municípios e instituições. Como recomendação sugere-se estudos mais aprofundados quanto à qualidade microbiológica do composto, além de aspectos relacionados à relação custo-benefício da técnica implantada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. NBR 10.007: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 2004.
2. AFONSO, S.; ARROBAS, M.; PEREIRA, E. L.; RODRIGUES, M. Â. Recycling nutrient-rich hop leaves by composting with wheat straw and farmyard manure in suitable mixtures. *Journal of Environmental Management*, v. 284, p. 1-8, 2021.
3. AYILARA, M. S.; OLANREWAJU, O. S.; BABALOLA, O. O.; ODEYEMI, O. Waste Management through Composting: Challenges and Potentials. *Sustainability*, v. 12, n. 11, p. 1-12, 2020.
4. AZIM, K.; SOUDI, B.; BOUKHARI, S.; PERISSOL, C.; ROUSSOS, S.; THAMI A. I. Composting parameters and compost quality: a literature review. *Org. Agric.* v. 8, n. 2, p. 141-158, 2018.
5. BARATTA JUNIOR, A. P. Utilização do composto de resíduos da poda da arborização urbana em substratos para produção de mudas. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, p. 62. 2007.
6. BARROS, J. D. S. Contribuições da matéria orgânica do solo para mitigar as emissões agrícolas de gases de efeito estufa. *Revista Polêmica - Questões Contemporâneas*. v. 12, n. 2, p. 341-351, 2013.
7. BARTHOD, J.; RUMPEL, C.; DIGNAC, M-F. Composting with additives to improve organic amendments. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. v. 38, n. 17, p. 1-23, 2018.
8. BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 03 abril 2023.
9. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa Nº 25/2009, de 23 de Julho de 2009. Aprova as Normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos Fertilizantes Orgânicos Simples, Mistos, Compostos, Organominerais e Biofertilizantes destinados à agricultura, na forma dos anexos à presente Instrução Normativa. *Diário Oficial da União, Brasil*, 2009. Disponível em:

<https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=recuperarTextoAtoTematicaPortal&codigoTematica=1229186>. Acesso em: 17 maio 2022.

10. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 481, de 03 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. Diário Oficial da União, 03 de out. 2017. Disponível em: <<https://agencia.baciaspcj.org.br/docs/resolucoes/resolucao-conama-481-17.pdf>> Acesso em: 17 maio 2022.
11. BENITO, M.; MASAGUER, A.; MOLINER, A.; ANTÔNIO R. de. Chemical and physical properties of pruning waste compost and their seasonal variability. *Bioresource Technol.*, v. 97, p. 2071-2076, 2006.
12. BIDONE, F. R. A. Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: Eliminação e valorização. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES: Rio de Janeiro. Brasil. 216 p. 2001.
13. BORKOWSKI, J. P. Produção e utilização de composto orgânico de resíduos de poda de Pata-de-vaca em alface. Monografia (Agronomia), Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, p. 47. 2022.
14. BORTOLINI, R. L. R. Composto orgânico de lodo de reator UASB, e casca de café: qualidade e oportunidades para produção e uso. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, p. 121. 2018.
15. CESTONARO, T.; BARROS, R. T. V.; MATOS, A. T. de. Municipal composting facility: Is it possible to produce a compost that complies with legislation over time? *Environmental Technology & Innovation*. v. 26, 2022.
16. CORTEZ, C. L. Estudo do potencial de utilização da biomassa resultante da poda de árvores urbanas para a geração de energia: estudo de caso: AES Eletropaulo. Tese (Doutorado em Ciências) - Programa de pós-graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 246. 2011.
17. COTTA, J. A. O.; CARVALHO, N. L. C.; BRUM, T. S.; REZENDE, MARIA O. O. Compostagem versus vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, s.l., v. 20, n. 1, p. 65-78, 2015.
18. CRUZ, J.O.; ROCHA, J. B. S. H.; SANTOS, A. K. A. dos; CRUZ, M. P. Composição Química em Espécies do Gênero *Marctia* DC. (Melastomataceae). *Revista Virtual de Química*, v. 14, n. 4, p. 683 - 691, 2022.
19. CWMI - CORNELL WASTE MANAGEMENT INSTITUTE. Composting. 1996. Disponível em: <<https://cwmi.css.cornell.edu/composting.htm>>. Acesso em 19 out. 2022.
20. Da SILVA, C. H. C.; ROCHA, F. C.; Da SILVA, L. L. G. G. Production of organic compost from different plant waste generated in the management of a green urban space. *Revista Ciência Agronômica*, v. 49, n. 4, p. 558-565, 2018.
21. FAGUNDES, P.; CASTRO, F.; SANTOS, L.; CASTRO, S.; LANGE, L. Study of the Nutritional Increase in Organic Composts Obtained by Aerobic Biostabilization in the Management of Food Wastes. *Journal of Management and Sustainability*; v. 11, n. 1; p. 15-26, 2021.
22. GOMES, J. C. Formação de multiplicadores para reciclagem de resíduos orgânicos por meio da compostagem em tempos de pandemia. *Revista ELO - Diálogos em Extensão*, v. 10, p. 1-12, 2021.
23. GUILAYN, F.; ROUEZ, M.; CREST, M.; PATUREAU, D.; JIMENEZ, J. Valorization of digestates from urban or centralized biogas plants: a critical review. *Rev Environ Sci Biotechnol*, v. 19, p. 419-462, 2020.
24. JORGE, M. H. A.; MELO, R. A. C.; RESENDE, F. V.; COSTA, E.; SILVA, J. da; GUEDES, I. M. R. Informações técnicas sobre substratos utilizados na produção de mudas de hortaliças. Documentos, 180. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2020, p. 1-30.
25. JUIZ DE FORA, MG. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) Juiz de Fora, MG. 2020. Disponível em: <[https://www.pjf.mg.gov.br/secretarias/sepur/\\$planos_programas\\$/pmgirs/produtos/arquivos/pmgirs\\$_vo11_6\\$.pdf](https://www.pjf.mg.gov.br/secretarias/sepur/$planos_programas$/pmgirs/produtos/arquivos/pmgirs$_vo11_6$.pdf)>. Acesso em: 26 abr. 2022.
26. KHIEL, E. J. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 1985. 492p.

27. LI, M.; LI, F.; ZHOU, J.; YUAN, Q.; HU, N. Fallen leaves are superior to tree pruning as bulking agents in aerobic composting disposing kitchen waste. *Bioresource Technology*. v. 346, 2022.
28. MAGALHÃES, M. C. Diretrizes para a Elaboração de um Plano de Gerenciamento de Resíduos da Arborização para o Campus de uma Universidade Pública: o Caso da UFJF. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído) - Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, p. 121. 2018.
29. MANN, H. B.; WHITNEY, D. R. On a Test of Whether one of Two Random Variables is Stochastically Larger than the Other. *The Annals of Mathematical Statistics*, v. 18, n. 1, p. 50-60, 1947.
30. MAPA. Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizante e corretivos. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária, 2017. 240p.
31. MATOS, A. T. de. Manual de análises de resíduos sólidos e águas residuárias. Viçosa: Editora UFV, 2015.
32. MEIRA, A. M. de. Gestão de resíduos da arborização urbana. Tese (Doutorado em Ciências) - Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, p. 179. 2010.
33. MIGOT, B. C.; MORETTI, S. M. L; SILVA, T. L; PAGOTO, F. C.; BERTONCINI, E. I. Compostagem de lodo de esgoto, resíduos de restaurante e resíduos de granja misturados com poda de árvore e aparas de grama: avaliação dos processos de compostagem em máquina recicladora, em pátio de compostagem e em de ensaio de respirometria. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – CIIC 2019, 13^o, 2019, Campinas. Anais... Campinas: CIIC, 2019. p. 1-13.
34. MOREIRA. B., CARVALHO. F. A. A comunidade arbórea de um fragmento urbano de Floresta Atlântica após 40 anos de sucessão secundária (Juiz de Fora, MG, Brasil). *Biotemas*, v. 26, n. 2, p. 59-70, 2013.
35. MOSER, R. G.; BILCK, A. P.; YAMASHITA, F.; CHIES, L. G.; PRESUMIDO, P. H.; MENESES, R. M. A. O.; MICHELS, R. N.; BOSCO, T. C. D. Biodegradable Material Formulated With Oat Hulls in The Composting Process Of Household Organic Waste And Tree Pruning. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica*. v. 15, n. 2, p. 773-788, 2021.
36. PEARSON, K. On the criterion, that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling. *Philosophical Magazine Series*, v. 5, n. 50, p. 157-175, 1900.
37. PEIXOTO, R.T.G. Compostagem: Princípios, práticas e perspectivas em sistemas orgânicos de produção In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de. *Agroecologia princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável*. Rio de Janeiro, EMBRAPA Informação Tecnológica, 2005, p.389- 422.
38. PLANARES - Plano Nacional de Resíduos Sólidos: Ministério do Meio Ambiente Secretaria de Qualidade Ambiental, 187p., 2020.
39. PMF - Prefeitura Municipal de Florianópolis. Valorização dos Resíduos Sólidos Orgânicos no município de Florianópolis através de Beneficiamento dos Resíduos de Podas. 2012. Disponível em: <[http://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/\\$16_08_2012_13\\$.03.51.d5fc44d7dfc02f3564e4f890792ae489.pdf](http://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/$16_08_2012_13$.03.51.d5fc44d7dfc02f3564e4f890792ae489.pdf)>. Acesso em: 26 abr. 2022.
40. PROSAB. Manual prático para a compostagem de biossólidos. Londrina: [s.n.], [s.d.]. Disponível em: <[https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/Livro\\$_Compostagem\\$.pdf](https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/Livro$_Compostagem$.pdf)>. Acesso em: 02 mar. 2022.
41. RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H.; Recomendações para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais. *Engenharia Agrônoma Universidade Federal da Paraíba (UFPB) - Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais*, v. 5, 359p., 1999.
42. ROCHA, A. J. F.; SOUZA, R. L. P de; REDA, A. L. L.; SILVA, G. T. da. Destinação sustentável do resíduo de poda de árvores urbanas. In: *SAFETY, HEALTH AND ENVIRONMENT WORLD*, 15., Porto, Portugal, p. 137 – 141, 2015. Disponível em: <https://copec.eu/congresses/shewc2015/proc/works/30.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2023.

43. RODELLA, A. A. & ALCARDE, J. C. Avaliação de materiais orgânicos empregados como fertilizantes. *Scientia Agrícola*, v. 51, n. 3, p. 556-62, 1994 Tradução . . . Acesso em: 20 out. 2022.
44. SÁ JÚNIOR, A. de. Agrupamento de Fabaceae quanto á Composição Química e Classificação de Plântulas de Espécies Florestais. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Programa de pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, p. 69. 2018.
45. SANTANA, M. J. de. Construção de uma sequência didática sobre resíduos orgânicos e compostagem para trabalhar saúde e meio ambiente. Monografia (Ciências Biológicas), Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, p. 32. 2022.
46. SÃO PAULO, SP. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) São Paulo, SP. 2014. Disponível em: <<https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/servicos/arquivos/PGIRS-2014.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2022.
47. SGARBIERI, V. C. Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações, modificações. São Paulo: Varela, 1996.
48. SILVEIRA, R. S. Avaliação da Composição Química, Atividade Antioxidante e Toxicidade Oral Aguda de *Jatropha Gossypifolia* L. (Euphorbiaceae). Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Programa de pós-graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, p. 170. 2017.
49. SOARES, L. M.; LIMA, J. H.; BOMFIM, N. A. S.; CASAIS, V. O.; ANUNCIACÃO, J. L. P. da; MORAIS, M. F.; FERREIRA, A. C. S.; 7, GOMES JUNIOR, W. A.; SOARES, V. R. B.; COUTINHO, J. G. E. Avaliação de Diferentes Técnicas de Compostagem para Aproveitamento de Resíduos Orgânicos no IFBA Campus de Salvador: Uma Abordagem Multi-Critérios. *Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental*. Florianópolis, v. 7, n. 3, p.74 - 97, 2018.
50. SOUSA JÚNIOR, F. S. de. Desenvolvendo e Gerenciando Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos: para geração de renda e repasse de tecnologia à Acrevi. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, p. 130. 2011.
51. SOUZA, F. A. de; AQUINO, A. M. de; RICCI, M. S. F.; FEIDEN, A. Compostagem. Comunicado Técnico, 50. Seropédica: EMBRAPA Agrobiologia, 2001. 10 p.
52. STATSOFT. Statistica (data analysis software system), versão 12.0. 2021.
53. TOLEDO, M.; GUTIÉRREZ, M. C.; PENA, A.; SILES, J. A.; MARTÍN, M. A. Co-composting of chicken manure, alperujo, olive leaves/pruning and cereal straw at full-scale: Compost quality assessment and odour emission. *Process Safety and Environmental Protection*, v. 139, p. 362-370, 2020.
54. UFJFa - Universidade Federal de Juiz de Fora. Apresentação. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/ufjf/sobre/apresentacao/>>. Acesso em: 20 set. 2021.
55. UFJFb - Universidade Federal de Juiz de Fora. Pró-Reitoria de Infraestrutura e Gestão: Apresentação. Disponível em: <<https://www2.ufjf.br/proinfra/apresentacao/>>. Acesso em: 05 nov. 2021.
56. UFJFc - Universidade Federal de Juiz de Fora. Pró-Reitoria de Infraestrutura e Gestão: Orientação – Requisição de serviço interno. Disponível em: <<https://www2.ufjf.br/proinfra/manutencao/>>. Acesso em: 05 nov. 2021.
57. UFPB – Universidade Federal da Paraíba. CGA – Comissão de Gestão Ambiental: Compostagem. 2020 Disponível em: < <https://www.ufpb.br/cga/contents/menu/programas/compostagem>>. Acesso em: 19 set. 2022.
58. UFPB – Universidade Federal da Paraíba. Comissão de Gestão Ambiental e Pró-reitoria de Extensão UFPB. Manual Compostagem. 2019 Disponível em: < <https://www.ufpb.br/cga/contents/documentos/manual-de-compostagem.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2022.
59. VALE, V. H. D. do. Diagnóstico dos resíduos de podas do município de Natal/RN. Monografia (Engenharia Ambiental), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, p. 43. 2016.
60. VALENTE, B.S.; XAVIER, E.G.; MORSELLI, T.B.G.A.; JAHNKE, D.S., BRUM Jr, B.S.; CABRERA, B.R.; MORAES, P. O.; LOPES, D.C.N. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. *Archivos de Zootecnia*, Pelotas, v. 58, p. 59-85, 2009.